

## Öğretmen Adaylarının Belirsizlik İlkesini Anlama Düzeyleri ve Öğrenme Amaçlı Yazmanın Akademik Başarıya Etkisi

Ali YILDIZ<sup>1</sup> , Erdoğan BÜYÜKKASAP<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr., Atatürk Üni., Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Erzurum-Türkiye

<sup>2</sup> Prof. Dr., Atatürk Üni., Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Erzurum- Türkiye

**Alındı:** 16.07.2010

**Düzeltildi:** 21.07.2011

**Kabul Edildi:** 16.09.2011

*Original Yayın Dili Türkçedir (v.8, n.4, Aralık 2011, ss.134-148)*

### ÖZET

Bu çalışmada, eğitim fakültesi fen bilgisi öğretmenliği programında modern fiziğe giriş dersi alan öğrencilerin Heisenberg belirsizlik ilkesini anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin öğretmen adayı öğrencilerin akademik başarısına etkisi araştırılmıştır. Araştırmada kontrol gruplu öntest-sontest yarı deneysel araştırma modeli kullanılmıştır. Araştırmanın verileri, araştırmacılar tarafından hazırlanan nitel sorularla elde edilmiştir. Ders, bütün gruplarda sözlü-yazılı anlatım yöntemi kullanılarak işlenmiştir. Ayrıca deney grubundaki her öğrenci, lise son sınıf öğrencisine Heisenberg belirsizlik ilkesini anlaşılır bir şekilde açıklayacak bir mektup yazmıştır. Buna karşın kontrol grubu öğrencileri ders kitabında yer alan konuyla ilgili problemleri çözmüşlerdir. Araştırmaya, 2007-2008 öğretim yılında öğrenim gören 54 ü bayan, 57'si bay olmak üzere toplam 111 üçüncü sınıf öğrencisi katılmıştır. Araştırmanın bulguları, öğretmen adayı öğrencilerin Heisenberg belirsizlik ilkesini anlama düzeylerinin düşük kaldığını, deney ve kontrol grubunun sontest sonuçlarının nitel ve nicel olarak karşılaştırılmasıyla varılan sonucun ve yapılan sınavdaki başarı yüzdelerinin, deney grubunun lehine olduğunu göstermiştir. Ayrıca sontestle birlikte sorulan ek sorularla öğrencilerin öğrenme amaçlı yazma aktivitesiyle ilgili düşünceleri yazılı olarak tespit edilmiştir. Öğrencilerin, %91,4'ü hakkında mektup yazdıkları Heisenberg belirsizlik ilkesini anladıklarını ve öğrenme amaçlı yazma aktivitesinin Heisenberg belirsizlik ilkesini öğrenmelerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Anlama Düzeyi; Heisenberg Belirsizlik İlkesi; Öğrenme Amaçlı Yazma.

### GİRİŞ

İkinci Dünya Savaşından sonra yaşanan soğuk savaş, devletlerin fen eğitimine daha çok önem vermesini gerekli ve zorunlu kılarak fen eğitimi alanındaki yeniliklerin başlamasını tetikleyen ana faktörlerden biri olmuştur. Ülkelerin kendi eğitim sistemlerinde karşılaştıkları sorunları çözmek için sürekli reformlar yapmaları bu reform hareketlerinde son derece istekli ve kararlı görünmeleri ve büyük bütçeler ayırmaları önemlidir. Bilim insanların veya öğretmenlerin, öğrencileri öğrenme sürecine aktif olarak katabilmelerine aracı olabilecek



birçok öğretim yöntemi, tekniği geliştirdikleri ve kullandıkları görülmüştür. Günümüzde birçok ülkede öğretim ortamlarını daha etkili hale getirmek için çeşitli araştırmalar yapılmakta ve bu araştırmaların bulguları doğrultusunda farklı öğrenme yaklaşımları denenmektedir. Fen derslerinde üst düzey zihinsel süreç becerilerini geliştirdiği düşünülen önemli faaliyetler vardır. Bu faaliyetlerin başlıca örnekleri arasında öğrenme amaçlı yazma etkinlikleri gelmektedir. Yazma etkinlikleri, öğrencilerin daha iyi iletişim kuran bireyler olmaları konusunda onlara yardımcı olmakta, çeşitli akademik disiplinler ve uzmanlık alanlarında gerekli görülen yazma türlerine daha fazla alışmalarını sağlamaktadır. Klein (1999), yazmanın; öğrencilerin kritik düşüncelerine ve yeni bilgi dağarcığı oluşturmalarına yardımcı olduğunu ifade etmektedir. Klein'e (1999) göre yazmayla ilgili dört hipotez ilgi görmektedir. Birinci hipotez, içeriğin kendiliğinden, ortaya çıkan sonucunda yazarların bilgiyi, söylerken oluşturduğu önerisinden oluşur. Yani, planlama yapmadan ya da kontrol etmeden söyleyerek oluşturmaktır (Britton, 1980, 1982; Klein, 1999). "İleriye dönük araştırma" olarak adlandırdığı ikinci hipotez, yazarların düşüncelerini yazılarında somutlaştırdıklarını daha sonra bu yazıyı tekrar okuduklarını ve ona dayalı olarak yeni çıkarımlar oluşturduklarını ileri sürmektedir (Klein, 1999; Young & Sullivan, 1984). Üçüncü hipotez, yazarların metnin unsurları arasında bir ilişki oluşturmak için tarz yapılarını (genre) kullandıklarını ve bilginin öğelerini ilişkilendirdiklerini öne sürmektedir (Klein, 1999; Newell, 1984). Klein'nin (1999) "Geriyeye dönük araştırma" olarak adlandırdığı son hipotez, yazarların etkili bir şekilde ifade edilen bilimsel amaçlar seçtiklerini, onlardan tatmin edici alt amaçlar elde ettiklerini ve sonuçlandırmak için de kendi bilgilerini değiştirdiklerini iddia etmektedir (Bereiter & Scardamalia, 1987; Flower & Hayes, 1980, 1981; Klein, 1999). Yazarların, yazma sürecinde düşünceleri değişebilir. Bu yüzden düşünceler, süreci yazarken ortaya çıkar. Tekrar düşünürken ve tekrar ifade ederken, onlar en sonunda tamamen gelişmiş fikirler olarak şekillenir. Bilgi değiştirme modeli, acemilerden çok uzman yazarların genel bir özelliğidir (Tynjälä, 1998). Bilgi anlatma modeli ile bilgi değiştirme modeli arasındaki fark sadece çalışma sorularına cevap vermenin neden makale yazma kadar etkili bir çalışma stratejisi olmadığını açıklar. Çalışma soruları bilgi aktarma stratejisi kullanılarak cevaplanabilirken, makale yazmayı kullanma; yazma, düzenleme, tamamlama gibi bilgi değişimi ve daha yüksek düşünme süreci gerektiren stratejiler içerir (Tynjälä, 1998).

Yazmanın öğrenmeyi ve düşünmeyi geliştiren bir araç olarak kullanımı hakkında birçok araştırma yapılmıştır. Langer ve Applebee (1987, akt. Mason & Boscolo, 2000) yazarak öğrenmeyle ilgili çalışmalarında, bir konu hakkında yazmanın, yazara bilgisini arttırmasını, yazılacak düşüncelerin düzenlenmesini ve bunun öğrenme deneyimine katkı sağladığını ifade etmişlerdir. Yazma etkinliği yazarı, düşüncelerini daha açık ve net ifade etmeye zorlar. Yazmanın düşünsel bir etkinlik olarak kullanılması, amaçlı/planlı öğrenmenin önemli bir yoludur (Bereiter & Scardamalia, 1989; Bereiter, 1990, 1994). Yıldız ve Büyükkasap (2011), çalışma grubunu fen bilgisi öğretmen adaylarının oluşturduğu bir çalışmada; Compton olayı ile ilgili öğrenme amaçlı yazma etkinliği olarak lise son sınıf öğrencilerine mektup yazan deney grubunun başarı yüzdesinin kontrol grubundan daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Doğan ve Çavuş (2008) tarafından yapılan "informal öğrenme ortamlarında fen konularının öğrenilmesine yazma etkinliğinin etkisi" adlı bir çalışmada, öğrenciler yazma etkinliğiyle bilgiyi toparlayarak özetlemeyi; bilimsel düşünceleri kendi cümleleriyle ifade ederek sıralamayı ve bir konudaki ana düşünceleri ilişkilendirmeyi, kısacası bilgiyi organize ederek sunmayı öğrendiklerini ifade etmişlerdir. Özer Keskin, Doğan ve Keskin Samancı (2008) tarafından yapılan bir çalışmada öğrencilerden öntestte sorulan soruları dikkate alarak açıklayıcı bir metin yazmaları istenmiştir. Öğrencilerin çoğu açıklayıcı metni yazarken fikirlerini yeniden gözden geçirip bilgilerini organize ettiklerini belirtmişlerdir. Akçay ve Hand (2008) öğrencilere ait yazılı ve sözlü ifadelerin, onların neler öğrendikleri,

öğrendiklerini nasıl yorumladıkları ve bunları sahip oldukları bilgilerle nasıl ilişkilendirdikleri hakkında bilgi verdiğini ifade etmişlerdir. Aynı araştırmacılar öğrencilere fen derslerinde; resim çizdirme, şiir ve mektup yazdırma gibi farklı yazma aktiviteleri yaptırmanın onların fen derslerine karşı motivasyonunu artırdığını ileri sürmüşlerdir.

Fizik eğitimi araştırmacılarının son yıllarda yoğun olarak ilgilendikleri alanlardan birisi kuantum fiziğinin öğrenilmesi ve öğretimiyle ilgili çalışmalardır. Bu konudaki pedagojik çalışmaların kavramsal öğrenme, görselleştirme, matematiksel düşünme ve problem çözme üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Didiş, Özcan & Abak, 2008). Styer (1996), öğrencilerin; kuantum durumları ve özdeş parçacıklar gibi bazı kuantum konularıyla ilgili kavram yanlışlarını tespit etmiştir. Bazı araştırmacılar (Singh, Belloni & Christian, 2006), Schrödinger dalga denklemiyle ilgili kavram yanlışlarını araştırmış ve bu kavram yanlışlarının yanlış genellemelerden kaynaklandığını ortaya koymuşlardır. Aynı çalışmada araştırmacılar, öğrencilerin matematiksel problemleri çözmelerine rağmen sorularla ilgili nitel açıklamalar yapamadıklarını tespit etmişlerdir. Şen (2000) kuantum fiziği dersleriyle ilgili yaptığı çalışmada, kuantum fiziği konularının lise fizik dersleri düzeyinde anlatılmasının önemli faydalar sağlayacağını vurgulamıştır. Mashhadi ve Woolnough'un (1999), lise öğrencilerinin zihinlerinde elektron ve foton kavramlarını nasıl canlandırdıklarına yönelik araştırmalarında elde ettikleri bulgular, öğrencilerin zihinlerinde çok çeşitli ve bilimsel olmayan temsillere yer verdiğini göstermiştir. Pospiech (2000), kuantum fiziğinin matematiksel yapısının teorinin felsefi yönünü gizlediğini iddia etmektedir. Ireson (2000), matematiksel yapının bir sorun teşkil etmediğini, asıl sorunun yorumla ilgili olduğunu vurgulamaktadır. Strnad (1981), lisede kuantum fiziği konularını öğretmenin zor olmasının nedeni olarak öğrencilerin sahip olduğu matematik alt yapısının yetersiz olmasını göstermektedir. Ke, Monk ve Duschl (2005) öğrencilerin sınavlarda matematiksel denklemleri çözmelerinin kuantum mekaniği kavramlarını anladıklarının bir göstergesi sayılamayacağını ifade etmişlerdir. Didiş ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada öğrencilerin kuantum fiziğini betimleme ve betimleme yollarındaki çeşitliliği ortaya çıkarmışlardır. Çalışmada, öğrencilerin betimleme için en çok "mikroskobik sistemi" kullandıkları ve kuantum fiziğinde en önemli gördükleri kavramın "Heisenberg belirsizlik ilkesi" olduğu görülmüştür.

Akdeniz, Bektaş ve Yiğit (2000) tarafından yapılan bir çalışmada ilköğretim sekizinci sınıf öğrencilerinin temel fizik kavramlarını anlama düzeyleri araştırılmıştır. Bu çalışmada öğrencilerin, elektrik konusunda % 70, manyetizma konusunda ise % 40 düzeyinde olmak üzere kavramları anlama ve ifade etmekte güçlük çektikleri tespit edilmiştir. Araştırmada anlama düzeylerinin düşük olma sebebi olarak; kullanılan dilin anlaşılması, daha çok öğretmenin aktif, öğrencinin pasif bir durumda olduğu "yazılı-sözlü anlatım" yönteminin kullanılması, farklı stratejilerin kullanılma oranının düşük olması gösterilmiştir. Ayrıca Gürdal, Bayram ve Sökmen (1999) ilköğretim 5. ve 8. sınıf öğrencilerinin temel fen kavramlarının anlaşılma düzeyinin saptanması için yaptıkları çalışmada öğrencilerin anlama düzeylerinin düşük olma nedeni olarak, öğretmenlerin yeterli derecede öğretim stratejisini, yöntemini ve tekniğini bilmemesi ve kullanmaması gösterilmiştir.

Fizikte kuvvet ve yerçekimi konularının araştırılan ilk alanlar olmasına (Berg & Brouwer, 1991), elektrik, ısı ve sıcaklık, enerji ve ışık gibi konularla ilgili literatürde çok sayıda çalışmalar (Osborne, 1983; Shipstone ve ark., 1998; Sencar & Eryılmaz, 2004; Engelhardt & Beichner, 2004; Periago & Bohigas, 2005; Cepni & Keles, 2006; Ericson & Tiberghien, 1985; Thomas ve ark., 1995; Harrison ve ark., 1999; Yeo & Zadnik, 2001; Watts, 1983; Solomon, 1985; Boyes & Stanisreet, 1990; Gülçiçek, 2002; Anderson, 1983; Ramadas & Driver, 1989; Galili ve ark., 1991; Feher & Meyer, 1992; Yıldız, 2000; Kara, 2002) bulunmasına rağmen kuantum fiziği konuları hakkında öğrenci görüşlerinin öğretmenler veya öğretim elemanları tarafından bilinmesini sağlayacak çalışmalar yeterli görülmemektedir.

Literatürde yer alan araştırmaların genelinde belirtildiği üzere elektrik, ısı ve sıcaklık, enerji ve ışıkla ilgili konularda olduğu gibi kuantum fiziği konularının öğretiminde, birçok soyut kavram içermesinden kaynaklanan, pek çok kavramsal sorun yaşanabilir. Kuantum fiziği konularıyla ilgili etkili ve anlamlı öğrenmeyi büyük ölçüde sağlayabileceği düşünülen öğrenme amaçlı yazma etkinliklerinin, öğrencilerde kavramsal değişimleri kolaylaştıran (Mason & Boscolo, 2000), kavramların başarılı ve kalıcı bir biçimde yapılandırılmasını sağlayan destekleyici etkinlikler olarak kullanılması gerekli görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı;

- 1) Üniversitede modern fiziğe giriş dersini zorunlu olarak alan fen bilgisi öğretmen adaylarının Heisenberg belirsizlik ilkesini anlama düzeylerini belirlemek,
- 2) Öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin öğretmen adaylarının akademik başarısına etkisini araştırmaktır.

## YÖNTEM

### a) Araştırmanın Deseni

Araştırma nitel ve nicel desenlere sahiptir. Araştırmada, öğrencilerin araştırma konusuyla ilgili kendi düşüncelerini serbest bir şekilde ifade etmelerine ve bilimsel düşüncelerinin yalın bir şekilde açığa çıkmasına olanak sağlayan (Bauner & Schoon, 1993; Akgün, Gönen & Yılmaz, 2005) açık uçlu sorular kullanılmıştır. Öğrencilerin modern fiziğe giriş dersinde Heisenberg belirsizlik ilkesiyle ilgili düşüncelerini ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin akademik başarıya etkisini tespit etmek için kontrol grubu olan öntest ve sontest uygulandığı yarı deneysel araştırma modeli kullanılmıştır. Ders, gruplarda “sözlü-yazılı anlatım” (Akdeniz & ark., 2000) yöntemi kullanılarak işlenmiştir. Ayrıca deney grubundaki her öğrenci, Heisenberg belirsizlik ilkesi müfredatta sadece lise son sınıfta anlatıldığı için, muhatap olarak lise son sınıf öğrencisine Heisenberg belirsizlik ilkesini anlaşılır bir şekilde açıklayacak bir mektup yazmıştır. Buna karşın kontrol grubundaki öğrenciler ders kitabında yer alan Heisenberg belirsizlik ilkesiyle ilgili problemleri çözmüşlerdir.

### b) Çalışma Grubu

Çalışma grubunu, 2007-2008 öğretim yılında eğitim fakültesi ilköğretim bölümü fen bilgisi öğretmenliği lisans programı 3. sınıfında öğrenim gören deney grubunda 35 (16 bay, 19 bayan), kontrol grubunda 36 (18 bay, 18 bayan), sadece anlama düzeyini tespit etme aşamasında denek sayısını artırmak amacıyla araştırmaya dahil edilen 40 (23 bay, 17 bayan) olmak üzere toplam 111 öğrenci oluşturmuştur. Grupların seçimi, araştırmanın yapıldığı dönemde fen bilgisi öğretmenliği lisans programı 3. sınıfında öğrenim gören üç şube (A, B ve C şubesi) arasında kura çekilerek yapılmıştır.

### c) Uygulama

Araştırma sürecinde yapılan uygulamanın basamakları aşağıda sunulmuştur:

- 1) Gruplara dönemin başında Heisenberg belirsizlik ilkesiyle ilgili olarak açık uçlu sorulardan oluşan bir öntest uygulanmıştır.
- 2) Araştırmanın her bir açık uçlu sorusunun doğru cevabı ve bu cevabın her bir aşamasının puanlanması deneyimli üç öğretim elemanı tarafından ortak çalışmayla belirlenmiştir. Bu çalışmada oluşturulan doküman, öğretmen adaylarının öntest ve sontest başarı puanlarını tespit etmek için kullanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, grupların öntest puanlarının aritmetik ortalamasının birbirine yakın olduğu (3,66 ve 3,75), grupların puanları

arasındaki farkın anlamlı düzeyde olmadığı ( $P=0,942$ ) ve uygulama öncesinde grupların denk kabul edilmesinin mümkün olduğu görülmüştür.

3) Araştırılan konu programa göre işlendikten sonra deney grubunda öğrenme amaçlı yazma aktivitesine dair yönerge dağıtılarak tüm öğrenciler tarafından okunması ve incelenmesi sağlanmış; gerekli açıklamalar yapılmış, öğrencilerin soruları detaylı bir şekilde cevaplandırılmıştır. Öğrenme amaçlı yazma aktivitesinin yönergesinde, aktivitenin mektup formatında olması gerektiği, mektubun kime yazılacağı, hangi konuda yazılacağı, bilimsel olması gerektiği, ne zaman nasıl teslim edileceği ve nasıl değerlendirileceği detaylı ve açık bir şekilde belirtilmiştir.

4) Öğrenme amaçlı yazma aktivitesi yönergesinin açıklanmasından dört hafta sonra lise son sınıf öğrencilerine hitaben deney grubu öğrencileri tarafından yazılan mektuplar araştırmacılara teslim edilmiştir. Kontrol grubu öğrencilerinden bu zaman zarfında ders kitabında bulunan Heisenberg belirsizlik ilkesiyle ilgili problemleri çözmeleri istenmiştir.

5) Daha sonra bütün gruplara aynı günde sontest uygulanmıştır. Ayrıca sontest ile birlikte sadece deney grubu öğrencilerine öğrenme amaçlı yazma aktivitesiyle ilgili düşüncelerini tespit etmek için ilave sorular sorulmuştur.

6) Sontestin uygulanmasından sonraki günlerde, aktiviteye katılan öğrenciler arasından rastgele seçilen bazı öğrencilerle öğrenme amaçlı yazma aktivitesinin kendilerine sağladığı faydalar hakkında “açık uçlu duyarlaştırıcı görüşme” türüne (Rubin, 1983; Yıldırım & Şimşek, 2005) göre görüşmeler yapılmıştır.

#### **d) Verilerin Toplanması**

Araştırmanın bir kısım verileri, araştırmacılar tarafından hazırlanan üç açık uçlu soru sorularak elde edilmiştir. Araştırmanın soruları aynı fakültede görevli ve modern fiziğe giriş dersini önceki yıllarda anlatmış deneyimli üç öğretim elemanına inceletilerek, onların görüş ve önerileri doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Araştırma soruları, araştırma gruplarına uygulanmadan önce modern fizik dersini bir önceki yıl almış öğrencilere (dördüncü sınıf) sorularak bir ön çalışma yapılmıştır. Bu ön çalışmanın verileri de dikkate alınarak açık uçlu soruların uygulanabilir olduğu kanaatine varıldıktan sonra araştırılan konu işlenmeden önce, öntest; tek dönemlik modern fiziğe giriş dersinin bitimine doğru da gruplara sontest olarak uygulanmıştır. Ayrıca dönem içerisinde öğrencilerin öğrenme amaçlı yazma aktivitelerini tamamlamalarından sonraki bir tarihte akademik takvim gereği bütün konuları kapsayan bir ara sınav yapılmıştır. Öğrencilerin, çoktan seçmeli sorularla yapılan ara sınavda belirsizlik ilkesi ile ilgili sorulara verdikleri toplam doğru cevap sayısı onların başarı kriteri olarak alınmıştır. Bu doğru cevapların sayısı değerlendirilerek deney ve kontrol grupları karşılaştırılmıştır.

#### **e) Verilerin Analizi**

Araştırmanın açık uçlu sorularına öğrencilerin yazdıkları cevapları değerlendirmek için deneyimli üç öğretim elemanı ortak bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada sorulan her bir sorunun doğru cevabı ve bu cevabın her bir aşamasının puanlanması ortak kararlarla belirlenmiştir. Doğru cevapları ve puanlanmasını gösteren bu doküman, öğrencilerin öntest ve sontest puanlarını tespit etmek için kullanılmıştır. Deney ve kontrol gruplarının öntest-sontest puanlarına ilişkin t-testi sonuçlarına ulaşmak için elde edilen verilerin analizinde, “SPSS 13” paket istatistik programı kullanılmıştır. Uygulama sonunda deney ve kontrol gruplarının her ikisine de sontest uygulanarak sontest puanları bağımsız iki örnek t testi ile yorumlanarak karşılaştırılmıştır. Anlamlılık derecesi 0,05 olarak kabul edilmiştir. Öğrencilerin, son testte sorulan açık uçlu sorulara verdiği alternatif cevapların analizleri yapılırken ayrıca, cevaplar yakınlıklarına göre gruplandırılmış ve ortaya çıkarılan bulgular, araştırma bulguları kısmında

tablolara aktararak değerlendirilmeler yapılmıştır. Sontestle birlikte sadece deney grubu öğrencilerine sorulan “Öğrenme amaçlı yazma aktivitesinin (mektubun) size sağladığı yararlar hakkında ne düşünüyorsunuz?” açık uçlu sorusuna öğrencilerin yazılı olarak verdikleri orijinal cevapların temsil bakımından iyi örnekleri (olumlu-olumsuz) araştırma bulguları kısmında verilmiştir.

## BULGULAR

### a) Öğrencilerin, Heisenberg Belirsizlik İlkesini Anlama Düzeylerinin Nitel Olarak İncelenmesi

Çalışmanın bu kısmında Heisenberg belirsizlik ilkesiyle ilgili mektup yazmayan öğrencilerin (76), sontest sonuçlarına göre Heisenberg belirsizlik ilkesini anlama düzeyleri araştırılmıştır. Bu öğrencilerin sayısı, kontrol grubu öğrencileri (36) ve denek sayısını artırmak amacıyla sadece anlama düzeyini tespit etme aşamasında kontrol grubu yanında araştırmaya dahil edilen C grubundaki öğrenciler (40) olmak üzere toplam 76 dir. Bu öğrencilere ders “sözlü-yazılı anlatım” (Akdeniz & ark., 2000) yöntemi kullanılarak anlatılmıştır. Aynı öğrenciler ders kitabında bulunan Heisenberg belirsizlik ilkesiyle ilgili problemleri çözmüşlerdir.

**Soru 1)**  $\hbar$  sembolü size neyi anımsatıyor (size göre ne ile ilgilidir)?

**Tablo 1.** Öğrencilerin “ $\hbar$  Sembolü Size Göre Ne İle İlgilidir?” Sorusu İçin Yazdıkları Cevaplar

Öğrenci Cevapları	Öğrenci Sayısı	%
$\hbar = h/2\pi$	7	9,2
$\hbar = h/2\pi$ , Heisenberg Belirsizlik İlkesi	13	17,1
$\hbar = h/2\pi$ , Belirsizlik İlkesi, $h$ Planck Sabitidir	3	3,9
Planck Sabitidir	6	7,9
Heisenberg Belirsizlik İlkesi	22	28,9
$\hbar/2$ alt limit sembolüdür/minimum belirsizliği gösterir	4	5,3
$\hbar = h/2$ , $h$ Planck Sabiti	3	3,9
Diğer cevaplar ( $E = hv$ , $h \geq \hbar/2$ , yükseklik, hatayı, elektron koparılması, fotoelektrik olayla ilgilidir, vb.)	8	10,5
Cevap yok	10	13,2
Toplam	76	100

$\hbar$  sembolü 6 öğrenci tarafından doğrudan Planck sabiti olarak tanımlanmıştır. Ancak bilindiği gibi  $\hbar$  sembolü Planck sabitinin  $1/2\pi$  katına eşittir ( $\hbar = h/2\pi$ ). Bu özellik Tablo 1’de ilk üç cevapta toplam 23 öğrenci tarafından açıkça belirtilmiştir. Ayrıca toplam 55 (%72,4) öğrenci tarafından bu sembolün Heisenberg belirsizlik ilkesi ile ilişkilendirildiği verilerden çıkarılabilir. Öğrencilerin %13,2’si bu soruya herhangi bir cevap yazamamıştır.

**Soru 2)** Size göre Heisenberg belirsizlik ilkesi nedir?

**Tablo 2.** Öğrencilerin “Heisenberg Belirsizlik İlkesi Nedir?” Sorusu İçin Yazdıkları Cevaplar

Öğrenci Cevapları	Öğrenci Sayısı	%
İki fiziksel büyüklüğün ( $\Delta E$ , $\Delta t$ ) eş zamanlı yapılan ölçümlerindeki belirsizliklerden biri azaltılırsa diğeri artar	4	5,3
Bir elektronun eş zamanlı olarak yeri ve hızı belirlenemez	9	11,8
Bir cisme ait iki büyüklük aynı anda ölçülemez	3	3,9
Bir parçacığa ait iki büyüklüğü ( $\Delta x$ , $\Delta p$ ) aynı anda son derece az hata ile ölçmek olanaksızdır	10	13,2
Fizikte iki büyüklük ölçülürken birinin tam ölçülememesidir	3	3,9
Diğer cevaplar (Mutlak bir şey yoktur, $\Delta x \Delta t \geq \hbar$ , $\Delta x \Delta t \geq \hbar/2$ , $\Delta p \Delta t \geq \Delta E$ , elektronun bulunduğu orbitali belirler, vb.)	18	23,7
Cevap yok	29	38,2
Toplam	76	100

Araştırmamızın konusu olan Heisenberg belirsizlik ilkesi lise fizik müfredatında yer almayan ve kuantum fiziğinin diğer konuları gibi oldukça soyut bir konudur. Doğru cevap yazan öğrencilerin cevapları beş grupta toplanmıştır. Gruplanan cevapların çoğunun ders kitaplarındaki ifadelerle benziyor olmasına karşın çeşitliliği dikkat çekicidir. Belirsizlik ilkesiyle ilgili hiçbir cevabı olmayan öğrencilerin oranı %38,2'dir. Doğru olmayan, çok farklı ve çok çeşitlilik gösterdiği için mevcut cevapların hiçbirine dahil edilmeyen ve “diğer cevaplar” başlığı altında cevapları toplanan öğrencilerin sayısı 18'dir (%23,7).

**Soru 3)** Size göre Heisenberg belirsizlik ilkesiyle ilgili hangi eşitlikler (bağıntılar, formüller) vardır? Yazınız?

**Tablo 3.** Öğrencilerin “Heisenberg Belirsizlik İlkesi İle İlgili Hangi Eşitlikler Vardır?” Sorusu İçin Yazdıkları Cevaplar

Öğrenci Cevapları	Öğrenci Sayısı	%
$\hbar = h/2\pi$	4	5,3
$\Delta E \Delta t \geq \hbar / 2$	6	7,9
$\Delta x \Delta p \geq \hbar, \Delta E \Delta t \geq \hbar, \Delta \theta \Delta L_{\theta} \geq \hbar$	-	-
$\Delta x \Delta p \geq \hbar, \Delta E \Delta t \geq \hbar$	5	6,6
$\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$	1	1,3
$\Delta p \Delta t \geq \hbar/2$	2	2,6
$\Delta x \Delta t \geq \hbar/2$	5	6,6
$\Delta v \Delta t \geq \hbar/2$	6	7,9
$\Delta t \Delta p \geq \hbar/2, \Delta v \Delta t \geq \hbar/2$	2	2,6
Diğer cevaplar ( $\hbar = h/2, E = \hbar\omega, \Delta x = \Delta v \Delta t, \Delta p = \Delta m \Delta v, \Delta x = \Delta p \hbar, vb.$ )	13	17,1
Cevap yok	32	42,1
Toplam	76	100

Konum-momentum, enerji-zaman ve açısal yer değiştirme-açısal momentum belirsizliklerini birlikte yazabilen hiç bir öğrenci olmamıştır. Enerji-zaman belirsizliğini sadece 6 ( $\Delta E \Delta t \geq \hbar / 2$  alt limitine nadiren ulaşılmasına rağmen doğru kabul edilmektedir), konum-momentum ve enerji-zaman belirsizliğini ( $\Delta x \Delta p \geq \hbar, \Delta E \Delta t \geq \hbar$ ) birlikte sadece 5, konum-momentum belirsizliğini ( $\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$ ) sadece 1 öğrenci doğru yazabilmiştir. Doğru olmayan cevaplar yazan ve cevap olarak hiçbir şey yazamayan öğrenciler birlikte dikkate alındığında bu oran %78,9'dur. Bu bulgu öğrencilerin belirsizlik ilkesi ile ilgili bilimsel eşitlikleri anlama düzeylerinin düşük olduğunu göstermektedir.

### b) Heisenberg Belirsizlik İlkesiyle İlgili Öğrenme Amaçlı Yazma Aktivitesinin, Öğrencilerin Akademik Başarısına Etkisinin Nitel Olarak İncelenmesi

Çalışmanın bu kısmında Heisenberg belirsizlik ilkesiyle ilgili öğrenme amaçlı yazma aktivitesi olarak mektup yazan deney grubuyla, ders kitabında bulunan konuyla ilgili problemleri çözen kontrol grubunun sonuçlarına göre karşılaştırılması yapılmıştır. Her iki gruptaki öğrencilere ders “sözlü-yazılı anlatım” (Akdeniz & ark., 2000) yöntemi kullanılarak anlatılmıştır.

**Soru 1)**  $\hbar$  sembolü size neyi anımsatıyor (size göre ne ile ilgilidir)?

**Tablo 4.** Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin “ $\hbar$  Sembolü Size Göre Ne İle İlgilidir?” Sorusu İçin Yazdıkları Cevaplar

Öğrenci Cevapları	Deney Grubu		Kontrol Grubu	
	Öğrenci Sayısı	%	Öğrenci Sayısı	%
$\hbar = h/2\pi$	3	8,6	3	8,3
$\hbar = h/2\pi$ , Heisenberg Belirsizlik İlkesi	8	22,9	5	13,9
$\hbar = h/2\pi$ , Belirsizlik İlkesi, $h$ Planck Sabitidir	1	2,8	1	2,7
Planck Sabitidir	4	11,4	3	8,3
Heisenberg Belirsizlik İlkesi	17	48,6	10	27,8
$h/2$ alt limit sembolüdür/minimum belirsizliği gösterir	-	-	4	11,1
$\hbar = h/2$ , $h$ Planck Sabiti	1	2,8	-	-
Diğer cevaplar ( $E = hv$ , $h \geq h/2$ , yükseklik, hatayı, elektron koparılması, fotoelektrik olayla ilgilidir, vb.)	1	2,8	5	13,9
Cevap yok	-	-	5	13,9
Toplam	35	100	36	100

Tablo 4’de sunulan veriler incelendiğinde deney grubu öğrencilerinin tamamı bu soruya bir cevap yazabildiği halde kontrol grubundan cevap veremeyen öğrencilerin %13,9 oranında olduğu görülür. Heisenberg belirsizlik ilkesi ile doğrudan ilişkili cevaplar yazabilen öğrenci yüzdesi deney grubu için toplam %83 iken, kontrol grubu için %52,7’dir. Diğer cevaplar kısmında toplanan ve bilimsel cevaba uygun olmayan cevapları yazan öğrencilerin yüzdesi kontrol grubu için daha yüksektir (%13,9).

**Soru 2)** Size göre Heisenberg belirsizlik ilkesi nedir?

**Tablo 5.** Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin “Heisenberg Belirsizlik İlkesi Nedir?” Sorusu İçin Yazdıkları Cevaplar

Öğrenci Cevapları	Deney Grubu		Kontrol Grubu	
	Öğrenci Sayısı	%	Öğrenci Sayısı	%
İki fiziksel büyüklüğün ( $\Delta E$ , $\Delta t$ ) eş zamanlı yapılan ölçümlerindeki belirsizliklerden biri azaltılırsa diğeri artar	7	20,0	-	-
İki büyüklüğün (konum ve momentum) aynı anda tam olarak ölçülememesi	3	8,6	-	-
Bir parçacığa ait iki büyüklüğü ( $\Delta x$ , $\Delta p$ ) aynı anda son derece az hata ile ölçmek olanaksızdır	13	37,1	1	2,8
Fizikte iki büyüklük ölçülürken birinin tam ölçülememesidir	5	14,3	3	8,3
Diğer cevaplar (Mutlak bir şey yoktur, $\Delta x \Delta t \geq \hbar$ , $\Delta x \Delta t \geq h/2$ , $\Delta p \Delta t \geq \Delta E$ , elektronun bulunduğu orbitali belirler, vb.)	3	8,6	10	27,8
Cevap yok	4	11,4	22	61,1
Toplam	35	100	36	100

Heisenberg belirsizlik ilkesinin bilimsel tanımına uygun sayılabilen tanımları yazabilen öğrencilerin yüzdeleri deney grubunda %80,0 kontrol grubunda %11,1’dir. Bu deney grubu lehine çok şaşırtıcı bir bulgudur. Öğrencilerin, Heisenberg belirsizlik ilkesini kuantum fiziğinde en önemli kavram olarak düşünmeleri (Didiş & ark., 2008) bu şaşırtıcı bulgunun elde edilmesinde etkili faktörlerden birisi olabilir. Öğrencilerin belirsizlik ilkesiyle ilgili bu olumlu düşünceleri onları mektup yazarken daha iyi motive etmiş ve daha itinalı bir şekilde çalışmalarını sağlamış olabilir. Bu soruya cevap yazamayan öğrencilerin yüzdeleri deney grubu için %11,4 iken, kontrol grubu için %61,1’dir. Öğrencilerin Heisenberg belirsizlik ilkesini anlama düzeylerinin deney grubu için daha yüksek olduğu söylenebilir.



**Soru 3)** Size göre Heisenberg belirsizlik ilkesi ile ilgili hangi eşitlikler (bağıntılar, formüller) vardır? Yazınız

**Tablo 6.** Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin “Heisenberg Belirsizlik İlkesi İle İlgili Hangi Eşitlikler Vardır?” Sorusu İçin Yazdıkları Cevaplar

Öğrenci Cevapları	Deney Grubu		Kontrol Grubu	
	Öğrenci Sayısı	%	Öğrenci Sayısı	%
$h = h/2\pi$	3	8,6	4	11,1
$\Delta E \Delta t \geq h/2$	8	22,9	2	5,6
$\Delta x \Delta p \geq h, \Delta E \Delta t \geq h, \Delta \theta \Delta L_0 \geq h$	3	8,6	-	-
$\Delta x \Delta p \geq h, \Delta E \Delta t \geq h$	1	2,8	1	2,7
$\Delta x \Delta p \geq h/2$	1	2,8	1	2,7
$\Delta x \Delta p \geq h$	3	8,6	-	-
$\Delta p \Delta t \geq h/2$	2	5,7	2	5,6
$\Delta x \Delta t \geq h/2$	4	11,4	2	5,6
$\Delta v \Delta t \geq h/2$	1	2,8	2	5,6
$\Delta t \Delta p \geq h/2, \Delta v \Delta t \geq h/2$	3	8,6	1	2,7
Diğer cevaplar ( $h = h/2, E = h\lambda, \Delta x = \Delta v \Delta t, \Delta p = \Delta m \Delta v, \Delta x = \Delta p h, vb.$ )	4	11,4	3	8,3
Cevap yok	2	5,7	18	50,0
Toplam	35	100	36	100

Heisenberg belirsizlik ilkesi ile ilgili olarak konum-momentum, enerji-zaman ve açılal yer değiştirme-açılal momentum belirsizliklerini birlikte yazabilen sadece 3 öğrenci vardır. Bu öğrencilerin hepsi deney grubu öğrencisidir. Deney grubu öğrencileri, enerji-zaman belirsizliğini %22,9; konum-momentum ve enerji-zaman belirsizliğini birlikte %2,8; konum-momentum belirsizliğini %11,4 oranında yazabilmişlerdir. Bu oranlar kontrol grubu öğrencileri için sırasıyla %2,7, %2,7 ve %5,6'dır. Hiçbir eşitliği yazamayan öğrencilerin yüzdesinin deney grubu için %5,7 kontrol grubu için %50,0 olduğu Tablo 6'da görülebilir.

### c) Heisenberg Belirsizlik İlkesiyle İlgili Öğrenme Amaçlı Yazma Aktivitelerinin, Öğrencilerin Akademik Başarısına Etkisinin Nicel Olarak İncelenmesi

**Tablo 7.** Heisenberg Belirsizlik İlkesi İçin Deney ve Kontrol Gruplarının Öntest Puanlarına İlişkin t-Testi Sonuçları

Gruplar	N	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Sonuç
Deney	35	3,66	4,98	$t_{(69)} = 0,073;$ $P = 0,942 > 0,05$
Kontrol	36	3,75	5,65	

**Tablo 8.** Heisenberg Belirsizlik İlkesi İçin Deney ve Kontrol Gruplarının Sontest Puanlarına İlişkin t-Testi Sonuçları

Gruplar	N	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Sonuç
Deney	35	56,00	17,14	$t_{(69)} = 12,007;$ $P = 0,001 < 0,05$
Kontrol	36	14,16	11,80	

Tablo 8'e göre, deney grubunun Heisenberg belirsizlik ilkesi için sontest puanlarının aritmetik ortalaması  $X = 56,00$  iken, kontrol grubunun sontest puanlarının aritmetik ortalamasının  $X = 14,16$  olduğu görülmektedir. Deney ve kontrol gruplarının sontest

puanlarının aritmetik ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $t_{(69)}=12,007$ ;  $P=0,001 < 0,05$ ).

#### d) Öğrencilerin, Akademik Takvim Gereği Yapılan Sınavda, Heisenberg Belirsizlik İlkesiyle İlgili Sorulara Verdikleri Cevaplara İlişkin Başarıları

**Tablo 9.** Ara Sınavda Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin Heisenberg Belirsizlik İlkesiyle İlgili Soruları Doğru Cevaplama Oranları

Konu	Deney Grubu Öğrencilerinin Başarı Oranları (%)	Kontrol Grubu Öğrencilerinin Başarı Oranları (%)
Heisenberg Belirsizlik İlkesi	66,7	54,5

Öğrencilerin, çoktan seçmeli sorularla yapılan ara sınavda Heisenberg belirsizlik ilkesiyle ilgili sorulara verdikleri toplam doğru cevap sayısı onların başarı kriteri olarak alınmıştır (Tablo 9). Öğrencilerin sınav sonuçları karşılaştırıldığında, deney grubu öğrencilerinin öğrenme amaçlı yazma aktivitesi konusuyla ilgili soruların doğru cevaplama oranları kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevaplama oranlarından daha yüksek olduğu görülür. Bu bulgular Heisenberg belirsizlik ilkesiyle ilgili mektup yazan öğrencilerin yazmayanlardan daha başarılı olduklarını göstermektedir.

#### e) Öğrencilerin, Heisenberg Belirsizlik İlkesiyle İlgili Yazdıkları Öğrenme Amaçlı Yazma Aktivitesi (Mektup) Hakkında Düşünceleri

Sontestle birlikte sorulan ek sorularda ve daha sonra yapılan görüşmelerde (açık uçlu duyarlaştırıcı görüşme) öğrenciler “Öğrenme amaçlı yazma aktivitesinin (mektubun) size sağladığı yararlar hakkında ne düşünüyorsunuz?” sorusuna göreceli cevaplar vermişlerdir. Görüşmelerde öğrencilerin ifadelerinin, daha önce yazılı olarak belirttikleri düşünceleri, görüşleri doğrular nitelikte olduğu ve çok benzerlik gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle bu yazılı orijinal cevapların temsil bakımından iyi örnekleri (olumlu-olumsuz) taranarak aşağıda verilmiştir.

Öğrenciler daha iyi nasıl anlatılabileceğini öğrenelim.

Ödev hazırladığım konuyla ilgili bilgilerimin bu derste işlediğimi diğer konularda ilgili bilgilerine oranla daha kalıcı olduğunu düşünüyorum.

Belirsizlik ilkesini lise öğrencileri seviyesine indirgeneye çalıştık. Bu konuyla alakalı birkaç bilgi topladık ama ödev lise seviyesi olduğundan o seviyeye inmek için üstte bazı bilgiler düşürdük. Esasında düşünceler ve geleceğiydi.

Bütün olumlu düşünceler incelendiğinde, araştırmalarda (Doğan & Çavuş, 2008; Uzoğlu, Günel & Büyükkasap, 2008) belirtildiği gibi öğrencilerin genelde yazma etkinliğiyle bilgiyi toparlayarak özetlemeyi, bilimsel düşünceleri kendi cümleleriyle ifade ederek

sıralamayı, iletişim kurmayı, yorum yapmayı, bir konudaki ana düşünceleri ilişkilendirmeyi kısacası bilgiyi organize ederek sunmayı öğrendiklerini ve mektup yazdıkları konuları daha kolay hatırladıklarını ifade ettikleri görülebilir.

Öğrencilerin, Heisenberg belirsizlik ilkesi ile ilgili olumsuz düşüncelerinde (%8,3), genelde öğrenme amaçlı yazma etkinliğinin faydasını gördüklerini ancak etkinliğin bilginin kalıcılığını sağlamada yetersiz kaldığı iddiasına sahip oldukları görülmüştür. 35 deney grubu öğrencisinin sadece üç tanesi (%8,6) olumsuz düşünce belirtmiştir. Bu üç olumsuz düşüncenin en abartılı olanı aşağıda verilmiştir.

Bir sordu hatırladım. Oda Heisenberg belirsizlik ilkesiyle ilgiliydi. Ödevi kendim hatırladım. Ancak şu an çok fazla bilgi hatırlamıyorum. Ödevin pek bir faydasını göremedim.

Öğrencilerin bu düşüncelerinin sontestle birlikte tespit edilmesinin nedeni, öğrencilerin sontest sorularını yanıtlarken aynı zamanda gerçekleştirdikleri etkinliğin kendilerine sağladığı faydaların veya çektikleri sıkıntıların daha çok farkına varabileceği; başarıları veya başarısızlıkları hakkındaki düşüncelerini sıcağı sıcağına daha duyarlı ve sağlıklı yazabileceği şeklinde bir kanaatin sezgisel olarak araştırmacılarda oluşmuş olmasıdır.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmanın, modern fiziğe giriş dersini alan öğrencilerin Heisenberg belirsizlik ilkesiyle ilgili anlama düzeylerinin nitel olarak araştırılan kısmında elde edilen verilerin analizi sonucunda; öğrencilerin %38,2'si Heisenberg belirsizlik ilkesini tanımlayamamış ve %78,9'u Heisenberg belirsizlik ilkesiyle ilgili herhangi bir eşitlik yazamamıştır. Aynı kısımda, öğrencilerin %23,7'si  $\hbar$  sembolü ile ilgili bir açıklama yapamamıştır. Modern fiziğe giriş dersi alan öğrencilerin, kuantum fiziği konularını anlama düzeylerinin zayıf olması, sadece sözlü-yazılı anlatım yönteminin yeterli olmadığını, ilave etkinliklerle desteklenmesi ve öğrenciyi aktif kılan başka öğretim yöntemlerinin de kullanılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Araştırmanın, öğrencilerin kuantum fiziği konularını öğrenirken öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin onların akademik başarısına etkisinin nitel olarak araştırılan kısmında elde edilen verilerin analizi sonucunda; deney grubu öğrencilerinin, %80,0'ninin Heisenberg belirsizlik ilkesini tanımlayabildikleri belirlenmiştir. Bu oran kontrol grubu için %11,1'dir. Heisenberg belirsizlik ilkesiyle ilgili herhangi bir eşitliği doğru yazabilen öğrencilerin oranı deney grubu için %94,3 kontrol grubu için %50,0 olarak bulunmuştur.  $\hbar$  sembolüyle ilgili bilimsel bir açıklama yapamayan deney grubu öğrencilerinin oranı %2,8 iken kontrol grubu için bu oranın %27,8 şeklinde olması dikkat çekicidir.

Araştırmanın, Belirsizlik ilkesinin öğretiminde öğrenme amaçlı yazma aktivitesinin öğrencilerin akademik başarısına etkisinin nicel olarak araştırılan kısmında, deney ve kontrol grubunun sontest puanları bağımsız iki örnek t testi ile yorumlanarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmanın sonuçlarının Belirsizlik ilkesi için deney grubu öğrencilerinin lehine anlamlı bir farklılık gösterdiği görülmüştür. Akademik takvim gereği yazma etkinliğinden sonraki bir tarihte yapılan bir sınavın sonuçları incelendiğinde deney grubu öğrencilerinin mektup yazdıkları konularla ilgili çoktan seçmeli soruları doğru cevaplama yüzdelerinin kontrol

grubundan daha yüksek olduğu görülmüştür. Deney ve kontrol grupları karşılaştırılmasında bu oranlar, %66,7 ve %54,5 şeklinde deney grubunun lehinedir.

Öğrenme amaçlı yazma aktiviteleriyle ilgili yapılan araştırmaların sonuçlarıyla bu araştırmanın ortaya koyduğu sonuçlar paralellik göstermekte ve birbirlerini desteklemektedir. Öğrencilerin kuantum fiziği konularından Belirsizlik ilkesiyle ilgili yazdıkları öğrenme amaçlı yazma aktiviteleriyle ilgili düşünceleri incelendiğinde, %91,4'ü yazdıkları mektupların bilimsel bilginin uzun süreli kalıcılığını sağladığını (Rivard & Straw, 2000), anlaşılması zor soyut konuların öğrenilmesine yardımcı olduğunu (Hohenshell & ark., 2004) ifade etmişlerdir. Yukarıda yüzdesi belirtilen olumlu düşüncelerin incelenmesine devam edildiğinde öğrencilerin, başka araştırmalarda da (Doğan & Çavuş 2008; Uzoğlu & ark., 2008) belirtildiği gibi genelde yazma etkinliğiyle bilgiyi, toparlayarak özetlemeyi, bilimsel düşünceleri kendi cümleleriyle ifade ederek sıralamayı, iletişim kurmayı, yorum yapmayı, bir konudaki ana düşünceleri ilişkilendirmeyi kısacası bilgiyi organize ederek sunmayı öğrendiklerini ve mektup yazdıkları konuları daha kolay hatırladıklarını ifade ettikleri görülmüştür.

Modern fiziğe giriş dersi için gruplarda “sözlü-yazılı anlatım” yöntemi kullanılmıştır. Deney grubunda bu yöntemle ilaveten öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin yapılması deney ve kontrol gruplarının sınıfta puanları arasında anlamlı bir farkın çıkmasına neden olmuştur. Belirsizlik ilkesinin öğrenilmesi açısından, öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin uygulandığı deney grubundaki öğrenciler, kontrol grubundaki öğrencilere göre daha başarılı olmuşlardır. Diğer bir ifadeyle, öğrencilerin Belirsizlik ilkesini anlama düzeylerini arttırmada öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin etkili olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (Yıldız & Büyükkasap, 2011). Bu sonuç, modern fiziğe giriş dersinde yer alan kuantum fiziği konularından Heisenberg belirsizlik ilkesinin öğretiminde etkili bir etkinlik olarak kullanılabilmesini göstermektedir. Çünkü bu etkinlikler, öğrencilerin kavramsal değişimlerini kolaylaştırmakta (Mason & Boscolo, 2000) ve ilgili kavramların öğrenciler tarafından başarılı ve kalıcı bir biçimde yapılandırılmasını sağlamaktadır.

Araştırmanın sonuçları doğrultusunda öğretim elemanlarına ve öğretmenlere, özellikle kuantum fiziği gibi soyut konuları olan bir alanın öğretiminde, öğrencilerde kavramsal değişimi kolaylaştırarak gerçekleştiren, ayrıca öğrenciyi merkeze alarak onları bilginin keşfedicisi ve yapılandırıcısı konumuna getiren öğrenme amaçlı yazma aktivitelerini veya bu aktiviteleri içeren öğretim tekniklerini kullanmaları önerilebilir. Ayrıca, öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin günlük, özet, poster ve makale gibi diğer türleriyle ilgili çalışmaların yapılmasının, bu alana önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

**KAYNAKLAR**

- Akçay, H. & Hand, B. (2008, Ağustos). *Farklı şekillerde uygulanan yaparak ve yazarak öğrenme metotlarının ilköğretim öğrencilerinin fen öğrenimine katkısı*. VIII. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulan bildiri, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.
- Akdeniz, A. R., Bektaş, U. & Yiğit, N. (2000). İlköğretim sekizinci sınıf öğrencilerinin temel fizik kavramlarını anlama düzeyi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19, 5-14.
- Akgün, A., Gönen, S. & Yılmaz, A. (2005). Fen bilgisi öğretmen adaylarının karışımların yapısı ve iletkenliği konusundaki kavram yanılgıları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28, 1-8.
- Anderson, C. & Karrquist, C. (1983). How Swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. *Journal of Science Education*, 5(4), 316-322.
- Bauner, M. & Schoon, I. (1993). Mapping variety in public understanding of science. *Public Understanding of Science*, 2(2), 141-155.
- Bereiter, C. (1990). Aspects of an educational learning theory. *Review of Educational Researcher*, 60(4), 603-624.
- Bereiter, C. (1994). Constructivism, socioculturalism, and Popper's World 3. *Educational Researcher*, 23(7), 21-23.
- Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1989). *Intentional learning as a goal of instruction*. In Resnick, L. B. (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honour of Robert Glaser* (361-392). NJ: Erlbaum: Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale.
- Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1987). *The psychology of written composition*. NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale.
- Berg, T. & Brouwer, W. (1991). Teacher awareness of student alternate conceptions about rotational Motion and Gravity. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (1), 3-18.
- Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1990). Misunderstandings of "law" and "conversation": A study of pupils' meanings for these terms. *School Science Review*, 72, 51-57.
- Britton, J. (1982). Shaping at the point of utterance. In Pradl, G. M. (ed.), *Prospect and retrospect: Selected essays of James Britton*, Boynton/Cook Publishers, Inc. Montclair, NJ, 139-145. (Reprinted from *Reinventing the rhetorical tradition*, by Freedman, A. & Pringle, I. (eds.), (1980). Conway, A. R., L and S Books., for the Canadian Council of Teachers of English)
- Cepni, S. & Keles, E. (2006). Turkish students' conceptions about the simple electric circuits. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4, 269-291.
- Didiş, N., Özcan, Ö. & Abak, M. (2008). Öğrencilerin bakış açısıyla kuantum fiziği: Nitel çalışma. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34, 86-94.
- Doğan, N. & Çavuş, S. (2008, Ağustos). *İnformal öğrenme ortamlarında fen konularının öğrenilmesine yazma etkinliğinin etkisi*. VIII. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulan bildiri, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.
- Engelhardt, P. & Beichner, R. (2004). Students understanding of direct current resistive electrical forces. *American Journal of Physics*, 72(1), 98-115.
- Ericson, G. & Tiberghien, A. (1985). Heat and Temperature. In R. Driver, E. Guesne, and A. Tiberghien (Eds.), *Childre's ideas in science*, 52-83. Philadelphia, PA: Open University Press.
- Feher, E. & Meyer, K. R. (1992). Children's conceptions of color, *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), 505- 520.
- Flower, L. S. & Hayes, J. R. (1981). A cognitive process theory of writing. *College Composition and Communication*, 32, 365-387.

- Flower, L. & Hayes, J. R. (1980) The cognition of discovery: Defining a rhetorical problem. *College Composition and Communication*, 31, 21-32.
- Galili, I., Goldberg, F. & Bendall, S. (1991). Some refractions on plane mirrors and images, *Physics Teaching*, 29 (7), 471-477.
- Gülçiçek, Ç. (2002). *Lise 2. sınıf öğrencilerinin mekanik enerjinin korunumu konusundaki kavram yanlışları*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gürdal, A., Bayram, H. & Sökmen, N. (1999). İlköğretim okulu 5. ve 8. sınıf öğrencilerinde temel fen kavramlarının anlaşılma düzeylerinin saptanması, *Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi dergisi*, s. 6.
- Harrison, A. G., Grayson, D. J. & Treagust, D. F. (1999). Investigation a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 55-87.
- Hohensell, L., Hand B. & Staker J. (2004). Promoting Conceptual Understanding of Biotechnology: Writing to a younger audience. *American Biology Teacher*, 66(5), 333-338.
- Ireson, G. (2000). The quantum understanding of pre university physics students. *Physics Education*, 35(1), 15-21.
- Kara, M. (2002). *Ortaöğretim öğrencilerinin ışık ve optik ile ilgili zor ve yanlış anlaşılan kavramların tespiti üzerine bir araştırma*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ke, J. L., Monk, M. & Duschl, R. (2005). Learning introductory quantum mechanics. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1571-1594.
- Klein, P. D. (1999). Reopening Inquiry into Cognitive Processes in Writing-To-Learn. *Educational Psychology Review*, 11(3), 203-270.
- Langer, J. A. & Applebee, A. N. (1987). *How writing shapes thinking: A study of teaching and learning*. Urbana, IL.: National Council of Teachers of English.
- 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.
- Newell, G. E. (1984). Learning from writing in two content areas: A case study/protocol analysis. *Research in the Teaching of English*, 18, 265-287.
- Osborne, R. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Science and Technology Education*, 1(1), 73-82.
- Özer Keskin, M., Doğan, N. & Keskin Samancı, N. (2008, Ağustos). *Bioetik konularının öğrenilmesinde örnek bir uygulama: eşli tartışma ve yazma*. VIII. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulan bildiri, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim, Bolu.
- Periago, M. C. & Bohigas, X. (2005). A study of second-year engineering students' alternative conceptions about electric potential, current intensity and Ohm's law. *European Journal of Engineering Education*, 30(1), 71-80
- Pospiech, G. (2000). Uncertainty and complementarity: The hearth of quantum physics. *Physics Education*, 35(6), 393-399.
- Ramadas, J. & Driver, R. (1989). *Aspects of secondary students' ideas about light*, Children's Learning in Science Project, CSSME University of Leeds.
- Rivard, P. L. & Straw B. S. (2000). The Effect of talk and writing on learning science: An exploratory study. *Science Education*, 84, 566-593.
- Rubin, H. J. (1983). *Applied social research*. Columbus, OH: Charles E. Merrill Publishing.

- Sencar, S. & Eryılmaz, A. (2004). Factors mediating the effect of gender on ninth-grade Turkish students' misconceptions concerning electric circuits. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(6), 603-616.
- Shipstone, D. M., Rhöneck, C., von and Jung, W., Kärrqvist, C., Dupin, J. J., Joshua, S. & Licht, P. (1988). A study of students' understanding of electricity in five European countries, *International Journal of Science Education*, 10(3), 303-316.
- Singh, C., Belloni, M. & Christian, W. (2006). Improving students' understanding of quantum mechanics. *Physics Today*, 59(8), 43-49.
- Solomon, J. (1985). Alternative views of energy. *Physics Education*, 19, 56-56.
- Strnad, J. (1981). Quantum physics for beginners. *Physics Education*, 16, 88-92
- Styer, D. F. (1996). Common misconceptions regarding quantum mechanics. *American Journal of Physics*, 64, 31-34.
- Şen, A. İ. (2000). Kuantum fiziği alan öğretimi konusunda Almanya'da yapılan tartışmaların son durumu. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19, 122-127.
- Thomas, M. F., Malaquias, I. M., Valente, M. C. & Antunes, M. J. (1995). An attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperature. *Physics Education*, 30, 19-26.
- Tynjälä, P. (1998). Writing as a tool for constructive learning: Students' learning experiences during an experiment. *Higher Education*, 36(2), 209-230.
- Uzoğlu, M., Günel, M. & Büyükkasap, E. (2008, Ağustos). *Öğrenme amaçlı yazma aktivitelerindeki varyasyonun ilköğretim seviyesinde fen konularını öğrenmeye etkisi*. VIII. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulan bildiri, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.
- Waats, D. M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics Education*, 18, 213-216.
- Yeo, S. & Zadnik, M. (2001). Introductory thermal concept evaluation: Assessing students' understanding. *The Physics Teacher*, 39, 495-504.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2005). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldız, A. & Büyükkasap, E. (2011). Öğretmen adaylarının Compton olayını anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin akademik başarıya etkisi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8 (1), 1643-1664.
- Yıldız, İ. (2000). *İlköğretim 6. Sınıf öğrencilerinin ışık ünitesindeki kavram yanlışları*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Young, R. & Sullivan, P. (1984). *Why write? A reconsideration*. In Connors, R. J., Ede, L. S., and Lunsford, A. A. (eds.), *Essays on classical rhetoric and modern discourse*, 215-225. Carbondale, IL.: Southern Illinois University Press.

## Prospective Teachers' Levels of Understanding Heisenberg Uncertainty Principle and the Impact of Writing Activities for Learning Purposes on Academic Success

Ali YILDIZ<sup>1</sup> , Erdoğan BÜYÜKKASAP<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Assist. Prof. Dr., Ataturk University, Kazım Karabekir Faculty of Education, Erzurum-Turkey

<sup>2</sup> Prof. Dr., Ataturk University, Kazım Karabekir Faculty of Education, Erzurum-Turkey

**Received:** 16.07.2010    **Revised:** 21.07.2011    **Accepted:** 16.09.2011

*The original language of article is Turkish (v.8, n.4, December 2011, pp.134-148)*

---

**Key Words:** Comprehension Level; Heisenberg Uncertainty Principle; Writing to Learn.

### SYNOPSIS

### INTRODUCTION

Writing activities help students establish better communication. In addition, writing activities may enable students to become more accustomed to writing styles regarded as necessary in various academic disciplines and different areas of expertise. The interesting point is that writing helps students to think critically and form new knowledge (Klein, 1999). Many studies have been conducted with regard to the use of writing as a tool to develop learning and thinking. In their studies about learning by writing, Langer and Applebee (1987) stated that writing about a topic helps the writer to increase his/her knowledge and to arrange the ideas to be written, and that this contributes to the experience of learning (Mason & Boscolo, 2000).

Writing activities force the writer to express his/her ideas more clearly. Use of writing as an intellectual activity is an important means of purposeful/planned learning (Bereiter & Scardamalia, 1989; Bereiter, 1990, 1994). Doğan and Çavuş (2008) conducted a study named as "Impact of writing activity on learning science topics in informal learning environments". In this study, they reported that, thanks to the writing activity, students learned how to summarize their knowledge, organize scientific thoughts by expressing them with their own words, and associate main ideas in a topic; in short, they learned how to present the information by organizing it.

In recent years, science education researchers have been deeply interested in the learning and teaching of quantum physics. It is seen that pedagogical studies of this topic





focus on conceptual learning, visualization, mathematical thinking and problem solving (Didiş, Özcan, & Abak, 2008). Some researchers (Singh, Belloni, & Christian, 2006) researched misconceptions relating to Schrodinger's wave equation. They found that these misconceptions come about as a result of wrong generalizations. Findings obtained by Mashhadi and Woolnough (1999) in their study about how high school students simulate the concepts of electron and photon in their minds indicated that students form various unscientific representations in their minds. Pospiech (2000) argues that the mathematical structure of quantum physics hides the philosophical aspect of the theory. Ireson (2000) emphasizes that mathematical structure does not lead to any problem, and the main problem is the interpretation. Ke, Monk and Duschl (2005) mentioned that students' ability to solve mathematical equations in examinations cannot be considered an indicator of their comprehension of the concepts of quantum mechanics. Singh et al. (2006) found that, even though students can solve mathematical problems, they cannot make qualitative explanations with regard to the questions.

## **PURPOSE OF THE STUDY**

1) To determine understanding levels of prospective teachers, taking the required introduction to modern physics course in university, regarding the Heisenberg uncertainty principle,

2) To research the impact of writing activities for learning purposes on academic success of prospective teachers.

## **METHODOLOGY**

### **a) Research Design**

The present study has qualitative and quantitative designs. In the present study, open-ended questions allowing teachers to freely express their opinions about the research topic and to explain their scientific thoughts in a simple way (Akgün, Gönen, & Yılmaz, 2005; Bauner & Schoon, 1993) were used. A semi-experimental research model was utilized in the present study. Within the scope of this model, a pretest and posttest with a control group were applied in order to determine opinions of students about the Heisenberg uncertainty principle, and the impact of writing activities for learning purposes on academic success. The lesson was taught by using the "verbal-written lecture" (Akdeniz, Bektaş & Yiğit, 2000) model in the groups. In addition, each student in the experimental group wrote a letter to a senior high class student to explain the Heisenberg uncertainty principle in an understandable way. On the other hand, students in the control group solved the problems relating to the Heisenberg uncertainty principle in the course book.

### **b) Sample of the Research**

The sample of the research comprised a total of 111 students, 35 students (16 male, 19 female) in the experimental group and 36 students (18 male, 18 female) in the control group, all of whom studied in 3rd year of the primary science program in an Education Faculty in a Turkish state university in the academic year 2007-2008, and 40 students (23 male, 17 female) who participated in the study just in the stage of determining the understanding level.

### **c) Application**

The methods and application stages conducted in the research process are presented below:

1) A pretest comprising open-ended questions relating to the Heisenberg uncertainty principle was administered to the groups at the beginning of the semester.

2) Examining the results of the pretest, it is seen that the arithmetical averages of the pretest scores of the groups are close to one another (3.66 and 3.75). This indicates that the difference between the scores of the groups is not at a significant level, and the groups can be considered equal ( $p=0.942$ ) before the application.

3) After teaching the topic being researched according to the program, instructions regarding the writing activity for learning purposes were distributed to the experimental group, and these instructions were read and examined by all the students. Meanwhile, necessary explanations were made, and the questions of the students were answered in detail. In the instructions, the fact that the writing must be scientific and in letter format, the person to whom and the topic on which the letter will be written, when and how it will be delivered, and how it will be assessed were explained clearly and in detail.

4) Four weeks following the explanation of instructions for the writing activity for learning purposes, the letters written to the senior high school students by the experimental group were submitted. During this time, the control group students were asked to solve the problems relating to the Heisenberg uncertainty principle in the course book.

5) The posttest was administered to both groups on the same day. Along with the posttest, additional questions were asked only to the experimental group in order to determine their opinions about the writing activity for learning purposes.

6) During the days following the posttest, interviews were conducted with some randomly chosen students following the “open-ended sensitizing interview” style (Rubin, 1983; Yıldırım & Şimşek, 2005). These interviews were about the benefits of the writing activity for learning purposes.

#### **d) Data Collection**

The data of the study were obtained by utilizing a questionnaire comprising three qualitative questions related to the topic prepared by the researchers. Prior to administering them to the research groups, a pilot study was conducted by asking the research questions to the fourth year students who took the same modern physics course a year ago. It was concluded that the questionnaire was suitable for administration. Then, it was administered to the groups before teaching the course as a pretest, and it was administered to the groups as a posttest towards the end of the semester. In addition, during the semester, a midterm covering all of the topics was conducted after the completion of the writing activities for learning purposes as required by the academic calendar. The experimental and control groups were compared by evaluating the answers given to the questions on the midterm.

#### **e) Data Analysis**

The “SPSS 13” statistical program package was used in the analysis of the research data. At the end of the application, a posttest was administered to both the experimental and control groups, and posttest scores were compared by interpreting them via two independent samples t-test. While analyzing answers given by students to qualitative questions asked in the posttest, answers were grouped according to their closeness, organized in charts, and evaluations were made. Some of the original written answers, given by students to the open-ended question “What do you think about the benefits of the writing activity for learning purposes (the letter)”, which was asked just to the experimental group along with the posttest, were scanned. They are discussed below.

## RESULT and DISCUSSION

At the end of analysis of the qualitative pretest data, it was seen that 38.2% of students could not write any equation about the Heisenberg uncertainty principle. 78.9% of the students could not make any explanation about the Heisenberg uncertainty principle. At the end of analysis of the data obtained in the examination of the impact of writing activities for learning purposes on academic success of the students while learning the topic of quantum physics is examined qualitatively, it was determined that 80.0% of the experimental group could define the Heisenberg uncertainty principle. This rate was 11.1% for the control group. The rate of students who were capable of correctly writing any equation relating to the Heisenberg uncertainty principle was 94.7% for the experimental group and 50.0% for the control group. It is striking that while 2.8% of the experimental group students could not make any scientific explanation about the symbol  $\hbar$ , this rate was 27.8% for the control group.

In the quantitative examination of the impact of writing activities for learning purposes on academic success, posttest scores of experimental and control groups were interpreted and compared using a two independent samples t-test. It was seen that results of this comparison displayed a significant difference in favor of experimental group students. Examining the results of an examination performed as required by the academic calendar after the completion of writing activities, it was seen that the experimental group has higher percentages of answering the questions asked with regard to the topic on which they wrote the letter, compared to the control group. In the comparison of experimental and control groups, these rates are in favor of the experimental group; 66.7% for the experimental group and 54.5% for the control group.

Results revealed by this study support and parallel results of previous studies conducted with regard to writing activities for learning purposes. Examining the opinions of students about writing activities for learning purposes they made with regard to the Heisenberg uncertainty principle which is a topic of quantum physics, 91.4% of them stated that the letters they wrote ensured long-term retention of scientific knowledge (Rivard & Straw, 2000) and helped to learn the abstract concepts which are normally difficult to understand (Hohenshell, Hand & Staker, 2004). Continuing to examine the positive opinions whose percentages were mentioned above: as reported in other studies (Doğan & Çavuş 2008; Uzoğlu, Günel, & Büyükkasap, 2008), it was seen that students stated that, thanks to the writing activity, they learned how to summarize their knowledge, organize scientific thoughts by expressing them with their own words, establish communication, make comments, and associate the main ideas of a topic; in short, they learned how to present the information by organizing it. Students also stated that they remembered the topics about which they wrote letters more easily. It was found that negative opinions (8.6%) resulted from the type of writing activity rather than writing activities in general. In short, those students stating negative opinions generally mentioned that writing a letter about the Heisenberg uncertainty principle, which is a topic of quantum physics, is not an appropriate writing activity for learning purposes.

In the present study, it was found that students learning the “Heisenberg uncertainty principle” via the verbal-written lecture method and writing activity for learning purposes (a letter) are more successful compared to the students learning the same topic via the verbal-written lecture method and solution of related problems. This indicates that writing activities for learning purposes can be used as an efficient activity in teaching the Heisenberg uncertainty principle. This is because these activities facilitate students’ conceptual changes (Mason & Boscolo, 2000) and enable related concepts to be constructed by students in a successful and permanent way.

## REFERENCES

- Akdeniz, A. R., Bektaş, U. & Yiğit, N. (2000). İlköğretim sekizinci sınıf öğrencilerinin temel fizik kavramlarını anlama düzeyi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19, 5-14.
- Akgün, A., Gönen, S. & Yılmaz, A. (2005). Fen bilgisi öğretmen adaylarının karışımların yapısı ve iletkenliği konusundaki kavram yanılgıları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28, 1-8.
- Bauner, M. & Schoon, I. (1993). Mapping variety in public understanding of science. *Public Understanding of Science*, 2(2), 141-155.
- Bereiter, C. (1990). Aspects of an educational learning theory. *Review of Educational Researcher*, 60(4), 603-624.
- Bereiter, C. (1994). Constructivism, socioculturalism, and Popper's World 3. *Educational Researcher*, 23(7), 21-23.
- Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1989). *Intentional learning as a goal of instruction*. In Resnick, L. B. (ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honour of Robert Glaser*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ: Erlbaum, 361-392.
- Didiş, N., Özcan, Ö. & Abak, M. (2008). Öğrencilerin bakış açısıyla kuantum fiziği: Nitel çalışma. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34, 86-94.
- Doğan, N. & Çavuş, S. (2008, Ağustos). *İnformal öğrenme ortamlarında fen konularının öğrenilmesine yazma etkinliğinin etkisi*. VIII. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulan bildiri, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.
- Hohensell, L., Hand B. & Staker J. (2004). Promoting Conceptual Understanding of Biotechnology: Writing to a younger audience. *American Biology Teacher*, 66(5), 333-338.
- Ireson, G. (2000). The quantum understanding of pre university physics students. *Physics Education*, 35(1), 15-21.
- Ke, J. L., Monk, M. & Duschl, R. (2005). Learning introductory quantum mechanics. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1571-1594.
- Klein, P. D. (1999). Reopening Inquiry into Cognitive Processes in Writing-To-Learn. *Educational Psychology Review*, 11(3), 203-270.
- Langer, J. A. & Applebee, A. N. (1987). *How writing shapes thinking: A study of teaching and learning*. Urbana, IL.: National Council of Teachers of English.
- 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.
- 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.
- Rubin, H. J. (1983). *Applied social research*. Columbus, OH: Charles E. Merrill Publishing.
- Singh, C., Belloni, M. & Christian, W. (2006). Improving students' understanding of quantum mechanics. *Physics Today*, 59(8), 43-49.
- Uzoğlu, M., Günel, M. & Büyükkasap, E. (2008, Ağustos). *Öğrenme amaçlı yazma aktivitelerindeki varyasyonun ilköğretim seviyesinde fen konularını öğrenmeye etkisi*. VIII. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulan bildiri, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2005). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.