

Sanal Deneylerin Modern Fizik Dersinde Öğrenme Etkinliği Olarak Kullanımı: Katot Işın Tüpü Sanal Deneyi Örneği*

Ertuğrul Özdemir¹

Received: 26. 05. 2019

Accepted: 31. 12. 2019

Alıntılama Önerisi: Özdemir, E. (2019). Sanal Deneylerin Modern Fizik Dersinde Öğrenme Etkinliği Olarak Kullanımı: Katot Işın Tüpü Sanal Deneyi Örneği. *Studies in Educational Research and Development, 3(2)*, 43-61.

Öz

Fizik öğretme/öğrenme sürecinde faydalanılabilecek çok sayıda etkileşimli simülasyon uygulaması internet ortamında sunulmaktadır, fakat bu simülasyonların çoğunun deneyler ile fizik kuramları arasındaki bağı gösteremeyen etkileşimli grafik uygulamaları olduğu bilinmektedir. Öte yandan sanal deneylerin, fizik kuramlarının deneysel veriye dayalı olarak öğrenilmesine anlamlı katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Çünkü bilgisayar ekranında laboratuvardaki gerçek düzeneğin benzeri olan sanal bir deney düzeneği üzerinde değişken manipülasyonu yapmaya olanak tanıyan sanal deneylerin fizik kuramlarıyla deneyler arasındaki ilişkiyi başarıyla gösterebileceği öngörülmektedir. Bu çalışma, elektronun keşfi ve modern fizik kuramlarından Thomson Atom Modelinin deneysel bulgulara ve sorgulamaya dayalı olarak öğretiminde kullanılabilecek bir sanal deney geliştirmeyi ve öğrencilerin bu sanal deneye verecekleri tepkiyi incelemeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, araştırma kapsamında katot ışın tüpü sanal deneyi geliştirilip modern fizik dersi alan bir grup üniversite öğrencisine uygulanmış ve bir dizi açık uçlu soru ile toplanan veriler nitel içerik analizi ile çözümlenmiştir. Elde edilen bulgulara dayalı olarak, bu araştırma kapsamında geliştirilen katot ışın tüpü sanal deneyinin, öğrencilerin, elektrik iletimi esnasında pozitif ve negatif yüklerin davranışlarını ve Thomson atom modelini kavramalarına katkı sağladığı sonucuna ulaşılmış ve ayrıca öğrencilerin sanal deneyin karmaşık ve soyut buldukları modern fizik konularını sadeleştirip somutlaştırarak anlaşılır hale getirdiğini düşündükleri anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sanal deney, sanal laboratuvar, e-öğrenme, modern fizik, fizik eğitimi, katot ışın tüpü.

* Bu çalışmanın bir kısmı Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresinde (UFBMEK 2016) sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

¹ ORCID: 0000-0002-6057-5944, Dr. Öğr. Üyesi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Temel Eğitim Bölümü, eozdemir@artvin.edu.tr

Abstract

Many interactive simulations that may be used in physics teaching/learning process are available online, however most of these simulations are interactive graphics applications that may not present the relationship between experiments and theories sufficiently. On the other hand, it is claimed that virtual experiments may have significant contribution in learning physics theories based on experimental data. Because, virtual experiments that provide opportunity to manipulate variables on real-like experimental setup on the computer screen may successfully demonstrate the relationship between experiments and physics theories. This study aims to create and evaluate a virtual experiment that may be used for teaching discovery of electron and Thomson atomic model based on experimental data and scientific inquiry. In this context, a virtual experiment of cathode ray tube was created and implemented to group of undergraduate science education students who study modern physics course. Qualitative data obtained from several open-ended questions was analyzed with qualitative content analysis. In this study, with respect to findings obtained from students' responses, it was concluded that cathode ray tube virtual experiment make a meaningful contribution to comprehend Thomson atomic model and the behaviors of positive and negative charges in the atoms of current carrying wires. In addition, students seem to think that virtual experiments make complex and abstract modern physics concepts simpler and more concrete.

Keywords: Virtual experiment, virtual laboratory, e-learning, modern physics, physics education, cathode ray tube.

Giriş

Günümüzde dünyada ve Türkiye'de uzaktan eğitim uygulamalarının yüksek öğretim düzeyinde fizik eğitiminde yaygın olarak kullanılmaya başlandığı gözlemlenmektedir. İnternet ortamında fizik öğretiminde yararlanılabilecek çok sayıda simülasyon uygulaması bulunmasına rağmen, bunların çoğunun deneyler ile fizik kuramları arasındaki ilişkiyi yeterli ölçüde açıklayamayan etkileşimli grafik uygulamaları olduğu (Zhou, Han, Pelz, Wang, Peng, ve diğerleri, 2011) ve ayrıca bazı etkileşimli simülasyonların taklit ettiği doğa olayını aşırı sadeleştirerek görsel açıdan yanıltıcı olabildiği (Zhang, 2010) bilinmektedir. Fakat, bilgisayar ortamında gerçek laboratuvar düzeneğine benzeyen sanal bir düzenekteki sanal malzeme ve ölçüm araçları ile değişken manipülasyonu yapmaya imkan sağlayan sanal deneylerin fizik kavramlarının öğrenilmesinde soyut grafik simülasyonlarından daha etkili olabileceği düşünülmektedir (Zhou ve diğerleri, 2011). Bu bağlamda, bu çalışma ülkemizde laboratuvar etkinlikleri ile yeterli düzeyde desteklenemeyen modern fizik dersindeki kavramların öğretiminde kullanılabilecek bir sanal deney örneği

geliştirmeyi ve bu sanal deneyin öğrencilerde oluşturduğu izlenimi incelemeyi amaçlamaktadır.

Sanal deneyin, alanyazında çeşitli tanımları bulunmaktadır. De Jong, Linn ve Zacharia (2013) sanal deneyi, gözlem veya ölçümlerin simüle edilmiş laboratuvar araç-gereçleriyle gerçekleştirildiği bir bilgisayar yazılımı şeklinde tanımlamıştır. Benzer bir şekilde, sanal deney, öğrencilerin bilgisayar ortamında fare ve klavye vasıtasıyla deney malzemelerini temsil eden sanal objeleri kullandığı görsel bir öğrenme ortamı olarak tanımlanmıştır (Yi, Jian-Jun ve Shao-Chun, 2005). Ayrıca, Kim, Park, Lee, Yuk ve Lee (2001)'e göre sanal deney, öğrencilerin bilgisayar ortamında üretilmiş etkileşimli bir düzenele deney yaptığı bir çoklu-ortam uygulamasıdır. Benzer biçimde, Couture (2004) sanal deneyi, içinde laboratuvar düzeneklerinin gerçekçi görsellerini barındıran simülasyon temelli öğrenme bir ortamı şeklinde tanımlamıştır. Alanyazındaki bu tanımlara dayalı olarak bu çalışmada sanal deney, öğrencilere sanal laboratuvar malzemeleri ile kurulmuş sanal bir deney düzeneğiyle bilimsel sorgulama yapma olanağı sağlayan öğrenme/ öğretim amaçlı bir bilgisayar yazılımı şeklinde tanımlanmıştır.

Sanal deneylerin fizik kavramlarının öğrenilmesine yönelik çeşitli faydaları alanyazında ifade edilmiştir. Örneğin, Jeschke, Richter, Scheel ve Thomsen (2007)'ye göre sanal deneyler, manipüle edilebilen sanal düzeneklere sahip oldukları için öğrencilerin deneyler ile fizik kuramları arasındaki ilişkileri incelemelerine zaman ve mekan sınırlaması olmaksızın fırsat tanımaktadır. Buna ek olarak, Bozkurt ve Sarıkoç (2008) çoğunlukla grup çalışması şeklinde gerçekleştirildiği için tüm öğrencilerin etkin bir biçimde katılmadığı gerçek deneylerin aksine sanal deneylerin tüm öğrencilere bireysel olarak deney yapma olanağı sağladığını belirtmiştir. Ayrıca, Ip ve Canale (1996)'ya göre, sanal deneyler sürtünmesiz yüzey gibi gerçek hayatta var olması imkansız olan bazı düzenekleri bilgisayar ortamında kolayca mümkün kılabilir. Ayrıca, Chen (2010) sanal deneylerin öğrencilerin düzeneği kurma prosedüründeki karmaşık teknik detaylara takılmadan altta yatan asıl fiziksel kurama odaklanmalarını sağladığını ifade etmiştir. Bunlara ek olarak, bilgisayar oyunlarına benzeyen etkileşimli yapısı sayesinde sanal deneyler, öğrencilerin fizik derslerine yönelik ilgi ve motivasyonunun artırılmasına yardımcı olabilir ve ayrıca sanal deneyler çok maliyetli olabilen gerçek laboratuvar malzemelerine göre oldukça ekonomik bir çözümdür (dos Santos, Guetl, Bailey ve Harward, 2010). Benzer bir şekilde, Bozkurt ve Sarıkoç (2008)'e göre sanal laboratuvar etkinlikleriyle öğrenciler,

geleneksel laboratuvar deneyleri ile öğrenebilecekleri pek çok fizik kavramını daha kısa sürede ve daha ucuz maliyetle öğrenebilirler.

Alanyazında sanal deneylerin yukarıda belirtilen faydalarının yanı sıra bazı sakıncaları da tartışılmıştır. Öncelikle, uygun bir pedagojik stratejiye dayandırılmayan sanal deney ve diğer öğretim teknolojilerinin kullanımı öğretim sürecinde önemli bir öğretimsel kazanımla sonuçlanmayabilir (Singh, Belloni ve Christian, 2006). Buna ek olarak, pek çok öğrenci gerçek araç gereçlerle kurulmuş deney düzeneğine yeterince benzemeyen, başka bir ifadeyle gerçekçi bir şekilde tasarlanmamış sanal deneyleri inandırıcı bulmamaktadır (Couture, M., 2004). Ayrıca, Linn, Chang, Chiu, Zhang ve McElhaney (2011) fen eğitiminde kullanılan aşırı basitleştirilmiş ve sadeleştirilmiş animasyon, simülasyon ve sanal deneylerin öğrencileri ilgili doğa olayına ilişkin yanıtlayabileceğini ve bu nedenle bu öğretici ortamların ilgili doğa olayının karmaşık yapısını belirli ölçüde içermesi gerektiğini ifade etmiştir.

Bu çalışmanın amacı, modern fizik dersinde e-öğrenme etkinliği olarak kullanılmak üzere katot ışın tüpü düzeneği, elektronun keşfi ve Thomson atom modeli ile ilgili bir sanal deney geliştirmek ve öğrencilerin bu sanal deneye yönelik görüşlerini incelemektir. Yukarıda alanyazın tartışmasında belirtilen avantajlarına dayalı olarak ve dezavantajlarını göz önünde bulundurarak geliştirilen sanal deneyin, elektronun keşfi ve Thomson atom modeli konusunu öğrenmeye katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yöntem

Bu çalışma genel anlamda, lisans düzeyinde sürdürülmekte olan modern fizik dersi kapsamında kullanılacak bir e-öğrenme etkinliği geliştirmeyi ve öğrencilerin bu etkinliğe tepkisini incelemeyi amaçlayan bir örnek olay araştırmasıdır. Bu araştırma kapsamında öncelikle katot ışın tüpü sanal deneyi geliştirilmiştir. Sonra, geliştirilen sanal deney modern fizik dersi alan bir grup öğrenciye uygulanmıştır. Sanal deney uygulaması öncesinde ve sonrasında öğrencilere tellerde elektrik akımının iletilmesini sağlayan taneciklerin doğası ve J. J. Thomson'ın atom modeli ile ilgili açık uçlu sorular sorulmuştur. Öğrencilere ayrıca sanal deneylerin öğrenme/öğretme sürecinde kullanımına yönelik olumlu/olumsuz görüşlerini ve önerilerini almak için açık uçlu sorulardan oluşan bir görüş ve öneri formu uygulanmıştır. Öğrencilerin

tüm bu açık uçlu sorulara verdikleri yanıtlar nitel içerik analizi ile çözümlenmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler katot ışın tüpü sanal deneyini iyileştirmek ve sanal deneylerin öğrenme/öğretme sürecinde kullanımında dikkat edilecek hususları ortaya çıkarmak için kullanılacaktır.

Katılımcılar

Bu araştırmanın katılımcılarını, uygun örnekleme yöntemi ile seçilmiş, yüksek öğrenim düzeyinde fen bilgisi öğretmenliği programında modern fizik dersi almakta olan bir grup üniversite ikinci sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Bu grup 12'si kadın 10'u erkek olmak üzere toplam 22 katılımcı içermektedir. Tablo 1. katılımcıların numaralarını ve cinsiyetlerini göstermektedir.

Tablo 1. Katılımcıların Numaraları ve Cinsiyetleri

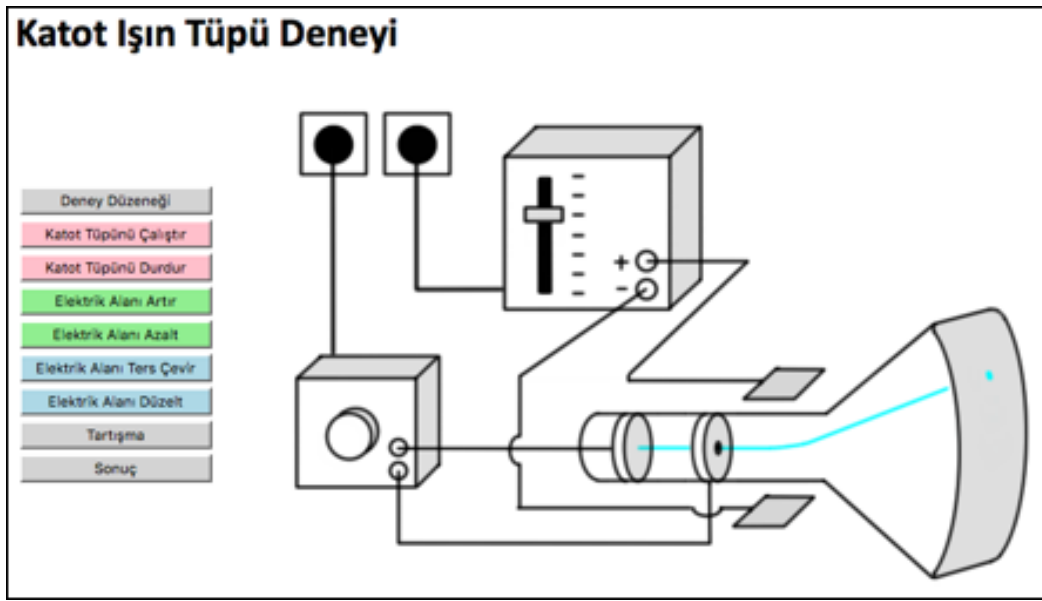
Numara	Cinsiyet	Numara	Cinsiyet	Numara	Cinsiyet
Ö1	K	Ö9	K	Ö17	E
Ö2	K	Ö10	K	Ö18	E
Ö3	K	Ö11	E	Ö19	E
Ö4	E	Ö12	K	Ö20	K
Ö5	K	Ö13	K	Ö21	E
Ö6	K	Ö14	K	Ö22	E
Ö7	E	Ö15	K		
Ö8	E	Ö16	E		

Katot Işın Tüpü Sanal Deneyi

J. J. Thomson tarafından 20. yüzyılın başlarında gerçekleştirilen ve iletken tellerde elektrik akımının düşük kütleli ve negatif yüklü taneciklerle taşındığı bulgusuyla sonuçlanan katot ışın tüpü deneyi bilim tarihinin önemli kilometre taşlarından biridir (Niaz, 1998). Daha sonra elektron olarak adlandırılacak olan bu negatif yüklü taneciklerin keşfi üzümli kek analogisiyle tanınan Thomson atom modelinin doğmasını sağlamıştır. Bu keşifle birlikte atom fikri bilardo topu gibi belirli bir iç yapısı olmayan taneciklerden içinde negatif yüklü elektronlar barındıran bir yapıya

dönüşmüştür. Bu çalışma elektronun keşfi ve Thomson atom modelini öğretme/ öğrenme sürecine katkı sağlayacak bir sanal deney geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Öncelikle gerçek katot ışın tüpü deney düzenekleri incelenmiş ve öğrenmeyi olumsuz yönde etkileyebilecek teknik ayrıntılar dahil edilmeyecek şekilde sadeleştirilmiş bir deney düzeneği çizilmiştir. Sonraki aşamada, bu ana çizimden deney esnasında düzeneğin bulunabileceği tüm durumlar türetilmiştir. Örneğin, elektrik alan plakalarının bağlı olduğu güç kaynağının tüm kademeleri ve buna göre katot ışınının tüm sapma ihtimalleri ana çizimden ayrı ayrı türetilmiştir. Daha sonra, html ve javascript kodları yazılarak hangi koşullarda hangi çizimin gösterileceğini yöneten bir html dosyası üretilmiştir. Herhangi bir internet gezgini (ör. Chrome) ile görüntülenebilen bu dosya daha sonra bir ftp yazılımı ile internette yayımlanarak katılımcıların kullanımına sunulmuştur. Şekil 1 bu çalışma kapsamında üretilen katot ışın tüpü sanal deneyinin ekran görüntüsünü göstermektedir.



Şekil 1. Katot Işın Tüpü Sanal Deneyinin Ekran Görüntüsü

Şekil 1’de de görüldüğü gibi, katot ışın tüpü sanal deneyi bir katot ışın tüpü ve biri katot ışın tüpüne diğeri de elektrik alan plakalarına güç sağlayan iki güç kaynağından oluşmaktadır. Öğrenciler soldaki butonları kullanarak, deney düzeneği hakkında bilgi alabilir, katot tüpünü çalıştırıp durdurabilir, elektrik alanı artırıp azaltabilir ve elektrik alanı ters çevirebilir. Öğrenciler bu butonlarla ayrıca düzenek

ve bulgularla ilgili tartışma sorularına bakabilir ve bu deneyle Thomson atom modeli arasındaki ilişkiyi sonuç bölümünde okuyabilir.

Veri Toplama Araçları ve Analizler

Bu araştırma kapsamında iletken teller üzerinde elektrik akımının iletilmesini sağlayan taneciklerin (elektronların) doğası ve Thomson'un atom modeli hakkında altı adet açık uçlu sorudan oluşan bir test geliştirilmiştir. Bu açık uçlu testin soruları fizik tarihinin önemli kilometre taşlarından biri olan katot ışın tüpü deneyinin sonuçlarını kapsayacak şekilde hazırlanmıştır. Bu bağlamda, elektrik akım taşıyıcıları olan elektronların yük ve kütle özellikleri ile Thomson Atom Modelinin yapısına ilişkin taslak açık uçlu sorular hazırlanmış ve bu soruların yüzeysel ve kapsam geçerliğine dair bir fizik uzmanından görüş alınmıştır. Test uygulanmadan önce uzman görüşüne dayalı olarak sorular güncellenmiş ve uygulamaya hazır hale getirilmiştir. Sanal deney etkinliğinden önce ve sonra katılımcılara uygulanan bu test ile öğrencilere yöneltilen sorular aşağıdaki tabloda listelenmiştir.

Tablo 2. Elektrik Akım Taşıyıcılarının Doğası ve Thomson Atom Modeline Yönelik Sorular

Sorular
1. Bir elektrik devresindeki iletken tellerde elektrik akımını iletilmesini sağlayan tanecik nedir?
2. İletken tellerde elektrik akımının iletilmesini sağlayan taneciklerin elektrik yükü nedir?
3. İletken tellerde elektrik akımının iletilmesini sağlayan taneciklerin toplam kütlesi ile telin toplam kütlesi arasında nasıl bir büyüklük ilişkisi bulunmaktadır?
4. Elektrik akımının iletilmesini sağlayan tanecikler elektrik iletimi esnasında nasıl davranır? Neden?
5. Elektrik akımının iletilmesini sağlayan taneciklere zıt yüklü olan tanecikler elektrik iletimi esnasında nasıl davranır? Neden?
6. Thomson Atom Modelini (Üzümlü Kek) açıklayınız.

Bu çalışmada yukarıdaki tabloda tanıtılan Thomson Atom Modeline Yönelik Testin yanı sıra açık uçlu görüş ve öneri sorularından oluşan Sanal Deney Görüş Formu da geliştirilmiştir. Sanal deney etkinliğinden sonra katılımcılardan bazılarında uygulanan bu form ile öğrencilere yöneltilen sorular aşağıdaki tabloda listelenmiştir. Katılımcılardan bu sorulara ayrı ayrı yanıt vermeleri istenmemiştir, bunun yerine bu sorulara yanıtlarını içeren bir kompozisyon yazmaları istenmiştir.

Tablo 3. Sanal Deney Görüş Formu Soruları

Sorular
1. Sizce sanal deneyin öğrenme sürecine yönelik avantajları nelerdir? Açıklayınız.
2. Sizce sanal deneyin öğrenme sürecine yönelik dezavantajları nelerdir? Açıklayınız.
3. Sizce uygulamış olduğunuz sanal deney nasıl daha iyi hale getirilebilir?

Thomson Atom Modeline Yönelik Testin ve Sanal Deney Görüş Formunun uygulanmasından elde edilen veriler nitel içerik analizi ile çözümlenmiş ve elde edilen bulgulara dayalı olarak sanal deneyin öğrenmeye ne şekilde katkı sağlayabileceğine yönelik sonuç çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu veri toplama araçlarından elde edilen verinin nitel içerik analizi bulguları ve bu bulgulara dayalı tartışmalar sonraki başlıklar altında sunulmuştur.

Bulgular

Bu bölümde sırasıyla katılımcıların önceki bölümde tanıtılmış olan Thomson atom modeline yönelik açık uçlu sorulara verdikleri yanıtların ve sanal deneye yönelik açık uçlu görüş ve öneri sorularını yanıtlamak için yazdıkları kompozisyonların nitel içerik analizi sonucunda elde edilen bulgular sunulmuştur.

Thomson Atom Modeline Yönelik Testten Elde Edilen Bulgular

Katılımcılara Thomson atom modeline yönelik test kapsamında sanal deney uygulamasından önce ve sonra altı açık uçlu soru yöneltilmiş ve katılımcıların bu sorulara verdikleri yanıtlar incelenerek öncelikle doğru yanıtların betimsel

istatistikleri hesaplanmıştır. Uygulama öncesi ve sonrası doğru yanıtların betimsel istatistikleri Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4. Uygulama Öncesi ve Sonrasında Doğru Yanıtların Betimsel İstatistikleri

Sorular	Uygulama Öncesi		Uygulama Sonrası	
	#	%	#	%
1	20	91	22	100
2	15	68	21	95
3	4	18	12	55
4	3	14	8	36
5	3	14	14	64
6	3	14	14	64

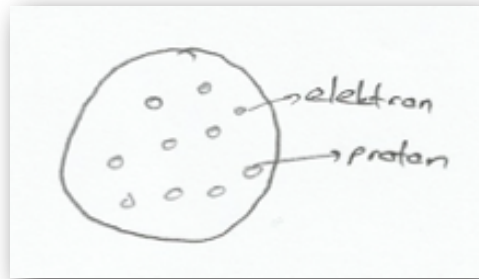
Yukarıdaki tabloda da görüldüğü gibi sanal deney uygulamasından sonra tüm sorularda doğru yanıtların oranı artmıştır. Ancak, bu araştırma doğru yanıtların betimsel istatistiklerinin ötesinde özellikle yanlış yanıtların nitel anlamlarına odaklanmıştır. Tablo 5, sanal deney uygulamasından önce ve sonra katılımcıların yanlış yanıtları özetlemektedir.

Tablo 5. Uygulama Öncesi ve Sonrasında Yanlış Yanıtlar

Sorular	Uygulama Öncesi Yanlış Yanıtlar	Uygulama Sonrası Yanlış Yanıtlar
1	Ampermetre (Ö6), Elektron ve proton (Ö20)	-
2	Negatif ve pozitif (Ö20), Pozitif (Ö15, Ö17)	-
3	-	-
4	Pozitif yüklü gibi davranır (Ö6), Çarpışmalar (Ö7, Ö11)	Hareketsizdirler (Ö1), Çarpışmalar (Ö8, Ö16), Pozitiften negatife doğru hareket ederler (Ö9)
5	Pozitif ve negatif yükler zıt yönlerde hareket eder (Ö15), Pozitiften negatife doğru hareket eder (Ö17)	Birbirine zıt yönlerde hareket ederler (Ö21)
6	Güneş Sistemi (Ö2, Ö7, Ö8, Ö16), Pozitif ve negatif yükler birbirini iter ve ayrı yönlerde toplanır (Ö6, Ö12), Pozitif ve negatif yüklü tanecikler atomda homojen dağılır (Ö1, Ö5, Ö9, Ö11, Ö15, Ö20)	Güneş Sistemi (Ö7, Ö8), Pozitif ve negatif yüklü tanecikler atomda homojen dağılır (Ö18)

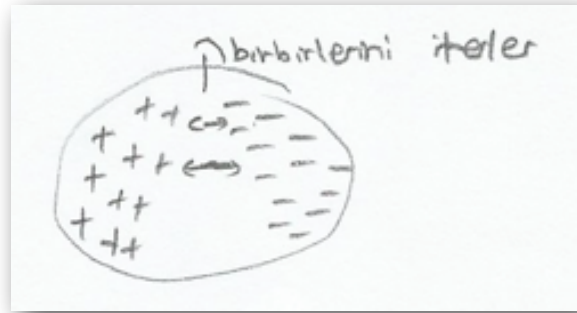
Yukarıdaki tabloda da görüldüğü üzere, sorulan açık uçlu sorulara sanal deney uygulamasından önce verdikleri yanlış yanıtlar incelendiğinde, katılımcıların en çarpıcı görüşlerinden biri elektrik iletimini hem pozitif hem de negatif yüklerin sağladığı görüşüdür. Bu bağlamda Ö15 ilgili soruya "İki zıt yük birbirini çeker. (+) yük ile (-) yük ayrı yönde hareket eder" şeklinde yanıt vermiştir. Katılımcıların iletken tellerde elektrik iletimi ile ilgili diğer bir yanlış görüşü yük taşıyıcı taneciklerin pozitif yüklü olduğu ve pozitiften kutuptan negatif kutuba doğru hareket ettikleri görüşüdür. Bu bağlamda Ö17 ilgili soruya "pozitif taraftan negatif tarafa doğru hareket eder" şeklinde yanıt vermiştir. Katılımcıların elektrik iletimi esnasında yüklerin nasıl davrandığına ilişkin ilgi çekici yanlış görüşlerinden bir diğeri de negatif yüklerin elektrik iletimi esnasında çarpıştıkları görüşüdür (Ö7, Ö11). Bu katılımcılar elektrik iletimi esnasında negatif yüklerin, aralarındaki itme kuvvetinden dolayı çarpışma ihtimallerinin düşük olduğunu tahmin edememiştir. Bu yanıtlar katılımcıların geçmiş fizik öğrenimleri kapsamında iletken tellerde elektrik akımı ile atomun yük yapısı arasındaki ilişkiyi Thomson atom modeli ve diğer tüm atom modelleri çerçevesinde kavrayamadıklarını göstermektedir.

Sanal deney uygulamasından önce Thomson atom modeli ile ilgili sorulan açık uçlu soruyu öğrencilerin çok büyük bir bölümünün yanlış yanıtladığı anlaşılmıştır (Bkz. Tablo 4). Bu bağlamda Ö1, Ö5, Ö11, Ö15 ve Ö20 bu sorunun yanıtı olarak pozitif ve negatif yüklü taneciklerin atomda karışık, düzensiz veya homojen dağıldıklarını ifade etmiştir, benzer bir biçimde Ö1 çizdiği şekilde bazı üzümleri negatif bazı üzümleri ise pozitif yüklü olarak resmetmiştir (Bkz. Şekil 2). Atomdaki pozitif ve negatif yüklerin benzer yapıda olduğunu iddia eden bu yanıtlar, katılımcıların Thomson atom modelinin katot ışın tüpü deneyinde yalnızca katot ışını oluştuğu ve anot ışını gözlemlenmediği bulgusuna dayalı olarak kurulduğunu bilmediklerine işaret etmektedir.



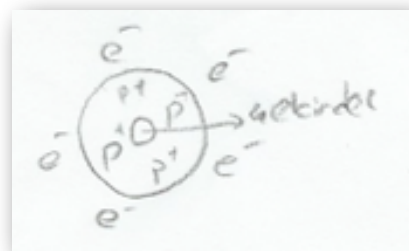
Şekil 2. Ö1 Numaralı Katılımcının Atom Çizimi

Katılımcıların Thomson atom modeline ilişkin çarpıcı yanlış görüşlerinden bir diğeri atom içinde pozitif ve negatif yüklerin birbirlerini iterek ayrı bölgelerde toplanması görüşüdür (Ö6, Ö12). Örneğin Ö12 Thomson atom modelini betimlediği çiziminde pozitif ve negatif yükleri ayrı bölgelerde toplanmış olarak resmetmiştir (Bkz. Şekil 3). Bu çizimle temsil edilen görüş bu katılımcıların yükler arasındaki kuvvet etkileşimini bilmediklerini veya bu etkileşimi atom bağlamına aktaramadıklarını göstermektedir.



Şekil 3. Ö12 Numaralı Katılımcının Atom Çizimi

Thomson atom modeli ile ilgili katılımcıların diğeri bir yanlış görüşü de atomu çekirdek etrafında dönen elektronlarla tasvir eden görüşleridir. Soru metninde üzümlü kek ifadesi kullanılmasına rağmen, bazı öğrenciler (Ö2, Ö7, Ö8, Ö16) bu soruya verdikleri yanıtlarda yazıyla veya çizimle bir çekirdek etrafında dönen elektronlar tasvir etmiştir. Ö2 numaralı katılımcının çizimi bu görüşe örnek verilebilir (Bkz. Şekil 4). Bu yanıtlardan anlaşılmaktadır ki bu öğrenciler Thomson ve Rutherford atom modellerini birbirine karıştırmaktadır.



Şekil 4. Ö2 Numaralı Katılımcının Atom Çizimi

Öğrencilerin çoğunun daha önce yanlış yanıtladığı, iletken tellerde elektrik iletimi esnasında pozitif yüklerin nasıl davrandığına yönelik sorulan soruya sanal deney uygulamasından sonra verdikleri yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin büyük

çoğunluğunun elektrik iletimi esnasında yalnızca negatif yüklerin hareketli, pozitif yüklerin ise sabit olduğunu ifade ettikleri gözlemlenmiştir. Thomson atom modeli hakkındaki soruya sanal deney uygulamasından sonra verdikleri yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin çoğunluğunun kekin pozitif yükü, üzümlerin ise negatif yüklü tanecikleri temsil ettiği yazılı veya şekilli yanıtlarla karşılaşılmaktadır. Bu yanıtlardan anlaşılmaktadır ki katot ışın tüpü sanal deney uygulamasından sonra öğrenciler Thomson atom modelini daha iyi kavramaya başlamışlardır. Öte yandan, az sayıda öğrencinin bu soruya verdikleri yanıtlarda bazı üzümleri negatif bazı üzümleri ise pozitif yüklü olarak tasvir etmeye (Ö18) ve atomu güneş sistemine benzetmeye (Ö7, Ö8) devam ettikleri anlaşılmıştır. Bu öğrenciler için katot ışın tüpü sanal deneyinin deneysel bulgularla Thomson atom modeli arasındaki ilişkiyi yeterli düzeyde açıklayamadığı görülmektedir.

Sanal Deneye Yönelik Görüşler

Katılımcıların sanal deneyden sonra uygulanan sanal deney görüş ve öneri formundaki soruları yanıtlamak için yazdıkları kompozisyonlarda beyan ettikleri görüş ve öneriler incelenmiş ve benzer görüş ve öneriler belirli temalar altında gruplandırılarak bu verinin içindeki anlamlı desenler ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Öncelikle, sanal deney görüş ve öneri formunda ayrı bir soru olarak sorulmasa da katılımcılar modern fizik dersindeki öğrenme ortamına ilişkin büyük oranda olumsuz olan görüşlerini formda ifade etmişlerdir. Özetle, fen bilgisi öğretmenliği programında öğrenim gören katılımcıların büyük bir kısmı modern fizik dersini “karmaşık, soyut, zor, sıkıcı, ezbere dayalı” bulduklarını belirtmişlerdir. Buna ek olarak bir katılımcı bu dersle ilgili görüşünü “modern fizik dersinde deneylerden hiç bahsedilmiyor” şeklinde belirtmiştir. Ayrıca başka bir katılımcı da dersle ilgili görüşünü “Modern fizik dersinde konular havada kalıyor” şeklinde ifade etmiştir. Bu görüşler, fizik gibi tamamen deneye ve gözleme dayalı bir bilim dalının deneylere yer verilmeden öğretilmeye çalışıldığında soyut ve ezbere dayalı bilgiler yığını şeklinde algılanabileceğini göstermektedir. Tablo 6 öğrencilerin sanal deney görüş ve öneri formundaki soruları yanıtlamak için yazdıkları kompozisyonlarda beyan ettikleri görüş ve önerileri çeşitli temalar altında özetlemektedir.

Tablo 6. Öğrencilerin Sanal Deneye İlişkin Görüşleri

Tema	Açıklama	Katılımcılar
Faydalılık	Bu tema sanal deneyi öğretici, faydalı, başarılı ve verimli bulduğunu belirten öğrencilerin yanıtlarıyla oluşturulmuştur.	Ö2, Ö5, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö12, Ö19, Ö22
Anlaşılabilirlik	Bu tema sanal deneyin karmaşık konuları basitleştirerek ve soyut kavramları somutlaştırarak konuyu daha anlaşılır hale getirdiğini ifade eden öğrencilerin yanıtlarıyla oluşturulmuştur.	Ö1, Ö2, Ö9, Ö10, Ö12, Ö15, Ö19, Ö22
Kalıcı Öğrenme	Bu tema sanal deney yardımıyla gerçekleşen öğrenmelerin daha kalıcı olduğunu ifade eden öğrencilerin yanıtlarıyla oluşturulmuştur.	Ö1, Ö5, Ö19
Manipülatiflik	Bu tema sanal deneyin değiştirilebilir, yükseltilebilir, düşürülebilir, oynanabilir ve öğrenci merkezli doğasının avantaj sağladığını belirten öğrencilerin yanıtlarıyla oluşturulmuştur.	Ö1, Ö7, Ö12
Uygulama	Bu tema sanal deneyin kuramsal bir ders olan modern fizik dersine uygulama olanağı sunduğunu ifade eden öğrencilerin yanıtlarıyla oluşturulmuştur.	Ö5, Ö7, Ö22

Yukarıdaki tabloda birden fazla öğrenci tarafından dile getirilen benzer görüşler çeşitli temalar şeklinde gruplanmıştır, yalnızca birer öğrenci tarafından beyan edilmiş “eğlenceli, dikkat çekici, heyecanlı ve düşündürücü” gibi görüşler ise tabloya dahil edilmemiştir. Görüldüğü üzere, en belirgin temalar sanal deneyin öğrenme sürecinde faydalı, verimli ve başarılı olduğunu ifade eden “Faydalılık” ile bu temanın nedenini açıklayan ve sanal deneyin zor konuları daha anlaşılır hale getirdiğini belirten “Anlaşılabilirlik” temaları olduğu gözlemlenmiştir.

Katılımcıların sanal deney görüş ve öneri formundaki soruları yanıtlamak için yazdıkları kompozisyonlarda sanal deney uygulamasının nasıl daha iyi hale getirilebileceğine ilişkin görüşleri incelendiğinde, bazı öğrencilerin (Ö2, Ö5, Ö15) sanal deneylerin, teorik bir ders olan modern fiziğin tüm konularını kapsayacak şekilde yaygınlaştırılmasını talep ettikleri gözlemlenmiştir. Öte yandan, bir öğrenci (Ö2) sanal deneylerin hazır düzeneğe dayalı değil düzeneği öğrencinin kuracağı bir biçimde tasarlanması gerektiğini ifade etmiştir. Ayrıca, başka bir öğrenci (Ö22) de sanal deneylerin gerçek deney düzeneğinin video görüntülerini içermesinin uygun olacağını belirtmiştir. Bu yanıtlar sanal deneylerin modern fizik dersinde uygulama eksikliğini gidermeye katkı sağlayabileceğini ve öte yandan sanal deney tasarımında

etkileşim seviyesinin ve gerçekçiliğın artırılmasının daha uygun olacağı anlamına gelmektedir.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Öğrencilere sanal deney uygulamasından önce sorulan açık uçlu sorulardan elde edilen nitel veri çözümlendiğinde, öğrencilerin özellikle, iletken tellerde elektrik iletimi esnasında pozitif yüklerin davranışları ile ilgili yanlış veya eksik bilgilere sahip oldukları gözlemlenmiştir. Thomson atom modeli ile ilgili bu yanlış görüşler arasında en belirgin olanı pozitif ve negatif yüklü taneciklerin atom içinde rastgele, düzensiz veya homojen dağıldığına dair görüştür. Bu görüş öğrencilerin öğrenim hayatları boyunca atomu, atom altı taneciklerden oluşan bir yapı olarak öğrenmiş olmalarından kaynaklanıyor olabilir. Oysa katot ışın tüpü deneyinde katot ışını üretilemediği fakat anot ışını üretilemediği bulgusuna dayalı olarak Thomson kendi modelini, negatif yüklerin atomdan kopabilen tanecikler (üzümler), pozitif yükün ise atomun hacimsel varlığını oluşturan bir ortam (kek) olduğu bir yapı şeklinde tasarlamıştır. Katılımcıların, pozitif ve negatif yüklerin atomda düzensiz olarak dağılan ayrı tanecikler olduğuna ilişkin görüşleri Thomson atom modelinin, çekirdeğin ve protonların henüz keşfedilmediği dönemde kurulmuş bir model olduğunu da bilmediklerini göstermiştir. Katılımcıların Thomson atom modelini Rutherford'un güneş sistemine benzeyen atom modeliyle aynı şekilde tasvir ettikleri yanıtları da bu yargıyı desteklemektedir. Öğrencilere sanal deney uygulamasından sonra sorulan açık uçlu sorulardan elde edilen nitel veri incelendiğinde ise, genel olarak, bu araştırma kapsamında geliştirilen katot ışın tüpü sanal deneyinin, öğrencilerin elektrik iletimi esnasında pozitif ve negatif yüklerin davranışlarını ve Thomson atom modelini kavramalarına katkı sağladığı anlaşılmıştır. Ulaşılan bu sonuca dayalı olarak, geliştirilen katot ışın tüpü sanal deneyinin, bu makalenin giriş kısmında Zhou ve diğerleri (2011) tarafından ifade edilen bilgisayar tabanlı etkileşimli grafik simülasyonları şeklinde tasarlanan e-öğrenme etkinliklerinin, deneyler ile fizik kuramları arasındaki ilişkiyi yeterince kuramaması probleminin çözümüne de katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Sanal deney uygulamasından sonra uygulanan açık uçlu görüş ve öneri formundaki soruları yanıtlamak için katılımcılar tarafından yazılan kompozisyonlarda, formda sorulmadığı halde, modern fizik dersinin karmaşık, zor, soyut, sıkıcı ve ezbere dayalı olarak betimlendiği gözlemlenmiştir. Bu çarpıcı bulgu, maddenin günlük hayatta

sıklıkla karşılaşılmayan davranışlarını tartışan modern fizik dersi için, soyut gibi görünen modern fizik kavramlarının somut kaynakları olan deneylerin ne denli gerekli olduğuna dair bir alarm niteliğindedir. Bu çalışmada, gerçek deneylerin yerini tutmasa da sanal deneylerin modern fizik dersindeki uygulama eksikliğini belirli ölçüde giderebildiği görülmüştür. Ayrıca, Bozkurt ve Sarıkoç (2008)'in de ifade ettiği üzere, modern fizik laboratuvarı kurmanın maliyeti göz önünde bulundurulduğunda sanal deneylerin modern fizik dersindeki uygulama eksikliğini giderilmesine yönelik ekonomik bir çözüm olduğu söylenebilir.

Katılımcılara sanal deney uygulamasından sonra sorulan açık uçlu görüş ve öneri sorularını yanıtlamak için yazılan kompozisyonlardan elde edilen nitel verinin çözümlenmesi sonucunda gözlemlenen en belirgin tema sanal deneylerin karmaşık ve soyut fizik kavramlarını sadeleştirip somutlaştırarak anlaşılır hale getirdiğine ilişkin görüştür. Bu bulgu, Jeschke, Richter, Scheel ve Thomsen (2007) tarafından dile getirilen sanal deneylerin manipülatif düzenekler vasıtasıyla öğrencilerin deneyler ile fizik kuramları arasındaki ilişkileri incelemelerine fırsat tanıdığı görüşü ve Chen (2010) tarafından ifade edilen sanal deneylerin öğrencilerin düzenekteki karmaşık teknik detaylara takılmadan altta yatan asıl fiziksel kurama odaklanmalarını sağladığı görüşü ile paralellik göstermektedir. Buna ek olarak, sanal deney görüş ve öneri formunu yanıtlamak için yazılan kompozisyonların analizi sonucunda gözlemlenen bir diğer çarpıcı tema ise sanal deneylerin öğrenciler tarafından kalıcı öğrenme ile ilişkilendirilmesidir. Yanıtında bu görüşü gerekçelendiren öğrenciler, sanal deneyin etkileşimli ve görsel doğasının kalıcı öğrenmeye yardımcı olduğunu ifade etmişlerdir. Bu bulgular katılımcıların beyanına dayalı olduğu için sanal deneylerin modern fizik kavramlarını daha anlaşılır hale getirdiği ve kalıcı öğrenmeye katkı sağladığı gibi görüşler uygun deneysel araştırmalar kapsamında sınanmalıdır. Yine de bu çalışmanın bulgularına dayalı olarak, katılımcılara uygulanan katot ışın tüpü sanal deneyinin algılanan öğrenmeye (perceived learning) katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Sanal deney görüş ve öneri formundaki sorulara olumsuz yanıt verilmemiş olsa da yanıtlarda sanal deneyleri tasarım ve uygulamada daha etkili hale getirmeye yönelik çeşitli öneriler bulunmaktadır. Bu öneriler arasında en çarpıcı olanı sanal deneyde hazır düzenekle çalışmak yerine düzenekğin öğrenciler tarafından kurulmasına ilişkin taleptir ve bu görüş sanal deneylerin etkileşim düzeyinin artırılmasına yönelik bir talep olarak yorumlanmıştır. Diğer bir çarpıcı öneri de sanal deneylerin gerçek deney düzeneklerinin videoları kullanılarak üretilmesine ilişkin görüştür. Bu görüş,

Couture (2004)'ün de dikkat çektiği sanal deneylerin daha gerçekçi bir şekilde tasarlanıp üretilmesi gerektiğine yönelik bir talep olarak yorumlanmıştır. Bu görüşlere dayalı olarak, daha etkileşimli ve daha gerçekçi sanal deney tasarımlarının daha faydalı olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Öğretim teknolojisi geliştirme süreci bir dizi tekrar uygulama ve düzeltme aşamalarını içerdiğinden, bu çalışma kapsamında elde edilen geri bildirimlere dayalı olarak, geliştirilen sanal deneyde iyileştirmeler yapıp yeniden uygulamalar yapılması planlanmaktadır. Diğer fizik eğitimi araştırmacıları da yüksek öğretim seviyesinde mekanik, elektrik, optik ve modern fizik deneylerinin sanal versiyonlarını geliştirip bunların öğrencilerin öğrenmeleri üzerindeki etkilerini araştırabilirler. Sanal deneyleri yaygınlaştırıp çeşitlendirecek araştırmaların yanı sıra etkileşim düzeyi daha gelişmiş olan, örneğin öğrencilere sanal deney düzeneğini kurma olanağı sağlayan sanal deney tasarımlarına odaklanan araştırma ve geliştirme çalışmalarına da ağırlık verilebilir.

Kaynakça

- Bozkurt, E., & Sarıkoç, A. (2008). Fizik eğitiminde sanal laboratuvar, geleneksel laboratuvarın yerini tutabilir mi. *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25, 89–100.
- Chen, S. (2010). The view of scientific inquiry conveyed by simulation-based virtual laboratories. *Computers & Education*, 55(3), 1123–1130.
- Couture, M. (2004). Realism in the design process and credibility of a simulation based virtual laboratory. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20(1), 40-49.
- de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308.
- dos Santos, F. R., Guetl, C., Bailey, P. H., & Harward, V. J. (2010). Dynamic virtual environment for multiple physics experiments in higher education. *Education Engineering (EDUCON)*, 2010 IEEE, 731-736.
- Ip, A., & Canale, R. (1996). A model for authoring virtual experiments in web-based courses. In *ASCILITE (Vol. 96)*.

- Jeschke, S., Thomsen, C., Richter, T., & Scheel, H. (2007). On remote and virtual experiments in eLearning in statistical mechanics and thermodynamics. Paper presented at the Pervasive Computing and Communications Workshops, 2007. PerCom Workshops' 07. Fifth Annual IEEE International Conference on.
- Kim, J. H., Park, S. T., Lee, H., Yuk, K. C., & Lee, H. (2001). Virtual reality simulations in physics education. *Interactive Multimedia Electronic Journal of Computer-Enhanced Learning*, 3(2), 1-7.
- Linn, M. C., Chang, H.-Y., Chiu, J. L., Zhang, Z. H., & McElhaney, K. (2011). Can desirable difficulties overcome deceptive clarity in scientific visualizations? In A. S. Benjamin (Ed.), *Successful remembering and successful forgetting: A festschrift in honor of Robert A. Bjork* (p. 235–258). Psychology Press.
- Niaz, M. (1998). From cathode rays to alpha particles to quantum of action: A rational reconstruction of structure of the atom and its implications for chemistry textbooks. *Science Education*, 82(5), 527-552.
- Singh, C., Belloni, M., & Christian, W. (2006). Improving students' understanding of quantum mechanics. *Physics Today*, 59(8), 43.
- Yi, Z., Jian-Jun, J., & Shao-Chun, F. (2005). A LabVIEW-based, interactive virtual laboratory for electronic engineering education. *International Journal of Engineering Education*, 21(1), 94-102.
- Zhang, H. Z. (2010, June). Exploring drawing and critique to enhance learning from visualizations. In Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences-Volume 2 (pp. 234-235). International Society of the Learning Sciences.
- Zhou, S., Han, J., Pelz, N., Wang, X., Peng, L., Xiao, H., & Bao, L. (2011). Inquiry style interactive virtual experiments: a case on circular motion. *European Journal of Physics*, 32(6), 1597.

Use of virtual experiments as learning activity in modern physics course: A case of cathode ray tube experiment

Ertuğrul Özdemir

Introduction

In recent years, it is observed that distance education applications are commonly used for teaching physics in higher education in Turkey and in the World. Although many simulations that may be used in physics teaching are available online, most of them are interactive graphic simulations that can not sufficiently explain the relationships between experiments and physics theories (Zhou, Han, Pelz, Wang, Peng, et al., 2011). In addition, some of these simulations may be deceptive for learners because they over clarify the natural phenonena (Zhang, 2010). On the other hand, virtual experiments allowing learners to manipulate variables on a virtual experimental setup may be more effective in learning physics concepts than abstract interactive simulations (Zhou, et al., 2011). In this context, this study aimed to develop and evaluate a virtual experiment about cathode ray tube, the discovery of electrons and Thomson's atom model.

Methodology

This is a case study aiming to develop an e-learning activity for undergraduate level modern physics course and to evaluate the students responses to this activity. In the scope of this study, firstly, a cathode ray tube virtual experiment was developed by using HTML and Javascript. Then, this virtual experiment was implemented to 22 undergraduate students who are taking modern physics course. Before and after the implementaion of virtual experiment, the students were asked to answer several open-ended questions about the nature of current carrying particles in the wires and Thomson atom model. After the implementation, students were also asked to write their reflections about the advantages and disadvantages of the virtual experiment in teaching/learning process. Students' answers and reflections were analyzed through qualitative content analysis.

Findings and Conclusion

In this study, it was expectedly found that the percentage of the correct answers increased after the implementation of virtual experiment. However, rather than correct answers, this study focused the patterns in the wrong answers before and after the implementation. Before the implementation of virtual experiment, one of the most remarkable wrong ideas of students about current carrying particles in the wires is “both positive and negative particles can carry electric current in opposite directions”. This wrong idea indicates that some students do not know about the results of cathode ray tube experiment yielding only negatively charged ray. In addition, one of the most notable ideas of students about Thomson’s atom model is “positive and negative particles spread homogeneously in the atom”. This wrong idea indicates that some students do not know about Thomson’s atom model describing positive charge in the atom as a kind of physical media (pudding). Before and after the implementation of virtual experiment, some students insisted on describing Thomson atom model as similar to Solar System, which is indicating a confusion of Thomson’s and Rutherford’s atom models.

The qualitative content analysis of students’ reflections after the implementation of virtual experiments showed that the students found virtual experiment useful in teaching/learning process because of making abstract and complex concepts more concrete and simple. In addition, some students seem to think that learning with virtual experiment will be long lasting and persistent because of its manipulative and visual structure.