

“IŞIĞIN MADDE İLE ETKİLEŞİMİ” ÜNİTESİNE YÖNELİK İKİ AŞAMALI KAVRAMSAL ANLAMA TESTİ GELİŞTİRME ÇALIŞMASI

DEVELOPMENT OF A TWO-TIER CONCEPTUAL UNDERSTANDING TEST FOR THE UNIT “INTERACTION OF LIGHT WITH MATTER”

Ali ÇİYANCI

Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), Yunusemre- Manisa, Türkiye

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1651-7819>

aliciyanci@gmail.com

Suat TÜRKOĞUZ

Prof.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, Buca-İzmir, Türkiye

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7850-2305>

suat.turkoguz@gmail.com

Received: March 1, 2025

Accepted: April 28, 2025

Published: April 30, 2025

Suggested Citation:

Çiyancı, A., & Türkoguz, S. (2025). Işığın madde ile etkileşimi ünitesine yönelik iki aşamalı kavramsal anlama testi geliştirme çalışması. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE)*, 14(2), 34-58.



Copyright © 2025 by author(s). This is an open access article under the [CC BY 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Öz

Bu araştırmanın amacı, ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin “Işığın Madde ile Etkileşimi” ünitesine yönelik kavramsal anlayışlarını ve sahip oldukları alternatif kavramları belirlemek için geçerliği ve güvenirliği sağlanmış iki aşamalı kavramsal anlama testi geliştirmektir. Çalışmada Treagust (1988) ve Baykul’un (2015) önerdiği aşamalara uygun olarak test geliştirme süreci izlenmiş; içerik belirleme, kavram yanlışlarının tespiti, madde yazımı, uzman görüşü, pilot uygulama ve istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Araştırma, 2023-2024 eğitim-öğretim yılında Manisa ilindeki ortaokullarda öğrenim gören 107 öğrenci ile yürütülmüştür. Testin yapı geçerliliği doğrulayıcı faktör analizi (DFA) ve açımlayıcı faktör analizi (AFA) ile incelenmiş, üç faktörlü bir yapıya ulaşıldığı belirlenmiştir: “Işığın Soğurulması”, “Aynalar” ve “Işığın Kırılması ve Mercekler”. DFA sonuçları, modelin yüksek uyum değerlerine sahip olduğunu göstermiştir (CFI = .989; RMSEA = .016; $\chi^2/sd = 1.027$). Rasch analizi bulgularına göre madde güvenirliği oldukça yüksek düzeyde (.94), kişi güvenirliği ise orta düzeyde (.69) bulunmuştur. Ölçeğin genel Cronbach’s Alpha katsayısı .739 olup kabul edilebilir düzeyde iç tutarlılık göstermektedir. Sonuçlar, geliştirilen testin öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini ve kavram yanlışlarını geçerli ve güvenilir bir şekilde ölçebildiğini ortaya koymuştur. İki aşamalı yapısı sayesinde öğrencilerin yalnızca doğru bilgiye ulaşp ulaşmadıkları değil, aynı zamanda bilgiyi nasıl yapılandırdıkları da değerlendirilebilmiştir. Bu bağlamda test, fen bilimleri öğretmenlerine ve araştırmacılara kavram yanlışlarının tespiti, öğretim süreçlerinin düzenlenmesi ve öğrencilerin bilişsel gelişimlerinin izlenmesi açısından önemli katkılar sağlayabilecek bir ölçme aracı niteliğindedir.

Anahtar Terimler: Kavramsal anlama, kavram yanlışları, iki aşamalı test, ışığın madde ile etkileşimi, Rasch analizi.

Abstract

The aim of this study is to develop a valid and reliable two-tier conceptual understanding test to determine 7th grade middle school students’ conceptual understanding and alternative conceptions regarding the unit “Interaction of Light with Matter.” Following the stages suggested by Treagust (1988) and Baykul (2015), the test development process included content determination, identification of misconceptions, item writing, expert review, pilot implementation, and statistical analyses. The research was conducted with 107 students studying in public middle schools in Manisa during the 2023–2024 academic year. The construct validity of the test was examined through Confirmatory Factor Analysis (CFA) and Exploratory Factor Analysis (EFA), revealing a three-factor structure: “Absorption of Light,” “Mirrors,” and “Refraction of Light and Lenses.” CFA results showed that the model had high goodness-of-fit values (CFI = .989; RMSEA = .016; $\chi^2/sd = 1.027$). According to Rasch analysis, item reliability was found to be quite high (.94), while person reliability was moderate (.69). The overall Cronbach’s Alpha coefficient of the scale was calculated as .739, indicating an acceptable level of internal consistency. The findings revealed that the developed test can measure students’ conceptual understanding and misconceptions in a valid and reliable way. Thanks to its two-tier structure, the test not only evaluates whether students arrive at the correct answer but also how they justify and construct their reasoning. In this context, the test provides science teachers and researchers with a diagnostic assessment tool that can contribute significantly to the identification of misconceptions, the regulation of instructional processes, and the monitoring of students’ cognitive development.

Keywords: Conceptual understanding, misconceptions, two-tier test, interaction of light with matter, Rasch analysis.

GİRİŞ

Fen eğitimi, bireylerin çevrelerindeki dünyayı anlamalarına ve bilimsel süreçleri kavramalarına yardımcı olma açısından önemli bir rol oynamaktadır. Ancak fen öğretimi sürecinde, özellikle soyut kavramların öğrenilmesinde öğrenciler birçok kavramsal zorlukla karşılaşmaktadır. Soyut kavramların yaygınlığı, öğretim sürecinde bu kavramların somutlaştırılmasını zorunlu hale getirmektedir ve bu süreçte çeşitli yanlış anlamalar ortaya çıkmaktadır (Bakırcı vd., 2016; Uysal & Bostan Sarioğlu, 2020). Yapılan araştırmalar, öğrencilerin bilimsel kavramları anlamada zorluk yaşadıklarını ve kavram yanlışları sergilediklerini ortaya koymaktadır (Akyıldız, 2020; Alkış Küçükaydın, 2020; Çetinkaya & Taş, 2016; Kocakulah & Turan, 2019).

Kavram, bireylerin dünyayı anlamlandırmalarında temel bir yapı taşıdır. Çepni (2019), kavramı bir nesne, olgu veya olayla ilgili olarak ortaya çıkan ilk terim olarak tanımlarken, Novak (2010), belirli bir isimlendirme altında kategorize edilen nesnelerin, olayların veya olguların toplamı olarak ifade etmektedir. Fen eğitiminde kavramların doğru bir şekilde öğretilmesi ve öğrenilmesi, öğrencilerin bilimsel süreçleri anlamaları açısından kritik öneme sahiptir. Bu süreçte her birey kavram şemalarını oluşturmada bilimsel doğrulara ulaşamamaktadır (Kocakulah & Turan, 2019). Bilimsel doğrunun dışında yer alan ifadeler kavram yanlışlığı ya da alternatif kavram olarak adlandırılmaktadır. Ancak öğrencilerin bilimsel kavramları nasıl öğrendikleri ve ne tür kavramsal yanlışlıklara sahip olduklarını belirlemek, öğretim sürecinin etkililiğini artırmak için gereklidir (Yağbasan & Gülçiçek, 2003). Öğrencilerde ortaya çıkan bu kavram yanlışlıkların giderilmesi sonucunda ancak öğrenme gerçekleşebilir. Kalıcı ve anlamlı öğrenmenin sağlanabilmesi için, öğrencilerin mevcut bilişsel şemalarının belirlenmesi (Alkış Küçükaydın, 2020) alternatif kavramların tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır (Kocakulah & Turan, 2019).

Bilimsel açıklamalara dayalı doğru kavramsal anlamalara ulaşma sürecinin, öncelikle öğrencilerde var olan alternatif kavramların belirlenmesiyle başladığı ve bu süreçte söz konusu yanlışlıkların en aza indirilerek kavramsal anlayışın geliştirilmesiyle devam ettiği söylenebilir. Bu bağlamda, öğrencilerin alternatif kavramlarının ve kavramsal yapılanma sürecindeki anlamalarının tespit edilmesi önemli bir adım olarak görülmektedir. Öğrencilerde alternatif kavramların oluşumuna sebep olan etmenler farklılık gösterse de fen eğitiminin temel amaçlarından biri, öğrencilerin bu tür kavram yanlışlarından arındırılmış, bilimsel doğrulara dayalı anlamlı öğrenmeler gerçekleştirmesini sağlamaktır (Ausubel, 1968). Yapılan araştırmalar, öğrencilerde gözlemlenen alternatif kavramların çeşitli kaynaklardan türediğini ortaya koymaktadır. Bu kaynaklar arasında günlük deneyimler (Smith vd., 1994; Kaltakçı & Eryılmaz, 2010; Widarti vd., 2016; Widiyatmoko & Chimizu, 2018), dil kullanımı (Osborne, 1983; Tyson vd., 1999; Erman, 2017), öğretmen davranışları (Kaltakçı & Eryılmaz, 2010; Erman, 2017) ve ders kitapları (Kaltakçı & Eryılmaz, 2010; Widarti vd., 2016; Erman, 2017) yer almaktadır. Alternatif kavramların kaynaklarının belirlenmesi, bu faktörlerden kaynaklanabilecek kavram yanlışlıklarının önüne geçilmesini sağlayabilir. Bu araştırmada öğrencilerin ışık konusundaki yaygın olarak karşılaştıkları kavram yanlışlarından dolayı ele alınmıştır. Işık konusundaki alan yazına bakıldığında tespit edilen kavram yanlışları aynalar (Kocakulah & Demirci, 2010; Anıl & Küçüközer, 2017), ışığın rengi yansıması ve soğurulması ışık renkleri ve cisimlerin renkli görülmesi (Bacanak vd., 2012, Şahin Akyüz & Çil, 2013), ışığın kırılması (Kaewkhong vd., 2010), merceklerdeki görüntü oluşumu (Blizak vd., 2009; Galili & Hazan, 2000) araştırmalarında öğrencilerde kavram yanlışlarının yer aldığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmalardan elde edilen bulgular, birçok öğrencinin temel optik kavramlarını farklı bağlamlarda tutarlı bir şekilde uygulayamadığını ortaya koymuştur. Alan yazında, öğrencilerde yaygın olarak gözlemlenen alternatif kavramlar belirlendiğinde, bu kavram yanlışlarını gidermeye yönelik öğretim stratejileri geliştirilebilir. Bu kapsamda, etkili öğretim materyallerinin oluşturulabilmesi için alternatif kavramları ortadan kaldırmaya yönelik etkinlikler, modeller, gösterimler ve deneyler tasarlanabilir. Ayrıca, geliştirilecek kavramsal anlama testleri ve alternatif ölçme-değerlendirme araçlarında, alan yazında tespit edilen kavram yanlışlarının sistematik bir şekilde ele alınması, araştırmacılar için önemli bir kaynak oluşturacaktır.

Öğrencilerin ışık ile ilgili kavram yanlışlarının tespit edilmesine yönelik olarak farklı eğitim düzeylerinde çeşitli kavramsal anlama testleri geliştirilmiştir. Bu testler, öğrencilerin konuya ilişkin

kavramsal anlayışlarını değerlendirmek ve olası kavram yanlışlarını belirlemek amacıyla tasarlanmıştır. Geliştirilen testlerin içeriği, ilgili öğretim programlarının kazanımları doğrultusunda oluşturulmuştur. Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programlarında yapılan değişiklikler (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2013; MEB, 2018; MEB, 2024), ünite konularının kapsamını ve kazanımlarını da etkilemektedir. Bu bağlamda, öğretim programlarındaki güncellemeler, kavramsal anlama testlerinin yapılandırılmasında dikkate alınmakta ve ölçme araçlarının güncel müfredatla uyumlu olacak şekilde geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu bağlamda araştırmada, 7. sınıf Işığın Madde ile Etkileşimi ünitesini (MEB, 2018) temel almakta olup, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'ne (MEB, 2024) kademeli geçiş sürecini de dikkate alarak tasarlanmıştır. Çalışmanın, konu içeriğinin yeni maarif modeline uyum sağlaması da amaçlanmaktadır.

Öğrencilerin kavramsal düzeydeki öğrenmelerini değerlendirmek ve kavram yanlışlarını belirlemek, etkili bir öğretim sürecinin ayrılmaz bir parçasıdır. Bu bağlamda, kavramsal anlama testleri, öğrencilerin bilimsel kavramları ne derece doğru anladıklarını değerlendirmek ve olası kavram yanlışlarını tespit etmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Fen eğitiminde öğrencilerin alternatif kavramalarını belirlemek için çeşitli tanılayıcı değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Önceki yapılan çalışmalarda, üç farklı tanılayıcı değerlendirme türü kullanıldığını göstermektedir. Bunlar çoktan seçmeli kâğıt-kalem testleri (Artdej vd., 2010; Damanhuri vd., 2016; Demircioğlu vd., 2005), açık uçlu sorular (Kousathana vd., 2005) ve görüşmelerdir (Orwat vd., 2017). Son yıllarda, iki aşamalı (two-tier) çoktan seçmeli tanılayıcı değerlendirmeler, öğrencilerin kavramsal anlayışlarını ölçmek için yaygın olarak kullanılan yöntemler arasına girmiştir (Soeharto, Csapó, Sarimanah, Dewi, & Sabri, 2019).

Kavram yanlışlarının tanımlanması için kullanılan iki aşamalı değerlendirmeler iki farklı bileşenden oluşur. Bu değerlendirmeler akademik söylemde “çoktan seçmeli iki aşamalı değerlendirmeler”, “açık uçlu iki aşamalı değerlendirmeler” ve “sınıflandırmayı gerektiren iki aşamalı değerlendirmeler” olarak da tanımlanmıştır (Karataş, Köse, & Coştu, 2003). İki aşamalı değerlendirmelerin ilk bileşeni tipik olarak geleneksel çoktan seçmeli ve sınıflandırmaya dayalı değerlendirmeleri yansıtır. İki aşamalı değerlendirmeleri geleneksel çoktan seçmeli sınavlardan ayıran sonraki bileşendir. İkinci bileşende, öğrencinin birinci aşamada belirtilen seçeneği seçme gerekçesini dile getirmesi beklenmektedir (Karataş vd., 2003). Bununla birlikte ikinci aşama, bu aşamanın öğrencilerin yanlış anlamalarını kapsadığı çoktan seçmeli bir formatta da tasarlanabilir veya alternatif seçenekler çoktan seçmeli bir çerçevede formüle edilebilir. Alternatif olarak, bu bölüm öğrencinin akıl yürütme yeteneklerini yeterince değerlendirmek ve sadece kavramsal yanlışlıkların ötesinde çeşitli yanlış anlamaların ortaya çıkmasını kolaylaştırmak için açık uçlu bir formatta da yapılandırılabilir (Demirci & Efe, 2007; Karataş vd., 2003).

İki aşamalı kavramsal anlama testlerin geliştirilmesi, titizlik, zaman ve emek gerektiren karmaşık bir süreçtir. Ancak bu sürecin sonunda öğretmenler, geçerliliği ve güvenilirliği kanıtlanmış, geleneksel ölçme araçlarına alternatif oluşturan ve derslerinde kolayca uygulanıp analiz edilebilen bir ölçme aracına sahip olurlar. Bu tür testler, öğretmenlerin konuya başlamadan önce öğrencilerin ön bilgilerini değerlendirmelerine veya konu işlendikten sonra öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini belirleyerek öğretim sürecinde gerekli düzenlemeleri yapmalarına olanak tanır (Karataş vd., 2003). Bu nedenle, geçerli ve güvenilir iki aşamalı testlerin geliştirilerek öğretmenlerin ve öğrencilerin kullanımına sunulması büyük önem taşımaktadır. Yapılan literatür incelemesinde, özellikle ortaokul seviyesinde Işığın Madde ile Etkileşimi Ünitesine yönelik geçerliliği ve güvenilirliği kanıtlanmış iki aşamalı bir kavramsal anlama testinin bulunmaması dikkat çekmektedir. Bu durum, öğrencilerin bu üniteye ilişkin kavram yanlışlarının tespit edilmesi ve giderilmesi amacıyla iki aşamalı kavramsal anlama testlerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmada geliştirilen “Işığın Madde ile Etkileşimi” ünitesine yönelik kavramsal anlama testinin, alanyazındaki bu eksikliği gidermede önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Problem Cümlesi

Bu çalışma, ortaokul öğrencilerinde ışığın madde ile etkileşimi ünitesine yönelik olarak öğrencilerin alternatif kavramalarını değerlendirmek için iki aşamalı bir tanılayıcı test geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda araştırmanın problem cümlesi “ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin “Işığın Madde ile Etkileşimi” ünitesine yönelik geliştirilen iki aşamalı kavramsal anlama testi geçerli ve güvenilir midir?” şeklindedir. Bu problem cümlesi paralelinde araştırmanın alt problemleri şu şekilde belirlenmiştir:

1. Ortaokul 7. sınıf “Işığın Madde ile Etkileşimi” ünitesine yönelik geliştirilen kavramsal anlama testi geçerli midir?
2. Ortaokul 7. sınıf “Işığın Madde ile Etkileşimi” ünitesine yönelik geliştirilen kavramsal anlama testi güvenilir midir?

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada, tarama modeli benimsenmiştir. Tarama modeli, belirli bir çalışma grubunun özelliklerini, tutumlarını veya davranışlarını betimlemek amacıyla nicel verilerin sistematik bir şekilde toplanmasına ve analiz edilmesine dayanmaktadır (Yin, 2009). Bu model kapsamında, çalışma grubunun mevcut durumu nicel veriler aracılığıyla ortaya konulmuş ve elde edilen bulgular, genellenebilir sonuçlara ulaşmak amacıyla istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir. Bu kapsamda Treagust(1988) ve Baykul’un (2015) geliştirdiği araştırmaya dayalı tasarım süreci, iki aşamalı çoktan seçmeli tanılayıcı testlerin oluşturulmasında sağlam bir çerçeve sunmaktadır. Bu süreç dört aşamadan oluşmaktadır: içerik alanının belirlenmesi, öğrencilerin alternatif kavramalarına ilişkin verilerin toplanması, iki aşamalı tanılayıcı testlerin geliştirilmesi ve analizlerin yapılması. Bu çerçeve, birçok farklı çalışmada başarıyla kullanılmış ve doğrulanmıştır (Adadan & Savaşçı, 2012; Lu & Bi, 2016; Tan vd., 2002, Peterson ve diğerleri, 1989; Şahin & Çepni, 2011). Çalışmamızda ise öncelikle test sorularının oluşturulması, ardından pilot uygulama, geçerlik ve güvenilirlik analizlerini içeren bir test geliştirme sürecine odaklanılmıştır (Burns Okey & Wise, 1985; Kurtoğlu-Güldalı ve Karanlı-Baydere, 2023; Şahin & Çepni, 2011).

Çalışma Grubu / Katılımcılar

Araştırma, 2023-2024 eğitim-öğretim yılının ikinci döneminde, Manisa ilinde bulunan ve Milli Eğitim Bakanlığı'na (MEB) bağlı resmi ortaokullar arasından uygun örnekleme yöntemi ile belirlenen bir ortaöğretim kurumunda gerçekleştirilmiştir (Büyüköztürk vd., 2013). Çalışma, Manisa ilinde erişilebilir ve araştırma kriterlerine uygun okullarda, MEB tarafından sağlanan resmi izinler doğrultusunda ve gönüllü katılım esasına dayalı olarak yürütülmüştür. Testte sorular iki aşamalı olarak hazırlanmış ve örneklem büyüklüğü, araştırma hedefleri ve mevcut kaynaklar göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Araştırma, toplam 150 öğrenciye uygulanmış ancak eksik veri içeren yanıtlar analiz dışı bırakılmıştır. Sonuç olarak, 43 tane veri çalışmaya dahil edilmemiş ve analiz, yedinci sınıf (n=49) ve sekizinci sınıf (n=58) öğrencilerinin yanıtları üzerinden gerçekleştirilmiştir. Etik standartlara bağlı olarak, cinsiyet gibi öğrencilere ait kişisel bilgiler toplanmamıştır.

Veri Toplama Aracı

Bu çalışmada, ortaokul öğrencilerinin ışığın madde ile etkileşimi konusundaki kavramsal anlama düzeylerini belirlemek amacıyla "Işığın Madde ile Etkileşimi İki Aşamalı Kavramsal Anlama Testi" geliştirilmiştir. Test, Bloom taksonomisinde yer alan öğrenme seviyelerine uygun olarak hazırlanmış ve bu doğrultuda sorular tasarlanmıştır.

Kavramsal anlama testinin geliştirilmesi sürecinde, Baykul (2015) ve Treagust (1988) tarafından önerilen test geliştirme basamakları temel alınarak bir uyarlama gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, kavramsal anlama testinin oluşturulmasına yönelik olarak dört temel aşama izlenmiştir: (a) konu içeriğinin belirlenmesi, (b) öğrencilerde mevcut olan kavram yanlışlarının tespit edilmesi, (c) kavramsal anlama testi için madde yazımı, geliştirilmesi ve testin pilot uygulamasının yapılması (d) test

maddelerine ilişkin analizlerin gerçekleştirilmesi. Bu aşamalar, testin geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olarak geliştirilmesini sağlamıştır.

a) Konu içeriğinin belirlenmesi

Araştırmanın konu içeriğinin belirlenmesi sürecinde ilk olarak, ulusal ve uluslararası alanyazın taranarak ışık konusuyla ilgili temel bilgi önermeleri oluşturulmuştur. Bu önermeler, konunun kavramsal çerçevesini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Ardından, kavram testinin geliştirilmesine yönelik ön çalışmalar kapsamında, 7. sınıf ışığın madde ile etkileşimi ünitesine ilişkin kavram haritası hazırlanmıştır (Ek 1). Kavram haritası, kavramlar arasındaki ilişkileri bütüncül bir şekilde ortaya koyarak, testin yapısal tutarlılığını sağlamada ve artırmada önemli bir rol oynamıştır. Son olarak, kapsam geçerliliğini sağlamak amacıyla, geliştirilen önermeler ve kavram haritaları fen eğitimi alanında uzman akademisyenler ve öğretmenler tarafından incelenmiş uzman görüşleri doğrultusunda gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Bu süreç, testin hem kavramsal hem de metodolojik açıdan geçerli ve güvenilir olmasını desteklemiştir.

b) Öğrencilerin Mevcut Kavram Yanılgılarının Belirlenmesi

Işık konusuna yönelik alanyazın incelendiğinde, bireylerde oldukça yaygın alternatif kavramların bulunduğu görülmektedir. Bu kapsamda, öğrencilerin sahip olduğu kavram yanılgıları derlenmiş ve bu derleme, test maddelerinin geliştirilmesi sürecinde rehber olarak kullanılmıştır. Alanyazından elde edilen ve öğrencilerde sıklıkla gözlemlenen kavram yanılgıları, Ek 2’de detaylı bir şekilde sunulmuştur. Bu adım, testin kavramsal geçerliliğini sağlamak ve öğrencilerin anlama düzeylerini doğru bir şekilde ölçebilmek açısından büyük önem taşımaktadır.

c) Testin Geliştirilmesi

Araştırma kapsamında geliştirilen iki aşamalı kavramsal anlama testi, öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini ve olası kavram yanılgılarını tespit etmek amacıyla iki aşamalı bir yapıda tasarlanmıştır. Testin birinci aşaması, her biri üç seçeneqli çoktan seçmeli sorulardan oluşmaktadır. İkinci aşaması ise, birinci aşamada seçilen cevabın gerekçesini sorgulayan ve yine üç seçeneqli olarak hazırlanan sorulardan oluşmaktadır. Bu yapı, öğrencilerin hem bilgi düzeylerini hem de bu bilgiyi nasıl yapılandırdıklarını anlamaya olanak tanımaktadır.

Testin geliştirilmesi sürecinde, öncelikle “ışığın madde ile etkileşimi” ünitesine yönelik kavram yanılgılarını belirlemek amacıyla kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Literatürde belirlenen kavram yanılgılarının, ortaokul 7. sınıf Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (FBDÖP) kazanımları ile uyumlu olduğu tespit edilmiş ve bu yanılgıların hangi çalışmalarda rapor edildiği Ek 1’de detaylı bir şekilde sunulmuştur. Testin birinci aşamasını oluşturan çoktan seçmeli sorular, literatürde tespit edilen kavram yanılgıları dikkate alınarak literatürde tespit edilen yaygın yanılgılar temelinde 20 tanılayıcı soru hazırlanmıştır (Galili ve Hazan 2000; Chu vd., 2009; Şahin-Akyüz ve Çil 2013;). Ayrıca, testin kapsam geçerliliğini artırmak amacıyla her bir kazanım için en az iki soru oluşturulmasına özen gösterilmiştir.

Bu bağlamda geliştirilen iki aşamalı kavramsal anlama testindeki her bir sorunun ait olduğu Ek 3 de belirtke tablosu hazırlanmıştır. Aynı zamanda test maddelerinin yenilenen Bloom taksonomisi boyutlarına göre dağılımı Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Kavramsal anlama testindeki soruların yenilenen bloom taksonomisine yönelik dağılımı

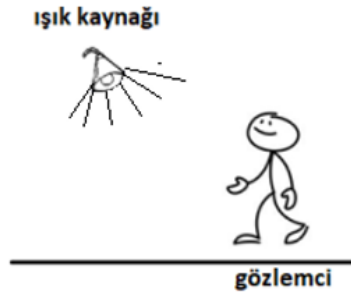
Bilişsel Süreç Boyutu

Bilgi Boyutu Hatırlama	Anlama	Uygulama	Çözümleme	Değerlendirme	Yeniden Oluşturma/Yaratma
Olgusal					
Kavramsal	1, 2, 6, 9	10, 11	19	8,	
İşlemsel	3, 4, 5, 7	12, 13, 14	18		
Üstbilişsel			15, 16, 17		20

c.1) Uzman Görüşünün alınması

İki aşamalı kavramsal anlama testi hazırlandıktan sonra, testin kapsam geçerliği ve güvenilirliğini sağlamak amacıyla uzman görüşlerine başvurulmuştur. Bu doğrultuda, test maddeleri; öğrencilerin bilişsel gelişim düzeylerine uygunluk, “Işığın Madde ile Etkileşimi” ünitesinin kazanımlarını kapsama durumu, kazanımları ölçme yeterliliği, soru köklerinin ve çeldiricilerin bilimsel doğruluğu ve tutarlılığı açısından değerlendirilmiştir. Test, 10 yıllık mesleki deneyime sahip iki fen bilimleri öğretmeni ile iki farklı devlet üniversitesinde görev yapan iki fen eğitimi alan uzmanı tarafından incelenmiştir. Uzmanlardan elde edilen veriler doğrultusunda gerekli düzenlemeler yapılmış ve test maddeleri hem öğrenme kazanımlarıyla olan uyum hem de anlaşılabilirlik düzeyi açısından revize edilmiştir. Uzman görüşleri arasında %90 oranında uyum yüzdesi sağlanmış olup bu durum, testin kapsam geçerliği açısından yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir. Ayrıca, testin dilsel doğruluğu ve anlaşılabilirliğini değerlendirmek amacıyla bir Türkçe eğitimi uzmanının görüşüne başvurulmuş ve öneriler doğrultusunda dilsel düzenlemeler gerçekleştirilmiştir.

Uzman görüşleri sonrasında iki aşamalı kavramsal anlama testi yeniden düzenlenmiş ve yapılan değişikliklerden bazı örnekler aşağıda verilmiştir.



Şekilde gibi gün boyu ışık açık bırakılıyor ve durum sonucunda ışık ışınları ile ilgili aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- A) Işık ışınları ampulün üzerinde kalır.
- B) Resimdeki çocuğa kadar gelebilir daha fazla ilerleyemez.
- *C) Işık ışınları bir cisme çarpma kadar ilerler.

Cevabı seçmemin sebebi şu:

- *I. Işık ışınları ampulden her yöne doğru hareket eder.
- II. Işık gün boyunca hiç hareket etmez. (Kaçan, 2008)
- III. Işık geceleri gündüze göre daha uzağa gider. (Kaçan, 2008)

Şekil 2. Örnek uzman görüşü sonrası düzeltme.

Resimde yer alan çocuğun da bir cisim olarak kabul edilebileceğine yönelik olası kavram yanılgılarını önlemek amacıyla, görsele ek olarak başka bir şekil daha eklenmiş ve böylece öğrencilerin ‘cisim’ kavramını yalnızca canlı varlıklarla sınırlı düşünmelerinin önüne geçilmek istenmiştir. Uzman görüşleri doğrultusunda revize edilen iki aşamalı kavramsal anlama testinin son hali, pilot uygulama aşamasına geçilmeden önce 7. sınıf düzeyindeki 10 öğrenciye uygulanmıştır. Bu uygulama, test maddelerinin anlaşılabilirliği, yazım hataları ve uygulanabilirliği açısından öğrenci geri bildirimlerinin alınmasını amaçlamıştır. Öğrencilerden alınan geri bildirimler doğrultusunda, testteki soruların genel olarak anlaşılır olduğu, öğrencilerin soruları okurken herhangi bir zorluk yaşamadıkları ve anlamadıkları bir nokta olmadığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, testin dilsel açıdan uygun ve öğrencilerin bilişsel düzeylerine uygun olduğunu göstermektedir.

c.2) Pilot uygulamanın gerçekleştirilmesi

Geliştirilen iki aşamalı kavramsal anlama testi, geçerlik ve güvenilirlik analizlerinin yapılabilmesi amacıyla belirlenen bir örneklem grubuna uygulanmıştır. Uzman görüşleri doğrultusunda revize edilen test, 2023-2024 eğitim-öğretim yılının ikinci döneminde toplam 150 yedinci ve sekizinci sınıf öğrencisi

üzerinde pilot uygulamaya tabi tutulmuştur. Uygulama sonrasında elde edilen veriler üzerinde istatistiksel analizler gerçekleştirilmiş ve testin geçerlik-güvenirlik katsayıları hesaplanmıştır.

Verilerin Analizi

İki aşamalı kavramsal anlama testinin güvenirlik çalışmaları kapsamında, testin iki aşamalı yapısı göz önünde bulundurularak öncelikle birinci aşamadaki çoktan seçmeli sorulara ilişkin madde analizi ve KR-20 iç tutarlılık güvenirlik katsayısı hesaplanmıştır. Test maddelerinin güçlük indeksleri birbirinden farklılık gösterdiğinden, klasik test kuramına dayalı iç tutarlılık analizinde KR-20 değeri tercih edilmiştir (Can, 2017). Bunun yanı sıra, testin birinci ve ikinci aşamaları birlikte değerlendirilerek elde edilen veriler üzerinden Cronbach Alpha güvenirlik katsayısı hesaplanmış ve iki aşamalı yapının genel tutarlılığı incelenmiştir. Araştırma kapsamında geliştirilen Kavramsal Anlama Testinin yapı geçerliliğini değerlendirmek amacıyla doğrulayıcı faktör analizi (DFA) uygulanmıştır. Analizler AMOS 17 programı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve testin kuramsal olarak öngörülen üç faktörlü yapısal modelinin veriyle uyum düzeyi incelenmiştir. Ayrıca, testin ölçme güvenirliğini daha derinlemesine değerlendirmek amacıyla, madde düzeyindeki uygunluk ve ayırt edicilik düzeylerini ortaya koymak üzere Rasch modeli ile analiz gerçekleştirilmiştir. Rasch analizi, testin yapısal geçerliği ve maddelerin ölçeğe uygunluğu açısından ek bulgular sunarak, testin psikometrik özelliklerinin daha kapsamlı şekilde değerlendirilmesine katkı sağlamıştır. İki aşamalı kavramsal anlama testinin birinci aşamasından elde edilen verilerin analizinde, doğru yanıtlar 1 puan, yanlış ve boş yanıtlar ise 0 puan olarak kodlanmıştır.

Tablo 2. Kavram öğrenme düzeyi değerlendirme kriterleri ve puanlama sistemi.

Puan	Kategori	Değerlendirme Kriterleri
0	Cevap Yok	Katılımcı herhangi bir cevap vermemiştir
0	İşaretleme Yapılmamış/Geçersiz	Çoklu seçenek işaretlenmiştir (geçersiz cevap)
1	Tek Doğru Cevap	Yalnızca bir doğru cevap verilmiştir

1. Rasch Analizi ile Yapısal Değerlendirme

Ölçme aracının psikometrik özelliklerini incelemek amacıyla Rasch analizi uygulanmıştır. Bu analiz kapsamında, testin tek boyutluluğu çeşitli istatistiksel yöntemlerle incelenmiş ve ölçüm modeline uygunluğu değerlendirilmiştir. Kişi-madde uyum istatistikleri, güvenirlik analizleri ve görselleştirme teknikleri kullanılarak elde edilen bulgular sunulmuştur. Ayrıca, standartlaştırılmış analizler yardımıyla ölçeğin çok boyutlu yapısı araştırılmıştır.

2. Ölçeğin Geçerliliğine İlişkin Bulgular

Ölçeğin geçerliğini incelemek üzere kapsamlı faktör analizleri gerçekleştirilmiştir. Açıklayıcı faktör analizi sonuçları, ölçeğin temel yapısını ortaya koymak için kullanılmıştır. Verilerin analize uygunluğu çeşitli istatistiksel testlerle doğrulanmış ve faktör yapısı detaylı şekilde incelenmiştir. Faktörler arasındaki ilişkiler, korelasyon analizleriyle değerlendirilerek ölçeğin yapısal bütünlüğü hakkında bilgiler sunulmuştur.

3. Ölçeğin Güvenirliğine İlişkin Bulgular

Ölçeğin güvenirliğini belirlemek amacıyla iç tutarlılık analizleri yapılmıştır. Farklı istatistiksel yöntemler kullanılarak hem ölçeğin geneli hem de alt boyutları için güvenirlik değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, doğrulayıcı faktör analizi ile önerilen modelin uyum değerleri incelenmiş ve ölçeğin geçerli yapısı çeşitli uyum indeksleriyle desteklenmiştir.

Bu sistematik sunum, ölçme aracının psikometrik özelliklerinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlamış ve araştırma bulgularının açık ve anlaşılır bir biçimde aktarılmasını desteklemiştir. Her bir analiz yöntemi, ölçeğin farklı boyutlarını incelemek amacıyla özenle seçilmiş ve titizlikle uygulanmıştır. Toplanan veriler öncelikle Rasch analizine tabi tutulmuş,

böylece ölçeğin boyutsal yapısı değerlendirilmiştir. Ardından, veriler SPSS 20 programına aktarılmış ve gerekli istatistiksel işlemler için hazır hale getirilmiştir. Elde edilen bulgular, araştırmanın amacına uygun olarak üç alt başlık altında sistematik bir biçimde sunulmuştur.

Pilot uygulamadan elde edilen veriler üzerinde madde analizi yapılarak, testteki maddelerin madde güçlük indeksi (p) ve madde ayırt edicilik indeksi (d) değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar için öğrenci puanları büyükten küçüğe doğru sıralanmış ve öğrenci sayısının %27'si kadar alt ve üst gruplar oluşturulmuştur. Alt ve üst gruplar belirlendikten sonra, madde güçlüğü ($p = (Dü + Da) / 2N$) ve madde ayırt ediciliği ($d = (Dü - Da) / N$) formülleri kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Bu formüllerde; p: madde güçlüğü, d: madde ayırt ediciliği, Dü: maddeyi doğru cevaplayan üst grup öğrenci sayısı, Da: maddeyi doğru cevaplayan alt grup öğrenci sayısı ve N: toplam öğrenci sayısını ifade etmektedir (Baykul, 2021; Gönen, Kocakaya, & Kocakaya, 2011; Özçelik, 2010).

Tüm bu analizlerin yanı sıra, testin ölçtüğü yapının tek boyutlu olup olmadığını belirlemek ve ölçme aracının madde performanslarını daha ayrıntılı biçimde değerlendirmek amacıyla Rasch modeline dayalı boyut analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz ile testin yapısal geçerliği desteklenmiş ve madde uyum indeksleri incelenerek ölçme aracının psikometrik özellikleri güçlendirilmiştir.

BULGULAR

Çalışmanın bulguları üç temel bölüm halinde yapılandırılarak sunulmuştur:

1) Rasch ile boyut analizi

Bu çalışmada, kavramsal anlama testinin boyutlarını incelemek amacıyla Rasch modeli temel alınarak çok boyutlu analiz yöntemleri kullanılmıştır. Rasch analizi, verilerde gözlemlenen yanıt deseninin, modelin beklediği teorik desene karşılık gelip gelmediğini değerlendirerek verilerin modelle uyushup uyuşmadığını test etmektedir (Tennant ve Conaghan, 2007). Aynı zamanda analiz sürecinde, testin tek boyutlu olup olmadığı veya birden fazla boyuta sahip olup olmadığı, standartlaştırılmış artık varyans ve temel bileşenler analizi (PCA) ile incelenmiştir.

Rasch analizinden elde edilen sonuçlara göre model veri uyumunun sağlanması ile ilgili olarak iki aşamalı kavramsal anlama testinde bulunan 20 maddeyi cevaplayan 107 öğrenci için özet istatistikler Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo3. Kişi ve madde ölçümlerine ilişkin betimleyici istatistikler ve rasch analizi sonuçları.

Ölçüm Türü	Ham Puan	SD	Rasch Puanı	SD	Uyum İçi	Uyum Dışı	Ayırıcılık (S)	Güvenilirlik (R)
Kişi Ölçümleri (N=107)	60.0	9.2	54.53	5.40	1.02	0.99	1.49	.69
Madde Ölçümleri (N=20)	320.9	52.6	50.00	4.32	1.01	0.99	4.12	.94

Tablo 3'te görüldüğü gibi Rasch kişi güvenirliği .69 olarak hesaplanmıştır. Rasch kişi güvenirliği, kişilerin ölçüm süreci boyunca tahmini konumlarına (lokasyonlarına) dayalı olarak hesaplanır. Bu değer, Cronbach's Alpha katsayısına benzer bir şekilde ölçüm tutarlılığını gösterir; ancak genellikle Cronbach's Alpha'dan daha düşük çıkar. Bunun nedeni, Rasch güvenirlik hesaplamalarının uç değerleri (aşırı yüksek veya düşük puanlar) içermemesidir. Bu durum, ölçümün daha hassas ve gerçekçi bir şekilde değerlendirilmesini sağlar (Bond & Fox, 2007; Linacre, 2014).

Madde güvenirliği ise .94 olarak hesaplanmıştır. Bu yüksek değer, maddelerin iç tutarlılığının çok iyi olduğunu ve ölçme aracının güvenilir bir şekilde çalıştığını gösterir. İç tutarlılık, maddelerin aynı yapıyı ölçtüğünü ve birbiriyle uyumlu olduğunu ifade eder (Bond & Fox, 2007).

Uyum içi (infit) ve uyum dışı (outfit) istatistikler incelendiğinde, bu değerlerin 1'e yakın olması, veri toplama aracının uygulandığı örnekleme uyumlu olduğunu gösterir. Ayrıca, bu durum tüm maddelerin ve yanıtlayıcıların tek bir yapıyı ölçtüğünü ve ölçme aracının geçerli olduğunu desteklemektedir (Bond & Fox, 2007).

Kişi ve madde haritası (Wright Map), Rasch analizinde kişilerin yetenek seviyeleri ile maddelerin zorluk seviyelerini aynı ölçek üzerinde gösteren bir görseldir (bkz. Şekil 2). Bu harita, kişilerin ve maddelerin ölçek üzerindeki konumlarını anlamak için kullanılır. Bu çalışmada, 107 kişi (person) ve 20 madde (item) üzerinde Rasch analizi gerçekleştirilmiştir. Analizler, WINSTEPS 4.8.2.0 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Kişi-madde haritası (Wright Map), ölçüm ölçeği boyunca kişilerin yetenek seviyeleri ile maddelerin zorluk seviyelerini aynı ölçek üzerinde görselleştirmektedir. Bu harita, kişilerin ve maddelerin ölçek üzerindeki konumlarını anlamak ve ölçme aracının geçerliliğini değerlendirmek için kullanılmıştır (Bond & Fox, 2007).

Wright Map Haritasında Kişi ve Madde Dağılımı

Wright Map haritasında Kişi-madde haritasında, ölçüm değeri (Measure) yüksek olan kişiler ve maddeler üstte, düşük olanlar ise altta yer almaktadır. Bu dağılıma göre:

Yüksek ölçüm değerine sahip kişiler (örneğin, 60 ve üzeri), daha yetkin veya güçlü yanıtlar vermiş olarak değerlendirilmiştir. Bu kişiler, ölçeğin üst kısımlarında yer alan daha zorlu maddelere başarıyla yanıt verebilmiştir.

Düşük ölçüm değerine sahip kişiler (örneğin, 50 ve altı), görece daha az başarılı veya düşük yeterlilik düzeyine sahip olarak değerlendirilmiştir. Bu kişiler, genellikle ölçeğin alt kısımlarında yer alan daha kolay maddelere yanıt verebilmiştir.

Wright Map Haritasında Maddelerin Zorluk Seviyeleri

Maddeler, S1, S2, ..., S20 şeklinde kodlanmıştır ve ölçüm ölçeği boyunca belirli değerlerde yerleştirilmiştir. Örneğin:

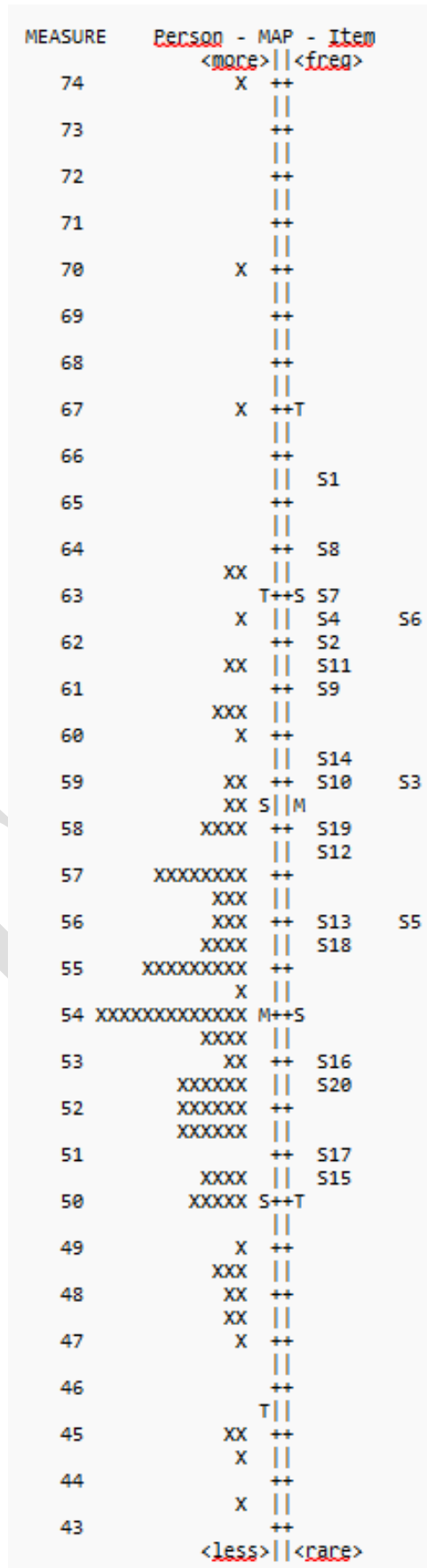
S15 ve S17 maddeleri, 58 ölçüm değerinde yer alarak görece daha zorlu maddeler olarak sınıflandırılmıştır.

S9 maddesi, 48 ölçüm değerinde yer alarak orta düzeyde bir zorluk seviyesine sahiptir.

S1 maddesi, 43 ölçüm değerinde yer alarak daha kolay bir madde olarak değerlendirilmiştir.

Kişi-madde haritası (Şekil 2), maddelerin zorluk seviyeleri hakkında net bir fikir verirken, ölçme aracının farklı yetenek düzeylerindeki kişileri ayırt etme konusunda etkili olduğunu göstermektedir. Haritaya göre, daha üstte yer alan kişiler (yüksek yetenek seviyesine sahip olanlar) zorlu maddelere başarıyla yanıt verebilirken, daha altta yer alan kişiler (düşük yetenek seviyesine sahip olanlar) genellikle daha kolay maddelere yanıt verebilmiştir. Bu uygunluk, ölçme aracının geçerli ve kullanışlı olduğunu desteklemektedir.

Rasch analizinde, ölçeğin tek boyutlu olup olmadığını test etmek için **standartlaştırılmış artık varyans analizi** (standardized residual variance analysis) yapılır. Bu analiz, ölçeğin tek bir yapıyı ölçüp ölçmediğini belirlemeye yardımcı olur. Yapılan analiz sonucunda, toplam varyansın %30.1'i ölçümler tarafından açıklanmıştır. Bu, ölçeğin ölçmek istediği yapıyı kısmen açıkladığını göstermektedir. Ancak, açıklanamayan varyansın %69.9 olması, ölçeğin tek boyutluluğunu sorgulatmaktadır. Bu durum, ölçeğin birden fazla boyutu ölçüyor olabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca, **PCA (Principal Component Analysis)** kontrastları kullanılarak, ölçeğin tek boyutluluğu daha detaylı incelenmiştir. İlk kontrastta açıklanamayan varyansın %8.2 olması, ölçeğin tek boyutluluğunu destekleyen bir bulgu olarak yorumlanabilir. Ancak, ikinci ve üçüncü kontrastlarda açıklanamayan varyansın artması, ölçeğin birden fazla boyutu ölçüyor olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. Madde ve kişi haritası (Wright Map)

a. Birinci Faktör

Birinci faktör, ölçeğin ana boyutunu temsil eder. Bu faktörde, açıklanamayan varyansın %8.2 olması, ölçeğin ana boyutunun güçlü olduğunu göstermektedir. Ancak, bu varyansın %11.8'e kadar çıkması, ölçeğin tek boyutluluğunu sorgulamakta birden fazla boyutunun olabileceğini göstermektedir.

b. İkinci ve Üçüncü Faktörler

İkinci ve üçüncü faktörlerde açıklanamayan varyansın sırasıyla %6.4 ve %5.7 olması, ölçeğin ek boyutlarının da önemli olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, ölçeğin birden fazla boyutu ölçüyor olabileceğine işaret etmektedir. Özellikle, ikinci ve üçüncü kontrastlarda yüksek korelasyonların bulunması, bu boyutların ölçeğin yapısında önemli bir rol oynadığını düşündürmektedir. Bu verilere göre kavramsal anlama testi ölçeğinin birden fazla boyuta sahip olduğunu elde edilen PCA analizlerine göre ölçeğin 3 boyutta olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda kavramsal anlama testi ölçeğinin 3 boyutta incelenerek 3 faktör altında sorular analiz edilmiştir. 1. Faktör Işığın soğurulması 2. Faktör Aynalar 3. Faktör ise ışığın kırılması ve mercekler olarak açıklanmıştır.

2) Ölçeğin Geçerliğine İlişkin Bulgular

Bu bölümde iki aşamalı kavramsal anlama testi ölçeğinin geliştirilmesi sürecine ilişkin açıklayıcı ve doğrulayıcı faktör analizleri ile güvenirlik analizlerinin bulguları sunulmuştur.

Açıklayıcı faktör analizinde önce, örneklem büyüklüğünün faktörleştirmeye uygun olup olmadığını belirlemek için KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) testi uygulanmıştır. Analiz sonucunda KMO değerinin .695 çıktığı görülmüştür. KMO katsayısının .60 ile .70 arasında olması, örneklem büyüklüğünün "orta düzeyde uygun" olduğunu göstermektedir (Şencan, 2005; Tavşancıl, 2005). Diğer yandan, verilerin faktör analizine uygun kabul edilebilmesi için Bartlett testi sonucunun anlamlı olması gerekmektedir (Büyüköztürk, 2003; Field, 2005; Şencan, 2005; Tavşancıl, 2005). Ölçeğin Bartlett küresellik testi sonuçları ($\chi^2(91) = 250.563$; $p < .001$) anlamlı bulunmuştur. Elde edilen bu değerler, veri setinin faktörleştirmeye uygun olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlara göre, örneklem büyüklüğünün faktör analizi için orta düzeyde uygun olduğu ve verilerin faktör analizi yapmaya elverişli olduğu sonucuna varılmıştır.

Faktör analizi, birbirleriyle ilişkili çok sayıda değişkeni daha az sayıda yeni faktörler altında gruplayarak, değişken sayısını azaltmayı amaçlayan bir istatistiksel tekniktir (Ural & Kılıç, 2006; Çokluk, Şekercioğlu, & Büyüköztürk, 2010). Bu analiz, ölçek maddelerinin altında yatan temel yapıyı ortaya çıkarmak ve bu yapıyı daha anlamlı ve yorumlanabilir hale getirmek için kullanılır. Bu çalışmada, faktör analizi Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis- PCA) ve Varimax Döndürme (Varimax Rotation) teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Temel Bileşenler Analizi, değişkenler arasındaki varyansı maksimize ederek, veri setinin temel bileşenlerini ortaya çıkarmayı hedefler. Varimax döndürme ise, faktör yüklerini daha net ve yorumlanabilir hale getirmek için kullanılan bir döndürme tekniğidir. Bu teknik, faktörlerin birbirinden bağımsız olmasını sağlayarak, her bir maddenin hangi faktöre daha güçlü bir şekilde yüklendiğini belirlemeye yardımcı olur (Field, 2005; Tavşancıl, 2005).

Faktör yükleri .40'ın üzerinde olan maddeler dikkate alınmış ve bu kriteri karşılamayan maddeler analizden çıkarılmıştır. Faktör yük değerinin 0.40 ve üstü olması madde seçimi için iyi bir ölçüt kabul edilmektedir (Nunnally ve Bernstein, 1994). Bazı maddelerin bileşenler matrisindeki faktör yüklerinin 0.30'dan küçük olması veya farklı faktörlerde yer alan yüklerinin arasındaki farkın 0.10'dan küçük olmasından dolayı bu maddeler çıkarılmış ve analiz tekrar edilmiştir (Çokluk, Şekercioğlu ve Büyüköztürk, 2012). Elde edilen faktör yükleri, .508 ile .637 arasında değişmekte olup, bu değerler ölçek maddelerinin faktörlere yeterli düzeyde yüklendiğini göstermektedir (Nunnally ve Bernstein, 1994). Yapı geçerliliğini bozan maddeler atıldıktan sonra faktör yükleri tekrar hesaplanmış, elde edilen dik döndürülmüş (varimax) bileşen matrisi (faktör analizi sonuçları) Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Ölçeğin faktör analizi sonuçları ve açıklanan varyans değerleri.

Madde No	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Ortak Varyans	Öz Değer	Açıklanan (%)	Varyans
S1	.566	—	—	.360	3.338	23.844	
S2	.701	—	—	.574	1.450	10.358	
S3	.628	—	—	.570	1.368	9.770	
S6	.589	—	—	.497	1.073	7.665	
S7	.528	—	—	.397	0.994	7.101	
S8	—	.613	—	.478	0.952	6.798	
S10	—	.441	—	.266	0.915	6.536	
S12	—	.529	—	.440	0.779	5.563	
S14	—	.613	—	.434	0.605	4.319	
S19	—	.537	—	.322	0.356	2.543	
S13	—	—	.640	.470	0.721	5.149	
S15	—	—	.802	.659	0.549	3.923	
S16	—	—	.447	.316	0.464	3.314	
S20	—	—	.579	.372	0.436	3.115	

Toplam Açıklanan Varyans: %43.973

Faktör analizi sonucunda, öz değeri 1'den büyük üç faktör altında toplandığı, bu faktörler toplam varyansın %43.973'ünü açıklamaktadır. Çok boyutlu ölçeklerde varyansın %40 ile %60 arasında olması yeterli görülmektedir (Tavşancıl, 2005). Bu sonuçlar ölçek için toplam varyansın yeterli olduğunu göstermektedir. Yapılan analizler sonucunda faktör yükleri, özdeğerler ve varyanslar dikkate alındığında, ölçeğin 3 faktörlü bir yapıya sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Her bir faktör için Tablo 2'de verilen madde ifadeleri göz önüne alınarak Faktör 1: Işığın Soğurulması, Faktör 2: Aynalar, Faktör 3: Işığın Kırılması ve Mercekler olarak isimlendirilmiştir.

Faktörlerin birbirleriyle ve ölçeğin kendisiyle ilişkilerini incelemek için Pearson Kolerasyonu değerlerine bakılmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. İki aşamalı kavramsal anlama testi faktörleri arasındaki pearson korelasyon katsayıları.

Değişkenler	Ölçek	Faktör1: Işığın Soğurulması	Faktör:2 Aynalar	Faktör 3: Işığın Kırılması ve Mercekler
Ölçek	—	.754*	.688*	.703*
Işığın Soğurulması	.754*	—	.365*	.343*
Aynalar	.688*	.365*	—	.322*
Işığın Kırılması ve Mercekler	.703*	.343*	.322*	—

Not. * $p < .01$

Tablo 5'te görüldüğü gibi, tüm faktörlerin birbirleriyle ve ölçeğin geneliyle anlamlı düzeyde pozitif yönde ilişkili olduğu görülmektedir (Büyüköztürk, 2002). Faktörler arasındaki korelasyon değerleri .322 ile .754 arasında değişmektedir.

3) Ölçeğin Güvenirliğine İlişkin Bulgular

Bu bölümde, geliştirilen ölçeğin güvenirlik analizlerine ilişkin bulgular sunulmuştur. Ölçeğin güvenirliğini değerlendirmek amacıyla Cronbach's Alpha iç tutarlılık katsayısı hesaplanmış ve madde analizleri yapılmıştır.

Aşağıda, 14 maddelik kavramsal anlama testine ait güvenirlik analizi sonuçları Tablo 6 da sunulmuş ve yorumlanmıştır. Analizler, testin iç tutarlılığını değerlendirmek amacıyla **Cronbach's Alpha** katsayısı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 6. 14 Maddelik kavramsal anlama testinin güvenirlik analizi sonuçları.

Ölçek/Faktörler	Cronbach's α	Madde Sayısı	Yorumlama
Tüm Test (14 Madde)	0.739	14	Kabul edilebilir düzeyde güvenirlik ($\alpha > .70$)
Işığın Soğurulması	0.640	5	Sınırdaki kabul edilebilirlik ($\alpha \approx .60$)
Aynalar	0.581	5	Düşük güvenirlik ($\alpha < .60$)
Işığın Kırılması ve Mercekler	0.566	4	Düşük güvenirlik ($\alpha < .60$)

Ölçeğin psikometrik özelliklerini değerlendirmek amacıyla yapılan iç tutarlılık analizleri sonucunda, 14 maddeden oluşan ölçeğin tamamı için Cronbach's alpha katsayısı .739 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, ölçeğin genelinde kabul edilebilir düzeyde bir iç tutarlılığa sahip olduğunu göstermektedir ($\alpha > .70$).

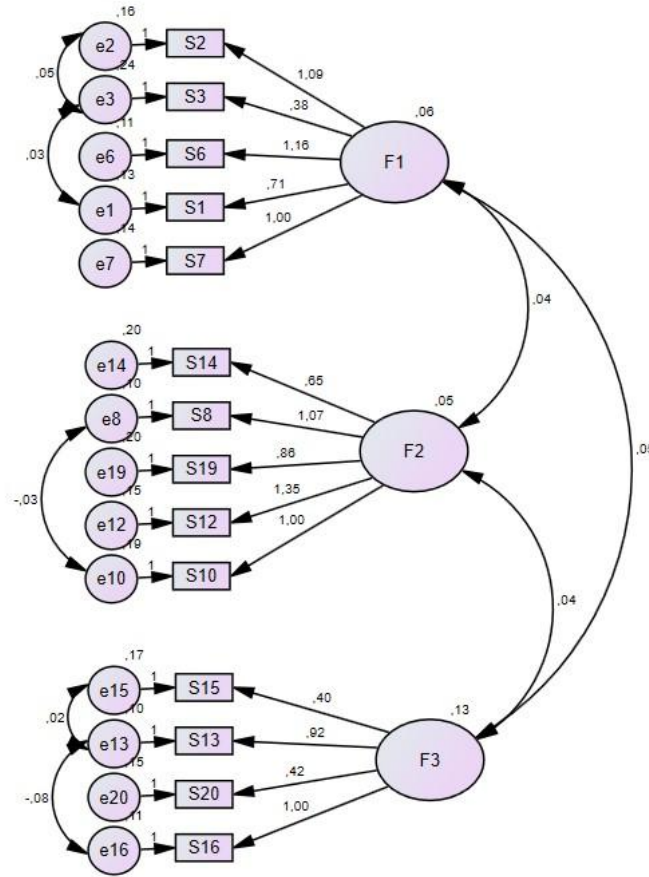
Faktör bazında yapılan analizlerde ise şu sonuçlar elde edilmiştir:

Faktör 1 (S2, S3, S6, S1, S7 maddelerinden oluşan "Işığın Soğurulması" alt boyutu) için hesaplanan Cronbach's alpha değeri .640 olarak bulunmuştur. Bu sonuç, alt boyutun sınırdaki kabul edilebilir düzeyde bir iç tutarlılığa sahip olduğunu göstermektedir (Tabachnick ve Fidell, 2007).

Faktör 2 (S14, S8, S19, S12, S10 maddelerinden oluşan "Aynalar" alt boyutu) için iç tutarlılık katsayısı .581 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, alt boyutun iç tutarlılık düzeyinin kabul edilebilir sınırların altında kaldığını göstermektedir.

Faktör 3 (S15, S13, S20, S16 maddelerinden oluşan "Işığın Kırılması ve Mercekler" alt boyutu) için ise Cronbach's alpha değeri .566 olarak bulunmuştur. Bu sonuç, alt boyutun da yeterli iç tutarlılık düzeyine ulaşamadığını göstermektedir.

Araştırma kapsamında geliştirilen Kavramsal Anlama Testinin yapı geçerliliğini belirlemek amacıyla doğrulayıcı faktör analizi (DFA) uygulanmıştır. DFA sonuçları, ölçme aracının "Işığın Soğurulması", "Aynalar" ve "Işığın Kırılması ve Mercekler" olmak üzere üç faktörden oluşan yapısal modelinin veriyle istatistiksel olarak anlamlı ve uyumlu olduğunu göstermektedir (Şekil 3) Analizler AMOS 17 programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir ve bu analiz yöntemi, gözlenen değişkenler ile kuramsal olarak öngörülen yapılar arasındaki ilişkiyi test etmede etkili bir tekniktir (Brown, 2015).



Şekil 3. Kavramsal anlama testine ait doğrulayıcı faktör analizi modeli.

Tablo 7. DFA'ya göre kavramsal anlama testi faktör yapısı ve standartlaştırılmış yük değerleri.

Faktör	Maddeler	Yük Aralığı	Ortalama Yük	Açıklanan Varyans
Işığın Soğurulması	S1, S2, S3, S6, S7	.62-.78	.71	%58.3
Aynalar	S8, S10, S12, S14, S19	.54-.83	.69	%52.7
Işığın Kırılması ve Mercekler	S13, S15, S16, S20	.58-.81	.72	%60.1

Not: Tüm yük değerleri $p < .001$ düzeyinde anlamlıdır.

Model yapısı ve faktör yükleri incelendiğinde (Tablo 7) Işığın Soğurulması faktörü S1, S2, S3, S6 ve S7 maddelerinden; Aynalar faktörü S8, S10, S12, S14 ve S19 maddelerinden; Işığın Kırılması ve Mercekler faktörü ise S13, S15, S16 ve S20 maddelerinden oluşmaktadır. Her bir madde, ait olduğu faktöre yüksek ve anlamlı faktör yükleriyle bağlanmış, çapraz yüklenme gözlenmemiştir. Bu durum, her bir maddenin özgül kavramları temsil etme gücünün yüksek olduğunu ve geçerliliğini desteklediği göstermektedir (Brown, 2015; Byrne, 2016).

Tablo 8. Model uyum istatistikleri.

Uyum İndeksi	Değer	Kabul Kriteri	Yorum
χ^2 (sd)	70.867 (69)	$p > .05$	Uyumlu
χ^2/sd	1.027	< 2	Mükemmel
RMSEA	.016	$< .08$	Mükemmel
SRMR	.013	$< .08$	Mükemmel
CFI	.989	$> .95$	Mükemmel
TLI	.986	$> .95$	Mükemmel
GFI	.920	$> .90$	Kabul edilebilir
AGFI	.879	$> .85$	Kabul edilebilir

Modelin uyum iyiliği indeksleri incelendiğinde (Tablo 8), Ki-kare değerinin anlamlı olmadığı görülmektedir ($\chi^2 = 70.867$, $sd = 69$, $p = .415$). Ki-kare/serbestlik derecesi oranı ($\chi^2/sd = 1.027$) < 2 kriterini karşılamakta ve bu durum modelin mükemmel uyum gösterdiğine işaret etmektedir (Kline, 2016). RMSEA = .016 ve RMR = .013 değerleri, hata terimlerinin çok düşük olduğunu göstermekte; GFI = .920, AGFI = .879, CFI = .989, TLI = .986 ve IFI = .990 değerleri ise modelin genel yapısal uyumunun oldukça yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle CFI ve TLI gibi görece uyum indekslerinin .95 üzerinde olması, modelin güçlü bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir (Hu ve Bentler, 1999).

Modelin sadelik düzeyini yansıtan PNFI = .555 ve PCFI = .750 değerleri, yapının açıklayıcılığı ile ekonomiklik arasında uygun bir denge sağladığını göstermektedir. Ek olarak, ECVI = 1.348; AIC = 142.867, BCC = 154.735 ve BIC = 239.089 değerleri, test edilen modelin daha az karmaşık ve tercih edilebilir olduğunu göstermektedir (Schumacker ve Lomax, 2010). Örneklem büyüklüğünün yeterliliğini gösteren Hoelter indeksi, .05 düzeyinde 134 ve .01 düzeyinde 149 olarak bulunmuştur. Bu değerler, örneklem sayısının modelin genel güvenilirliği açısından yeterli olduğunu göstermektedir (Hoelter, 1983).

Elde edilen bulgular, Kavramsal Anlama Testinin üç boyutlu yapısının kuramsal temele dayalı olarak geliştirildiğini ve psikometrik açıdan geçerli bir yapı sunduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, testin "Işığın Soğurulması", "Aynalar" ve "Işığın Kırılması ve Mercekler" kavramlarını bütüncül ve güvenilir bir şekilde ölçtüğü söylenebilir.

TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, ortaokul öğrencilerinin "Işığın Madde ile Etkileşimi" ünitesine yönelik kavramsal anlamalarını ve sahip oldukları kavram yanılgılarını belirlemeye yönelik geçerli ve güvenilir bir iki aşamalı kavramsal anlama testi geliştirilmiştir. Testin geçerlik ve güvenilirlik analizleri, ölçme aracının fen eğitimi alanında kullanılabilecek nitelikte olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, testin üç faktörlü bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir: "Işığın Soğurulması", "Aynalar" ve "Işığın Kırılması ve Mercekler". Bu faktörler, öğrencilerin kavramsal anlayışlarını bütüncül bir şekilde değerlendirmeye olanak sağlamıştır. Geliştirilen kavramsal anlama testinin fen eğitiminde öğrencilerin kavramsal anlayışlarını tanılamak ve ölçmek için yeterli geçerlik ve güvenilirliğe sahip olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada geliştirilen iki aşamalı kavramsal anlama testinin geçerlik ve güvenilirlik analizleri, ölçme aracının psikometrik açıdan güçlü bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymuştur. Rasch analizi sonuçlarına göre madde güvenilirliği .94 gibi oldukça yüksek bir düzeyde bulunmuş, bu durum test maddelerinin iç tutarlılığının yüksek olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, Bond ve Fox'un (2007) belirttiği gibi, maddelerin ölçtüğü yapıyla tutarlı şekilde davrandığını ve testin güvenilir bir ölçme aracı olduğunu

göstermektedir. Kişi güvenilirliğinin .69 düzeyinde kalması ise, Linacre'ın (2014) vurguladığı gibi, bireyler arası ayırt ediciliğin daha fazla maddeyle geliştirilebileceğine işaret etmektedir.

Rasch analizinden elde edilen tek boyutluluk verileri, testin kısmen bu varsayımı sağladığını ancak üç ayrı kavramsal boyutun “Işığın Soğurulması”, “Aynalar” ve “Işığın Kırılması ve Mercekler” daha açıklayıcı bir yapı sunduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgu, ışık konusundaki kavramların birbirinden bağımsız değilse de pedagojik olarak ayrı alt yapılar halinde ele alınması gerektiğine ilişkin alanyazınla (Galili ve Hazan, 2000; Anıl ve Küçüközer, 2017) örtüşmektedir.

Açımlayıcı Faktör Analizi (AFA) ve Doğrulamalı Faktör Analizi (DFA) sonuçları da testin üç faktörlü yapısını güçlü bir şekilde destekleyerek, toplam varyansın %43.97'sini açıklamıştır. Bu oran eğitim bilimleri alanındaki literatürde yapısal geçerlilik açısından yeterli kabul edilmektedir (Tavşancıl, 2005). Faktörler şu şekilde adlandırılmıştır:

1. Işığın Soğurulması (%23.84),
2. Aynalar (%10.36),
3. Işığın Kırılması ve Mercekler (%9.77).

Doğrulamalı Faktör Analizi (DFA) bulguları ise, her bir maddenin yalnızca ait olduğu faktöre yüksek ve anlamlı yüklerle bağlandığı, çapraz yüklemelerin gözlenmediği ve bu durumun modelin teorik yapısıyla örtüştüğü tespit edilmiştir. Bu bağlamda, Açımlayıcı Faktör Analizinde düşük yük değerine veya çift faktöre yakın yüklenen maddelerin elenmesiyle elde edilen daha net faktör yapısı, DFA sonuçlarının güçlü uyum indeksleriyle (CFI = .989, RMSEA = .016, $\chi^2/sd = 1.027$) desteklenmiş ve ölçeğin üç boyutlu yapısının geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu değerler, modelin teorik yapı ile yüksek düzeyde örtüştüğünü ve ölçeğin geçerliğini güçlü biçimde desteklediğini ortaya koymaktadır (Hu & Bentler, 1999; Brown, 2015).

Ölçeğin genel Cronbach's Alpha değeri .739 olup, kabul edilebilir bir iç tutarlılığa işaret etmektedir. Ancak alt boyutlara ait güvenilirlik değerleri daha düşük çıkmıştır (Aynalar: .581; Işığın Kırılması: .566). Bu durumun başlıca nedeni, her bir alt faktörde yer alan madde sayısının sınırlı olması olabilir. Literatürde, çok boyutlu yapılarda alt ölçeklerin güvenilirlik katsayılarının daha düşük olabileceği bildirilmiştir (Tabachnick & Fidell, 2007).

Geliştirilen iki aşamalı yapı, öğrencilerin sadece doğru cevaba ulaşmalarını değil, aynı zamanda bu bilgiye nasıl ulaştıklarını, sahip oldukları gerekçeleri ve akıl yürütme süreçlerini de ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, Treagust (1988) ve Karataş, Köse ve Coştu (2003) tarafından geliştirilen iki aşamalı testlerin işlevselliğine yönelik bulgularla örtüşmekte; tanılayıcı değerlendirme süreçlerinde öğrencilerin kavramsal yapılarının daha derinlemesine analizine olanak tanımaktadır.

Ayrıca, testin çok boyutlu yapısının teorik temellere dayanması ve bu yapının empirik verilerle desteklenmesi, kavramsal öğrenmenin alanlara özgü şekilde yapılandırılması gerektiği yönündeki yaklaşımları (Chi, Slotta & de Leeuw, 1994; Duit & Treagust, 2003) güçlendirmektedir. Özellikle ışığın soğurulması, yansıması ve kırılması gibi kavramların öğrenciler tarafından farklı bağlamlarda farklı şekilde anlaşıldığı, önceki araştırmalarda da rapor edilmiştir (Bacanak et al., 2012; Şahin Akyüz ve Çil, 2013). Bu bağlamda geliştirilen test, bu tür kavram yanlışlarını tanımlama ve eğitim sürecine yön verme açısından önemli bir araç işlevi görmektedir.

Sonuç olarak, geliştirilen testin öğrencilerin kavramsal yanlışlarını tespit etmek, bilişsel düzeylerini anlamak ve fen öğretim programına uygun bir değerlendirme aracı olarak kullanılmak açısından etkili olduğu ortaya konulmuştur. İki aşamalı yapısı sayesinde, yalnızca doğru bilgiye ulaşıp ulaşılmadığını değil, aynı zamanda öğrencilerin bu bilgiyi hangi mantıkla yapılandıklarını da belirlemeyi mümkün kılmaktadır. Bu özellikleriyle test, öğretmenlerin eğitim süreçlerini daha nitelikli hale getirebilmelerine önemli katkılar sağlayabilecek niteliktedir.

Sonuç

Bu çalışma kapsamında, ortaokul 7. sınıf düzeyindeki öğrencilerin "Işığın Madde ile Etkileşimi" ünitesine ilişkin kavramsal anlamalarını ve olası kavram yanlışlarını belirlemek amacıyla iki aşamalı bir kavramsal anlama testi geliştirilmiştir. Testin geçerlik ve güvenirlik analizleri, ölçme aracının fen eğitimi alanında kullanılabilecek nitelikte, güvenilir ve geçerli bir değerlendirme aracı olduğunu ortaya koymuştur.

Gerçekleştirilen kapsamlı istatistiksel analizler sonucunda, testin üç faktörlü bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Bu faktörler "Işığın Soğurulması", "Aynalar" ve "Işığın Kırılması ve Mercekler" olarak tanımlanmış; hem Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) hem de Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) bulguları, bu yapının teorik temele uygun ve veriyle tutarlı olduğunu göstermiştir. DFA sonuçları, modelin yüksek düzeyde uyum sağladığını ($CFI = .989$, $RMSEA = .016$, $\chi^2/sd = 1.027$) ve yapı geçerliğinin güçlü olduğunu ortaya koymuştur.

Bununla birlikte, Rasch analizi testin madde güvenirliğini oldukça yüksek düzeyde (.94) göstermiş; kişi güvenirliği ise orta düzeyde (.69) bulunmuştur. Bu durum, testin maddelerinin kavramsal yapıyı başarıyla temsil ettiğini, ancak bireysel ayırt ediciliğin artırılabilmesi için daha fazla madde ile desteklenebileceğini göstermektedir.

Geliştirilen testin iki aşamalı yapısı, öğrencilerin yalnızca doğru bilgiye ulaşmalarını değil, aynı zamanda bu bilgiyi nasıl yapılandırdıklarını da değerlendirme imkânı sunmaktadır. Bu yönüyle test, öğretmenlere hem öğretim öncesinde öğrencilerin ön bilgilerini belirlemede hem de öğretim sonrasında öğrenme eksiklerini tespit etmede işlevsel bir tanılayıcı değerlendirme aracı sunmaktadır. Ayrıca, öğretim programlarının değerlendirilmesi, kavram öğretim stratejilerinin planlanması ve öğrencilerin bilişsel gelişim süreçlerinin izlenmesi açısından da önemli bir potansiyel taşımaktadır.

Sonuç olarak, geliştirilen bu ölçme aracı, kavramsal anlama düzeylerini tanılamaya yönelik geçerli ve güvenilir bir araç olarak fen bilimleri öğretmenleri ve araştırmacıları için güçlü bir kaynak niteliğindedir. Özellikle kavram yanlışlarının erken tespiti ve giderilmesine yönelik süreçlerde, testin eğitim-öğretim ortamına anlamlı katkılar sunacağı değerlendirilmektedir.

Öneriler

- Öğretim Sürecinde Kullanım:** Geliştirilen test, fen bilimleri öğretmenleri tarafından öğretim öncesi ve sonrasında tanılayıcı değerlendirme aracı olarak kullanılabilir. Bu sayede öğrencilerin ön bilgileri ve kavram yanlışları tespit edilerek öğretim süreci buna göre şekillendirilebilir.
- Madde Sayısının Artırılması:** Özellikle "Aynalar" ve "Işığın Kırılması ve Mercekler" alt boyutlarına ait madde sayısı artırılarak güvenirlik düzeyleri iyileştirilebilir. Ayrıca, testin bireysel ayırt ediciliğini artırmak için yeni maddeler eklenebilir.
- Farklı Konu Alanlarına Uygulanması:** Benzer iki aşamalı testler, fen eğitimindeki diğer konu alanları için de geliştirilebilir. Bu, kavram yanlışlarının belirlenmesine yönelik sistematik bir ölçme-değerlendirme yaklaşımı sunacaktır.
- Öğretmen Eğitiminde Kullanım:** Test, öğretmen adaylarının kavram yanlışlarını tanıma ve giderme becerilerini geliştirmek amacıyla hizmet öncesi eğitim programlarında kullanılabilir.
- Uygulamanın Yaygınlaştırılması:** Testin farklı örneklem gruplarına uygulanarak geçerlik ve güvenirlik çalışmalarının tekrarlanması, ölçme aracının genellenebilirliğini artırabilir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile geliştirilen iki aşamalı kavramsal anlama testinin hem araştırmacılar hem de uygulayıcılar için etkili ve işlevsel bir tanılayıcı ölçme aracı olduğu söylenebilir. Kavram yanlışlarının belirlenmesi ve giderilmesine yönelik çabaların, öğrencilerin fen okuryazarlığına ve bilimsel düşünme becerilerine doğrudan katkı sunduğu göz önünde bulundurulduğunda, bu tür ölçme araçlarının eğitimde yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır.

Etik ve Çıkar Çatışması

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilgisi Öğretmenliği doktora programında yapılan “Yansıtıcı Düşünme ve Yazma Uygulamalarının Ortaokul Öğrencilerinin Kavramsal Anlamalarına, Üst Biliş ve Eleştirel Düşünme Becerilerine Etkisi” başlıklı tezden üretilmiştir. Yazarlar araştırmanın tüm süreçlerinde etik kurallara uygun davranıldığını ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKÇA

- Adadan, E., & Savaşçı, H. S. (2012). Integrating visual representations with scientific modeling: The impact on students' understanding of the particulate nature of matter. *International Journal of Science Education*, 34(2), 275–297. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.582522>
- Akyıldız, S. (2020). Ortaokul öğrencilerinin fen bilimleri dersine yönelik tutumlarının bazı değişkenler açısından incelenmesi. *Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 8(1), 14–26.
- Alkış Küçükaydın, M. (2020). Ortaokul öğrencilerinin fen kavramlarına yönelik sahip oldukları kavram yanlışlarının belirlenmesi. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 16(2), 106–120.
- Anıl, D., & Küçüközer, H. (2017). Ortaokul öğrencilerinin düzlem aynada görüntü oluşumu konusundaki zihinsel modelleri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 25(4), 1409–1426.
- Anıl, D., & Küçüközer, H. (2017). Öğrencilerin düzlem aynaya ilişkin kavram yanlışlarının belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 41, 1–14. <https://doi.org/10.9779/pauefd.389720>
- Artdej, R., Ruenwongsa, P., & Paniippan, B. (2010). Diagnostic test on stoichiometry and conceptual change in chemistry learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(3), 379–406.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Aydın, H. (2007). Işık ve optik konularında kavram yanlışları. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1), 95–108.
- Bacanak, A., Değirmenci, S., & Karamustafaoğlu, S. (2012). Güneş sistemine yönelik kavram yanlışları. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 47–53.
- Bacanak, A., Yalçın, N., & Özbek, G. (2012). Fen ve teknoloji öğretiminde karşılaşılan kavram yanlışları: Gökkuşakı örneği. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 1(3), 198–207.
- Bakırcı, H., Taşdemir, A., & Eş, H. (2016). Fen bilgisi öğretmen adaylarının optik konularındaki kavram yanlışlarının belirlenmesi. *Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi*, 3(1), 13–25.
- Baykul, Y. (2015). *İlköğretimde matematik öğretimi* (13. baskı). Pegem Akademi.
- Blizak, D., Chafiqi, F., & Hogg, K. (2009). Algerian students' understanding of image formation by converging lenses: A study using two-tier multiple choice questions. *Physics Education*, 44(1), 55–61. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/44/1/008>
- Bond, T. G., & Fox, C. M. (2007). *Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Brown, T. A. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research* (2nd ed.). The Guilford Press.
- Burns, J., Okey, J., & Wise, K. C. (1985). Development of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(2), 145–155.
- Büyüköztürk, Ş. (2002). Faktör analizi: Temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. *Eğitim Yönetimi*, 32(4), 470–483.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç-Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2013). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Pegem Akademi.
- Byrne, B. M. (2016). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming* (3rd ed.). Routledge.
- Can, A. (2017). *SPSS ile bilimsel araştırma sürecinde nicel veri analizi* (5. baskı). Pegem Akademi.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & de Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4(1), 27–43.
- Chu, H. E., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2009). Naïve students' conceptual development and change concerning electrochemistry: A case study using multiple conceptual change model. *International Journal of Science Education*, 31(12), 1587–1604.

- Çepni, S. (2019). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş* (7. baskı). Celepler Matbaacılık.
- Çetinkaya, S., & Taş, A. (2016). Ortaokul öğrencilerinin fen konularındaki kavram yanlışlarının belirlenmesi. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5(2), 342–358.
- Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G., & Büyüköztürk, Ş. (2010). *Sosyal bilimler için çok değişkenli istatistik: SPSS ve LISREL uygulamaları*. Pegem Akademi.
- Damanhuri, M. I., Treagust, D. F., Won, M., & Chandrasegaran, A. L. (2016). High school students' understanding of electrochemistry: The influence of symbolic representation. *International Journal of Science Education*, 38(10), 1561–1582.
- Demirci, N., & Efe, R. (2007). The use of two-tier diagnostic test to assess students' misconceptions in physics. *Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 57–73.
- Demircioğlu, H., Demircioğlu, G., & Ayas, A. (2005). Kavram yanlışlarını belirlemek için iki kademeli test geliştirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29, 115–125.
- DeVellis, R. F. (2016). *Scale development: Theory and applications* (4th ed.). Los Angeles: Sage.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688.
- Erman, E. (2017). Fen öğretiminde kavram yanlışlarının belirlenmesi: Işık ünitesi örneği. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 25(6), 2181–2196.
- Field, A. (2005). *Discovering statistics using SPSS* (2nd ed.). Sage.
- Galili, I., & Hazan, A. (2000). Learners' knowledge in optics: Interpretation, structure and analysis. *International Journal of Science Education*, 22(1), 57–88.
- Gönen, S., Kocakaya, S., & Kocakaya, F. (2011). Fizik öğretiminde kavram yanlışlarına yönelik iki kademeli test geliştirme. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 1(3), 251–258.
- Hoelter, J. W. (1983). The analysis of covariance structures: Goodness-of-fit indices. *Sociological Methods & Research*, 11(3), 325–344.
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55.
- Kaewkhong, K., Wongkia, W., Panijpan, B., & Ruenwongsa, P. (2010). Thai high-school students' misconceptions about and models of light refraction through convex lenses. *Physics Education*, 45(1), 97–107.
- Kaltakçı, D., & Eryılmaz, A. (2010). Developing a three-tier test to assess high school students' misconceptions about simple electric circuits. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(3), 583–603.
- Karataş, F. Ö., Köse, S., & Coştu, B. (2003). Fen öğretiminde kavram yanlışlarının belirlenmesine yönelik iki kademeli test geliştirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14, 45–54.
- Kline, R. B. (2016). *Principles and practice of structural equation modeling* (4th ed.). New York: Guilford Press.
- Kocakulah, A., & Demirci, A. (2010). Öğrencilerin düzlem ayna konusundaki kavram yanlışlarının tespiti. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29, 45–64.
- Kocakulah, A., & Turan, R. (2019). Ortaokul öğrencilerinin fen kavramlarına ilişkin sahip oldukları kavram yanlışlarının belirlenmesi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9(1), 84–96.
- Kousathana, M., Demerouti, M., & Tsapalis, G. (2005). Instructional misconceptions in acid-base equilibria: An analysis of students' answers. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(3), 134–151.
- Kurtoğlu-Güldalı, F., & Karşı-Baydere, F. (2023). Ortaokul düzeyinde bilimsel süreç becerilerinin ölçülmesine yönelik test geliştirme. *Eğitim Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 123–145.
- Linacre, J. M. (2014). *A user's guide to WINSTEPS MINISTEP: Rasch-model computer programs* (Version 3.81). Winsteps.com.
- Lu, Y., & Bi, H. (2016). Developing and evaluating two-tier multiple-choice diagnostic test for chemistry. *International Journal of Science Education*, 38(1), 73–93. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1115929>
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2013). *Ortaokul Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2024). *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli: Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı Taslağı*. Ankara: MEB Yayınları.

- Novak, J. D. (2010). Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 6(3), 21–30.
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Orwat, R., Holmes, N. G., & Bonn, D. A. (2017). The role of in-lab activities in student learning. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010123.
- Osborne, R. J. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Science & Technological Education*, 1(1), 73–82.
- Özçelik, D. A. (2010). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme*. Pegem Akademi.
- Peterson, R. F., Treagust, D. F., & Garnett, P. J. (1989). Development and application of a diagnostic instrument to evaluate Grade-11 and -12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(4), 301–314.
- Sahin Akyüz, S., & Çil, E. (2013). Ortaokul öğrencilerinin renk ve ışık ile ilgili kavram yanlışlarının giderilmesine yönelik öğretim materyali geliştirilmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(2), 295–317.
- Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2010). *A beginner's guide to structural equation modeling* (3rd ed.). Routledge.
- Smith, J. P., diSessa, A. A., & Roschelle, J. (1994). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(2), 115–163.
- Soeharto, S., Csapó, B., Sarimanah, E., Dewi, F. I., & Sabri, T. (2019). A review of students' common misconceptions in science and their diagnostic assessment tools. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(2), 247–266. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i2.18649>
- Şahin Akyüz, S., & Çil, E. (2013). Ortaokul öğrencilerinin ışık ve görme konularındaki kavram yanlışları. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 9(2), 123–138.
- Şahin, Ç., & Çepni, S. (2011). Kuvvet ve hareket ünitesine yönelik iki kademeli test geliştirilmesi. *Eğitim ve Bilim*, 36(162), 234–247.
- Şencan, H. (2005). *Sosyal ve davranışsal ölçümlerde güvenirlik ve geçerlilik*. Seçkin Yayıncılık.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using multivariate statistics* (5th ed.). Pearson Education.
- Tan, K. C. D., Goh, N. K., Chia, L. S., & Treagust, D. F. (2002). Development and application of a two-tier multiple choice diagnostic instrument to assess high school students' understanding of inorganic chemistry qualitative analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(4), 283–301.
- Tavşancıl, E. (2005). *Tutumların ölçülmesi ve SPSS ile veri analizi*. Nobel Yayıncılık.
- Tennant, A., & Conaghan, P. G. (2007). The Rasch measurement model in rheumatology: What is it and why use it? *Arthritis & Rheumatism*, 57(8), 1358–1362.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159–169. <https://doi.org/10.1080/0950069880100204>
- Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1999). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 83(4), 423–450.
- Ural, A., & Kılıç, İ. (2006). *Bilimsel araştırma süreci ve SPSS ile veri analizi*. Detay Yayıncılık.
- Uysal, F., & Bostan Sarioğlu, A. (2020). Kavram öğretimi ve kavram yanlışlarının giderilmesine yönelik yaklaşımlar. *Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi*, 7(15), 86–110.
- Widarti, H. R., Riandi, R., & Wilujeng, I. (2016). Alternative conceptions in optical instruments among Indonesian high school students. *Journal of Science Learning*, 1(1), 29–33.
- Widiyatmoko, A., & Chimizu, K. (2018). A survey of pre-service science teachers' misconceptions about light and optics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1097, 012004.
- Yağbasan, R., & Gülçiçek, Ç. (2003). Fen öğretiminde kavram yanlışlarının belirlenmesi ve giderilmesi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(2), 131–146.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods* (4th ed.). Sage Publications.

EXTENDED ABSTRACT

The purpose of this study is to develop a valid and reliable two-tier conceptual understanding test for the 7th grade science unit “*Interaction of Light with Matter*” in order to assess middle school students’ conceptual understanding and identify their alternative conceptions. Science education plays a crucial role in enabling students to make sense of the natural world, yet many abstract concepts, particularly those related to light and optics, present persistent learning difficulties and misconceptions. The literature indicates that students often struggle with concepts such as absorption, reflection, and refraction of light, as well as image formation by mirrors and lenses, and they frequently demonstrate alternative frameworks that hinder meaningful learning. For this reason, it is necessary to construct diagnostic assessment tools that can systematically reveal these misconceptions and guide both instructional practices and future research. In this study, the test development process was carried out by adapting the stages proposed by Treagust (1988) and Baykul (2015), including the determination of the content domain, identification of misconceptions from literature and student responses, item construction, expert review, pilot implementation, and psychometric analyses. The research was conducted with 107 students from public middle schools in Manisa, Turkey, during the 2023–2024 academic year. The test was designed in two tiers: the first tier consisted of multiple-choice items measuring factual and conceptual knowledge, while the second tier required students to justify their answers, thereby allowing an evaluation of both the correctness of their responses and the reasoning underlying their choices. Statistical analyses were carried out using both classical and modern test theories. Confirmatory Factor Analysis (CFA) and Exploratory Factor Analysis (EFA) indicated a three-factor structure consisting of *Absorption of Light*, *Mirrors*, and *Refraction of Light and Lenses*. Goodness-of-fit indices showed that the model provided a strong fit to the data (CFI = .989; RMSEA = .016; $\chi^2/df = 1.027$). In addition, Rasch analysis results revealed a high level of item reliability (.94) and a moderate level of person reliability (.69). The overall Cronbach’s Alpha coefficient was calculated as .739, indicating acceptable internal consistency. These findings demonstrate that the developed two-tier test is a psychometrically sound instrument that can be used to measure students’ conceptual understanding and to diagnose misconceptions with a high degree of accuracy. Unlike traditional multiple-choice tests, the two-tier format not only identifies whether students select the correct answer but also provides insight into how they structure and justify their reasoning, thereby offering richer diagnostic information. The test is therefore valuable for teachers who aim to identify students’ preconceptions prior to instruction, to evaluate the effectiveness of teaching interventions, and to make informed pedagogical adjustments. Moreover, it offers researchers a validated tool that can contribute to the literature on diagnostic assessment, misconception research, and the development of reflective teaching practices. By providing empirical evidence regarding the test’s validity and reliability, this study fills an important gap in the field, as few conceptual understanding tests focusing specifically on the “*Interaction of Light with Matter*” unit at the middle school level exist in the literature. In conclusion, the test developed in this research provides both a theoretical and practical contribution to science education by equipping educators and researchers with an effective instrument to identify misconceptions, support meaningful learning, and enhance the quality of instruction in the teaching of light-related concepts.

55

Ek 2. Işığın madde ile etkileşimi ünitesi konuları ile ilgili literatürde tespit edilen kavram yanlışlıkları

Bilimsel Alan/Konu	Alternatif Kavramlar (Yanlışlar)	Referanslar
Düzlem Aynalar	- Düzlem aynadaki görüntüde sağ-sol değişimi olur. - Görüntünün aynaya uzaklığı, cismin uzaklığından daha büyüktür. - Görüntü aynanın önünde oluşur. - Görüntü gerçektir. - Sanal görüntü düzdür ve cisimle aynı boydadır; gerçek görüntü ters olmalıdır. - Aynanın arkasında görüntü oluşmaz. - Görüntü ters oluşur. - Görüntü aynanın yüzeyindedir. - Aynadan uzaklaşınca görüntü küçülür, yaklaşınca büyür. - Ayna büyüdükçe görüntü büyür. - Gözlemci hareket edince görüntünün yeri ve boyu değişir. - Gözlemci olmasa bile görüntü her zaman aynada vardır. - Görüntünün tüm özellikleri cisimle aynıdır. - Ayna boyutu büyükse cisim daha büyük görünür.	Anıl ve Küçüközer (2017, 2010); Kocakulah ve Demirci (2010); Hapkiewicz (1992); Ünsal ve Güneş (2003); Bouwens (1987); Galili, Goldberg ve Bendall (1991); Osborne vd. (1993); Topkaya (1996); Şen (2003); Taşlıdere ve Eryılmaz (2015); Aydın (2007); Kocakulah (2006)
Çukur Aynalar	- Çukur aynalarda oluşan görüntüler daima gerçektir. - Sanal görüntü için cisim tepe noktası ile odak arasında ve ters olmalıdır. - Görüntü aynanın yüzeyindedir.	Anıl ve Küçüközer (2017); Değirmenci, Bacanak ve Karamustafaoğlu (2012); Hapkiewicz (1992)
Işığın Yayılması ve Görme	- Görme, ışık ışınlarının cisimleri aydınlatmasıyla gerçekleşir. - Görüntü oluşumu için sadece ayna yeterlidir. - Gözlemci olmasa bile görüntü aynada vardır. - Işık kaynağından çıkan ışınlar cismin üzerine düşer ve gerisinde görüntü oluşur. - Görüntü ile gölge olayı karıştırılır.	Çökelez ve Çiftçi-Yaşar (2015); Galili ve Hazan (2000); Kocakulah ve Demirci (2010); Anıl ve Küçüközer (2010)
Renk ve Işık	- Beyaz renk, gözde ışın oluşturduğu için görünür. - Açık renkli cisimler ışığı soğurduğundan karanlıkta görülür. - Prizma ışığı renklendirir. - Renk, nesnelerin özelliğidir; ışıkla ilişkisi yoktur. - Renkli ışık nesnelerin görünümünü etkilemez. - Siyah ve beyaz birer renktir. - Tüm renklerin birleşmesi siyahı oluşturur. - Cisimler soğurdukları ışığın renginde görünür. - Beyaz cisimler renksizdir.	Uzoğlu vd. (2013); Ünal Çoban (2009); Valanides ve Angeli (2008); Feher ve Meyer (1992); Şahin Akyüz ve Çil (2013)
Işığın Kırılması ve Yansıması	- Işık hava olmayan ortamda yatay ilerler. - Işık havadan cama geçerken kırılmaz. - Sıvıdaki kalemin kırık görünmesi yansıma nedeniyle olur. - Işığın saydam ortamda yön değiştirmesi yansımadır. - Az kırıcı ortamdaki çok kırıcı ortama geçen ışık normalden uzaklaşır. - Kırılma indisi ışık hızına bağlı değildir. - Işık hızı, şiddeti ve dalga boyu ortam değişse de sabittir. - Işığın frekansı ortamla değişir.	Blizak vd. (2009); Srisawasdi ve Kroothkeaw (2014); Tortop vd. (2007); Kaewkhong vd. (2010); Aydın (2007)
Gökkuşağı Oluşumu	- Gökkuşağı, Güneş ışığının bulutlara düşmesiyle oluşur (bulutlar prizma gibi davranır). - Yağmur damlaları plazma gibi davranır ve gökyüzünde yansır. - Hava yoğunluğunun değişmesiyle oluşur. - Her yağmur damlasının kırıcılık indisi farklıdır.	Bacanak vd. (2012)

Bilimsel Alan/Konu	Alternatif Kavramlar (Yanılgılar)	Referanslar
Işığın Doğası ve Yayılımı	- Işık sadece parçacık veya dalga-parçacık karışımıdır. - Işık dalgaları ile radyo dalgaları farklıdır. - Işık hızı gece ve gündüz farklıdır. - Işık hareketi, kaynağın hareketidir. - Işık gündüz/gece yayılmaz. - Işık boşlukta veya suda yayılmaz. - Hava olmayan ortamda ışık yayılmaz.	Kaçan (2008); Güneş (2015)

Ek 3. Kavramsal anlama testi sorularının konu, kazanım ve bilişsel düzey dağılımı belirtke tablosu.

Kazanım Kodu	İlgili Konu	Kazanım Açıklaması	Soru No	Bilişsel Düzey
F.7.5.1.1.	Işığın Soğurulması	Işığın madde ile etkileşimi sonucunda madde tarafından soğurulabileceğini keşfeder.	1	Anlama
F.7.5.1.2.	Beyaz Işığın Bileşimi	Beyaz ışığın tüm ışık renklerinin bileşiminden oluştuğu sonucunu çıkarır.	2	Anlama
F.7.5.1.3.	Cisimlerin Renkli Görünmesi	Gözlemleri sonucunda cisimlerin siyah, beyaz ve renkli görünmesinin nedenini, ışığın yansımaları ve soğurulmasıyla ilişkilendirir.	3, 15	Anlama Çözümleme
F.7.5.1.4.	Güneş Enerjisi Uygulamaları	Güneş enerjisinin günlük yaşam ve teknolojiye yeni örnekler verir.	4	Anlama
F.7.5.1.5.	Güneş Enerjisi Gelecek Projeksiyonu	Güneş enerjisinden gelecekte nasıl yararlanılacağına ilişkin ürettiği fikirleri tartışır.	16	Çözümleme
F.7.5.2.1.	Ayna Çeşitleri ve Kullanımı	Ayna çeşitlerini gözlemleyerek kullanım alanlarına örnekler verir.	6, 14	Anlama Uygulama
F.7.5.2.2.	Aynalarda Görüntü Oluşumu	Düz, çukur ve tümsek aynalarda oluşan görüntüleri karşılaştırır.	5, 7, 18	Anlama Çözümleme
F.7.5.3.1.	Işığın Kırılması	Ortam değiştiren ışığın izlediği yolu gözlemleyerek kırılma olayının sebebini ortam değişikliği ile ilişkilendirir.	8, 17, 19	Değerlendirme Çözümleme

Kazanım Kodu	İlgili Konu	Kazanım Açıklaması	Soru No	Bilişsel Düzey
F.7.5.3.2.	Merceklerde Kırılma	Işığın kırılmasını, ince ve kalın kenarlı mercekler kullanarak deneyle gözlemler.	9, 10	Anlama / Uygulama
F.7.5.3.3.	Merceklerin Odak Noktası	İnce ve kalın kenarlı merceklerin odak noktalarını deneyerek belirler.	11	Uygulama
F.7.5.3.4.	Merceklerin Teknolojik Kullanımı	Merceklerin günlük yaşam ve teknolojiadaki kullanım alanlarına örnekler verir.	12, 20	Uygulama ve Yaratma
F.7.5.3.5.	Optik Araç Tasarımı	Ayna veya mercekleri kullanarak bir görüntüleme aracı tasarlar.	13, 20	Uygulama Yaratma