

HOLOGRAM PİRAMİDİNDEKİ MATEMATİK: STEM ETKİNLİĞİ UYGULAMASI¹

Seher Avcu², Deniz Eroğlu³

ÖZ

Bu çalışmada sekizinci sınıf öğrencileri için bir STEM etkinliği tasarlanmış ve uygulanmıştır. Otuz öğrenci ile gerçekleştirilen bu etkinlikte yatay düzlemle yaptıkları açılar farklı olan çeşitli hologram piramitleri elde edilmiştir. Etkinlikte hologram piramidi tasarım aşamalarında kullanılan matematiksel fikirler sorgulanmış, elde edilen farklı piramitlerdeki hologram görüntüleri yansıma kanunları ve düz aynada görüntü oluşumu konusu ile ilişkilendirilerek karşılaştırılmıştır. Ayrıca, daha net hologram görüntüsü elde etmek için hologram piramidinin yüzeyinin yatay düzlemle yaptığı açı ölçüsü tartışılmıştır. Bu çalışmada, araştırmacılar tarafından tasarlanan hologram etkinliğinin öğrencilerin STEM ile ilgili bilgi ve becerilerini geliştirmek için uygulanabilir bir etkinlik olduğu görülmüştür. Ayrıca, alanyazında karşılaşılan hologram piramidi tasarım yöntemlerinden farklı olarak bu çalışmada hologram piramidinin katlama yoluyla elde edilmiş olması, etkinliği ortaokul öğrencilerinin seviyesine uygun hale getirmiştir. Çalışmada etkinliğin uygulanması sırasında ortaya çıkan öğrenci düşünceleri açıklanmıştır. Son olarak, etkinliği uygulamak isteyen öğretmenler için çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: hologram piramidi, STEM, matematik, fen bilimleri, tasarım.

STEM ACTIVITY: MATHEMATICS INSIDE THE HOLOGRAM PYRAMID

ABSTRACT

In this study, a STEM activity was designed and implemented for eighth-grade students. The activity was used with thirty students and involved the construction of various hologram pyramids. During the activity, the mathematical concepts used in designing the hologram pyramids were discussed and the resulting hologram images were compared considering reflection laws and characteristics of an image formed by a plane mirror. Moreover, the angle of the pyramid's surface in relation to the horizontal plane was discussed for the purpose of obtaining a clearer hologram image. It was revealed that the activity designed by the researchers is relevant for improving students' knowledge and skills related to STEM. Furthermore, the fact that the hologram pyramid was created by paper folding, as opposed to using the design methods reported in the literature, made the activity suitable for middle school students. Finally, suggestions for teachers who wish to implement the activity are offered.

Keywords: hologram pyramid, STEM, mathematics, science, design.

Makale hakkında:

Gönderim tarihi: 23.02.2023

Kabul tarihi: 16.09.2023

Elektronik yayın tarihi: 30.10.2023

¹ Etik kurul izni, Aksaray Üniversitesi Etik Komisyonundan 25.04.2022 tarih ve 2022/02-38 numaralı karar ile alınmıştır.

² Dr. Öğr. Üyesi, Aksaray Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, avcushr@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4938-7325>

³ Dr. Öğr. Üyesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, deroglu@mehmetakif.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7863-5055>

GİRİŞ

Matematik bireylerin genellikle zor olarak algıladıkları bir alandır (Fritz vd., 2019) ve bu algı öğrencilerin sıklıkla matematik dersinden vazgeçmelerine neden olmaktadır (Li & Schoenfeld, 2019). Matematiksel kavramları ilgili bağlamlar içinde öğrenmenin öğrencilerin matematiğin önemi hakkındaki inançlarını geliştirmelerine yardımcı olduğu ifade edilmektedir (Kilpatrick vd., 2001). Matematik; teknoloji, mühendislik ve fen bilimleri gibi çeşitli disiplinler için temel olarak kabul edilmektedir (Li & Schoenfeld, 2019). Bu disiplinlerin entegrasyonu ile ortaya konulan STEM kavramı son yılların en popüler konularından biridir ve öğrencilerin matematiği öğrenmeleri için etkili bağlamlar sunmaktadır. STEM’le ilgili uygulamalar ve öğrencilerin STEM bilgisi ile erken yaşlarda donatılması öğrencilerin ilerleyen sınıflarda daha fazla fen ve matematik dersi alma motivasyonlarını artırmaktadır (Harackiewicz vd., 2012). Öğrencilerin yeterlilik ve ilgi alanlarına ilişkin inançlarının ortaokul çağında pekişmeye başladığı da ifade edilmektedir (Simpkins vd., 2006). Dolayısıyla, ortaokul dönemi, öğrencilerin STEM ilgisini arttırmak; matematik ve fen bilimleri derslerinde öz yeterliliklerini geliştirmek için önemli bir zaman dilimi olarak görülmektedir (Blotnick vd., 2018).

STEM konularının entegre edilmesinde çeşitli yaklaşımlar izlenmektedir. Bu yaklaşımlardan bir tanesi de mühendisliğe vurgu yapan STEM çalışmalarıdır (Bryan vd., 2015; Shaughnessy, 2013). Shaughnessy (2013) STEM eğitimi “...matematik ve fen bilimlerinin kavram ve işlemlerinden yararlanırken aynı zamanda mühendisliğin ekip çalışmasını ve tasarım yöntemlerini birleştirerek ve uygun teknolojileri kullanarak problemleri çözme” olarak ifade etmektedir (p.324). Bryan vd. (2015) ise STEM eğitiminin mühendislik uygulamalarına dayanması ve amacının da fen bilimleri ve matematik kavramlarını öğretmek olması gerektiğini ifade etmektedir. Ancak, alan yazında STEM’in bu yaklaşımına dayalı entegrasyonunun nasıl yapılacağını açıklayan sınırlı sayıda araştırma yer almaktadır (Lawrenz vd., 2017). STEM eğitiminde çeşitli disiplinler entegre edilerek ve mühendislik-teknoloji alanları birlikte kullanılarak fen ve matematik alanlarına yönelik bilgi kazandırılabilir. Bu

düşünceyle hareketle bu çalışmada STEM disiplinlerinin entegre edildiği bir hologram piramidi tasarlanmış ve bu etkinlik ile öğrencilere STEM disiplindeki tüm alanlarla ilgili çeşitli becerilerin kazandırılması amaçlanmıştır. Birçok çalışmada, öğrencilerin farklı disiplinlerin yer aldığı etkinlikler sırasında (STEM etkinlikleri gibi), mevcut bilgilerini uygulama becerilerinin geliştirilmesinde öğretmenlerin rolü vurgulanmaktadır (Bryan vd., 2015; Honey vd., 2014; Moore vd., 2014; Nathan vd., 2013). Ancak farklı alanlardaki öğretmenlerin entegre STEM etkinliklerini etkili bir şekilde uygulamak için gerekli pedagojik bilgilerin de eksik olduğu ortaya konulmuştur (Peterman vd., 2017). Hem öğrencilerin farkındalıklarını artırmada öğretmenlerin kullanabileceği bir kaynak olduğu için hem de STEM disiplinlerinin entegre edildiği etkili bir öğretim uygulaması ortaya koyduğu için bu çalışmanın alanyazına önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir.

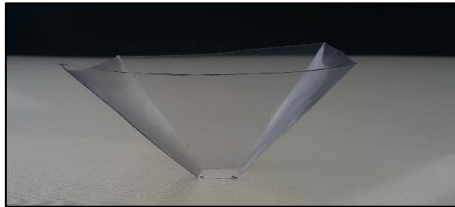
Bu etkinlikte kâğıt katlayarak üç boyutlu hologram piramidinin oluşturulmasında ve hologram piramidinin yatayla yaptığı açılarının incelenmesinde STEM’in matematiksel boyutuna odaklanılmıştır. Hologram görüntüsünün yansıma yardımıyla açıklanmasında ise fen bilimleri boyutuna odaklanılmıştır. Ayrıca, yatayla yaptıkları açıları farklı olan çeşitli hologram piramitlerindeki görüntülerin incelenmesinde ve en net hologram görüntüsünün elde edilmesinde STEM’in mühendislik boyutuna odaklanılmıştır. Son olarak, GeoGebra uygulaması yardımıyla en net görüntüyü oluşturması beklenen hologram piramidinin modellenmesi ve hologramın açı ölçülerinin belirlenmesinde STEM’in teknoloji boyutuna odaklanılmıştır.

Bu etkinlik fen bilimleri öğretim programında ışığın yansıma kuralları (F.5.5.2.2), düz aynada görüntü oluşumu (F.7.5.2.2) ve ayna kullanarak bir görüntüleme aracı tasarlama (F.7.5.3.5) ile ilgili bölümler içermektedir (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018a). Ayrıca, etkinlikte matematik öğretim programından üçgen ve dörtgenler (M.5.2.2.3), doğrular ve açılar (M.7.3.1.2) ile çokgenler (M.7.3.2.2 ve M.7.3.2.3), eşlik ve benzerlik (M.8.3.3.1 ve M.8.3.3.2), dönüşüm geometrisi (M.8.3.2.2) ve dik piramit (M.8.3.4.5) konuları ile

ilişkilendirilmiş uygulamalara yer verilmiştir (MEB, 2018b).

ETKİNLİĞİN UYGULANMASI

Bu çalışmada, çeşitli hologram piramitlerinin tasarlanmasına yönelik bir STEM etkinliği geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Fotoğraf 1’de görüldüğü üzere hologram piramidi birbirine eş dört ikizkenar yamuğun birleşiminden oluşmaktadır. Alanyazında karşılaşılan hologram piramidi tasarımları belirtilen kenar uzunluklarına sahip birbirine eş dört ikizkenar yamuğun şeffaf bir materyal üzerine çizimini, çizilen yamukların maket bıçağı ya da kesici bir araç kullanarak kesilip çıkarılmasını ve yamukların eşit uzunluktaki kenarlarının bant yardımıyla uygun şekilde bir araya getirilmesini içermektedir (Orcos & Magreñán, 2018). Kısacası, dört ikizkenar yamuğun tüm kenarlarının kesilmesi ve yeniden yapılandırılması sürecini içermektedir.



Fotoğraf 1. Hologram Piramidi

Ortaokul öğrencileri verilen ölçülere sahip ikizkenar yamukları düzgün bir şekilde çizme, kesme ve yapıştırma sürecini ancak bir yetişkin eşliğinde tamamlayabilir. Dahası, bu süreç yetişkin bireyler için bile titiz bir çalışma, ciddi bir emek ve zaman gerektirmektedir. Bu çalışma kapsamında açılı ölçmeyi ve oluşturmayı bilen herkesin kolayca takip edip uygulayabileceği bir hologram piramidi tasarımı ortaya atılmıştır.

Bu çalışmada, ortaokul öğrencilerinin hologram piramidi tasarımında yararlanılan matematiksel fikirleri sorgulamalarını, oluşturdukları çeşitli hologram piramitleriyle elde ettikleri görüntüleri karşılaştırmalarını ve görüntüleri ışığın yansımaları ve görüntü oluşumu ile ilişkilendirmelerini sağlayan iki aşamalı bir etkinlik (Ek 1) tasarlanmış ve uygulanmıştır. Etkinliğin ilk aşamasında hologram piramidi A4 kâğıtları kullanılarak elde edilmiş ve matematiksel incelemeler yapılmıştır. Daha sonra şeffaf asetat kâğıtları kullanılarak hologram piramitleri elde edilmiş ve akıllı

telefonlar yardımıyla hologram görüntüleri incelenmiştir.

Katılımcılar

Çalışmanın katılımcıları 30 sekizinci sınıf öğrencisidir. Araştırmaya gönüllü olarak katılan bu öğrencilerin 19’u kız ve 11’i erkektir. Etkinlik 2021 – 2022 eğitim-öğretim yılı bahar döneminin sonunda bir devlet okulunda uygulanmıştır.

Uygulama

Etkinliğin uygulanması 3 ders saatinde gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte öğrenciler üçer kişilik gruplarda çalışmışlardır. Etkinliğin uygulama süreci video kamera ile kayıt altına alınmıştır. Uygulama sürecini açıklamak ve değerlendirmek için video kayıtlarına ek olarak Ek-3’te sunulan öğrenci çalışma kağıtlarından ve araştırmacıların uygulama sürecinde oluşturdukları gözlem notlarından da yararlanılmıştır.

Etkinliğe başlamadan önce öğrencilere hologramın ne anlama geldiği sorulmuş ve hiçbirinin daha önce hologram kelimesini duymadığı görülmüştür. Öğrencileri etkinliğe motive etmek amacıyla araştırmacılar tarafından daha önceden oluşturulan hologram piramidi sınıfa getirilmiştir. Akıllı telefon yardımıyla hologram piramidi içerisinde üç boyutlu bir görüntü elde edilmiş ve öğrencilerin kısa bir süre hologram görüntüsünü incelemeleri sağlanmıştır (Fotoğraf 2).



Fotoğraf 2. Örnek Bir Hologram Görüntüsü

Gelecekteki uygulayıcılar için alternatif bir giriş etkinliği de hologramla ilgili bir problem durumu tanıtmak olabilir. Örnek bir problem durumu şu şekildedir: “Bir firma müşterileri için farklı görüntülere sahip hologram tasarımları üretmek istiyor. Bu işletmeye yardımcı olmak için farklı hologram piramitleri tasarlayınız.” Bu problem yardımıyla öğrencilerin etkinliğe motive olmaları ve kendilerini bir problem çözme süreci içinde

hissetmeleri sağlanabilir.

Hologram görüntülerinin incelenmesinin ardından, piramit öğrencilere gösterilerek bu şeklin neye benzediği sorulmuştur. Öğrencilerin bir kısmı tarafından piramit cevabı verilmiştir. Diğer öğrencilerin arkadaşlarının piramit cevabına katılıp katılmadıkları sorulmuş ve kısa bir tartışma gerçekleştirilmiştir. Bu şeklin dik kare piramide benzediği fakat tepe noktası bulunmadığı için piramidin tüm özelliklerini sağlamadığı sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak öğretmen bu şeklin kesik kare piramit olduğunu öğrencilere açıklamıştır. Ayrıca, bu şekle hologram piramidi de denildiği söylenmiştir. Öğrencilere bu etkinliğin sonunda her grubun birer hologram piramidi elde edeceği söylenerek öğrencilerin etkinliğin amacından haber olmaları ve derse motive olmaları sağlanmıştır.

Etkinliğe Ek-1’de sunulan hologram piramidi yapım aşamaları gerçekleştirilerek devam edilmiştir. Ek-1’de sunulan hologram piramidi yapım aşamaları uygulayıcı öğretmene yönelik olarak hazırlanmıştır. Etkinliğe başlarken öğrencilere Ek-3’te yer alan Hologram çalışma kağıdı dağıtılmıştır. Uygulayıcı öğretmene kolaylık sağlamak amacıyla Ek-3’te yer alan çalışma kağıdındaki sorular Ek-1’de uygun yerlere de eklenmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi öğrenciler gruplar halinde çalışmışlardır. Öğrencilerin grup olarak doldurdıkları çalışma kağıdı (Ek-3) etkinliğin değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

Öğretmen öğrencilerin Ek-1’de yer alan 1-4. adımları A4 kağıdı kullanarak sırasıyla gerçekleştirmelerini sağlamıştır. Öğrenciler A4 kağıdının orta kısmında bir A açısı oluşturmuşlardır (Ek-1; Adım 4). Daha sonra öğretmen öğrencilerden Ek-3’teki öğrenci çalışma kağıdının birinci sorusunda yer alan A açısının ölçüsünün açı ölçer kullanmadan belirlenmesini istemiştir.

Öğrencilerin büyük bir çoğunluğu kısa sürede bu soruyu 270° olarak cevaplamışlardır. Bunun üzerine öğretmen ve öğrenciler arasında aşağıdaki diyalog gerçekleşmiştir.

Öğretmen: Peki 270° cevabına nasıl ulaştınız?

Öğrenci 3: En başında A noktasında tam açı vardı.

Öğrenci 7: Evet, önce 360 derecelik bir açı

vardı.

Öğretmen: Peki, ya sonra?

Öğrenci 3: Daha sonra biz 90 derecelik açı oluşturduk ve onu kestik.

Öğretmen: Peki, A açısı nerede?

Öğrenci 3: Aslında A açısı 90 dereceyi kestikten sonra geriye kalan açı.

Öğrenci 4: Evet geriye kalan açı. Yani, 270 .

Öğretmen: Evet. 270 dereceye 360 ’dan 90 ’ı çıkararak ulaşırız.

Daha sonra, öğretmen Ek-1’de yer alan beşinci ve altıncı adımları öğrencilerin sırasıyla gerçekleştirmelerini sağlamıştır. Öğrenciler A açısını iki defa art arda ikiye katlamıştır ve yeni oluşan açıyı B olarak isimlendirmişlerdir (Ek-1; Adım 6). Daha sonra, öğretmen öğrencilerden B açısının ölçüsünü belirlemelerini istemiştir (Ek-3; Soru 2).

Öğretmen: B açısı kaç derecedir?

Öğrenci 6: 135°

Öğretmen: Nasıl ulaştın?

Öğrenci 6: A açısı 270° . Biz de A açısını katladığımız için yarısı 135° .

Öğretmen: Evet aslında katladığımız için 270° ’yi eş parçalara ayırdık, ama kaç parçaya?

Bir grup öğrenci: 4

Birkaç öğrenci: 2

Öğretmen: Peki, elimizdeki B açısı kaç kat kağıttan oluşuyor, katları sayar mısınız?

Öğrenciler: 4 kat

Öğretmen: Şimdi kağıdı açıp A açısı kaç eş parçaya ayrılmış bakıp kontrol edelim.

(Bu sırada öğrenciler kağıdı açar ve kat izlerine bakarak açının 4 eş parçaya ayrıldığını fark ederler)

Öğrenci 3: Evet 4 eş parçaya ayrılmış, o zaman B açısı $67,5^\circ$.

Öğretmen: Evet, şimdi B açısının bulunduğu köşeye $67,5^\circ$ yazalım.

Daha sonra, öğretmen öğrencilerin Ek-1’de yer alan 7-10. adımları sırasıyla gerçekleştirmelerini sağlamıştır. Bu adımlarda, öğrenciler belirtilen uzunlukları kullanarak B açısının kolları üzerinde ikiye nokta belirlemişler ve karşılıklı noktaları doğru parçaları ile birleştirmişlerdir (Ek-1; Adım 9).

Bu sürecin ardından öğretmen öğrencilere Ek-3’de yer alan üçüncü ve dördüncü soruları yönelterek etkinliğe devam etmiştir. Yani, öğretmen öğrencilere çizdikleri CD ve EF doğru parçalarının sonucunda kağıtta oluşan

geometrik şekillerin neler olduğunu sormuştur. (Ek-3; Soru 3) Öğrencilerden üçgen ve yamuk cevapları gelmiştir.

Öğretmen: Peki, hangi noktalar üçgenin köşelerini oluşturmaktadır? Yani fark ettiğiniz üçgeni isimlendirir misiniz?

Öğrenci 7: BCD üçgeni

Öğretmen: Başka üçgen var mı peki?

Öğrenci 8: Daha büyük bir üçgen var, BEF üçgeni.

Öğretmen: B açısının ölçüsünü daha önce $67,5^\circ$ olarak belirlemiştiniz. Üçgenlerin diğer iç açı ölçülerini bulabilir misiniz? (Ek-3; Soru 4)

Öğrenci 9: Aslında BCD üçgeni ikizkenar üçgen, yani C ve D açıları eşit.

Öğretmen: Yani C ve D açıları kaç derece?

Öğrenci 9: İkisi de $56,25^\circ$.

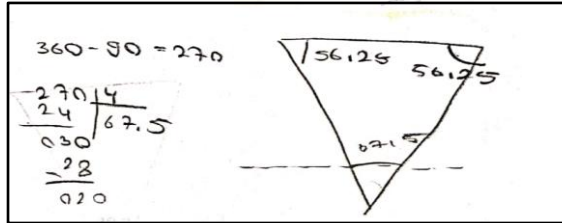
Öğretmen: Peki, BEF üçgeni?

Öğrenci 9: O da ikizkenar üçgen, yani E ve F açıları da eşit, $56,25^\circ$.

Öğretmen: Evet, açı ölçülerini not edebilirsiniz. Yamuk demiştiniz, o nerde? İsimlendirebilir misiniz?

Öğrenci 8: Yamuk C, D, E ve F noktalarından oluşuyor.

Öğrencilerin çalışma kâğıdındaki dördüncü Soruda yapmış oldukları hesaplamalara örnek Fotoğraf 3'de yer almaktadır.



Fotoğraf 3. Öğrenci Çalışma Kâğıdı

Öğretmen öğrencilere bir dörtgenin yamuk olması için hangi özelliklere sahip olması gerektiğini sormuştur. Ardından küçük bir sınıf içi tartışma gerçekleştirilerek kenar çiftlerinden en az birinin paralel olması gerektiğine ulaşılmıştır. Yedinci sınıf matematik öğretim programında yamukla ilgili çalışmalara yer verilmektedir. Dolayısıyla, öğrencilerin kâğıtta oluşan yamuk şeklini belirleyebilmeleri ve yamuğun bu kritik özelliğini ifade etmeleri beklendik bir durumdur.

Öğretmen: Yamuk tanımını dikkate alındığında CDEF dörtgeni bir yamuk mudur?

Öğrenciler: Evet

Öğretmen: En az bir kenar çiftinin paralel

olması gerekiyor diye belirtmiştiniz değil mi?

Öğrenci 8: Evet, CD ile EF paralel.

Öğretmen: Neden? Yani nasıl düşündün?

Öğrenci 8: Paralel, çünkü C ve E açıları eşit.

Öğretmen: Bu yeterli mi?

Öğrenci 8: Çünkü C ve E yöndeş açılar.

Aynı doğru üzerindeler. Yani, CD ile EF paralel olursa C ve E açıları eşit olur.

Diyalogdan anlaşıldığı üzere Öğrenci-8 iki paralel doğru (CD, EF) ve bir kesen doğrunun (CE) oluşturduğu açılar konusu ile ilişkilendirme yaparak CD ile EF'nin paralel olduğunu göstermiştir. Buna ek olarak, BCD ve BEF üçgenlerinin benzer üçgenler olmasından yola çıkılarak da CD ile EF'nin paralel olduğu sonucuna varılabilir. Daha açık bir ifadeyle, $|BC|/|BE| = |BD|/|BF| = 1,5/10$ olduğundan BCD ve BEF üçgenleri benzerdir. Dolayısıyla, CD ile EF paraleldir. Sonuç olarak, öğrenciler karşılıklı iki kenarın paralel olduğunu görerek CDEF dörtgeninin yamuk olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Ardından öğretmen öğrencilerden CDEF yamuğunun açı ölçülerini ve kenar uzunluklarını yeniden incelemelerini istemiştir. Öğrenciler, yamuğun CD ve DF kenar uzunluklarının eşit olmasından ve E ve F açılarının ölçülerinin eşit olmasından yola çıkarak CDEF'nin bir ikizkenar yamuk olduğunu açıklamıştır.

Daha sonra, öğretmen öğrencilerden C ve D açılarının bütünleri olan açıları sırasıyla G ve H açıları olarak isimlendirmelerini ve açı ölçülerini açı ölçer kullanmadan belirlemelerini istemiştir (Ek-1; Adım 10). Öğrenciler C ve D açılarını daha önce $56,25^\circ$ olarak belirlediklerinden dolayı G ve H açılarının ölçülerini $123,75^\circ$ olarak belirlemişlerdir. Öğrenciler açı ölçülerini kâğıt üzerine not etmişlerdir. Daha sonra, kâğıt CD ve EF doğruları üzerinden makas yardımıyla kesilmiştir (Ek-1; Adım 11). Ek-1'de yer alan 12. Ve 13. Adımlar gerçekleştirilerek etkinliğe devam edilmiştir.

Dört katlı kâğıdın açılmasıyla birbirine eş dört ikizkenar yamuk elde edilmiştir (Ek-1; Adım 12). Daha sonra, en sağdaki ve en soldaki kenarlar birbiri ile çakışacak şekilde hizalanmış, bant yardımıyla yapıştırılmış ve üç boyutlu bir şekil elde edilmiştir (Ek-1; Adım 13 ve 14).

Yani, hologram piramidi elde edilmiştir.

Daha sonra, Ek 2’de yer alan yönerge takip edilerek asetat kağıdıyla iki farklı hologram piramidi elde edilmiştir. Hologram piramitlerinin farklı olmasının sebebi başlangıçtaki asetat kağıtlarından farklı açı ölçülerinde parçaların kesilmesidir (90° ve 150°). Öğrencilerden çalışma kağıdındaki 5-7. soruları (Ek-3) cevaplamaları yani elde ettikleri iki hologram piramidini karşılaştırmaları istenmiştir. Öğrencilere grup arkadaşlarıyla birlikte çalışma kağıtlarını doldurmaları için yeterli süre tanınmıştır. Daha sonra bu sorular tüm sınıf olarak aşağıda sunulduğu şekilde tartışılmıştır.

Öğretmen: Bu iki hologramın farklılıkları nelerdir?

Öğrenci 23: Hologramların biri büyük, biri küçük.

Öğretmen: Ne açıdan daha büyük?

Öğrenci 23: Yani daha geniş.

Öğretmen: Geniş olan neresi?

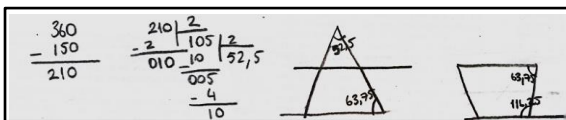
Öğrenci 23: Şuradaki açı (Elindeki hologramda, Ek-1; Adım 10’daki G açısını göstererek)

Öğretmen: -Öğretmen sınıfa dönerek- Bu açıyı kâğıt üzerinde G açısı olarak isimlendirmiştik. Her iki hologramda G’ye karşılık gelen açılar kaç derece peki?

Öğrenci 9: İlk yaptığımız hologram (90° çıkarılarak oluşturulan hologramı kastederek) kâğıt hologramla tıpatıp aynıydı. Kâğıt hologramın G açısı $123,75^\circ$ olduğu için bu açıda aynı olur.

Öğretmen: O zaman ikinci hologramın G açısı kaç derecedir?

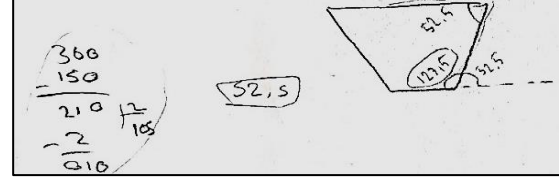
Öğretmen bu noktadan sonra ikinci hologramda G açısına karşılık gelen açının ölçüsünü hesaplamaları için öğrencilere süre vermiştir. Öğretmen bu süre içerisinde öğrencilerin çalışmalarını izlemiş ve öğrencilerin büyük bir kısmının kâğıt hologramda takip ettikleri yolu kullanarak doğru cevabı $116,25$ olarak bulduklarını gözlemlemiştir. Fotoğraf 4’de öğrencilerin çalışma kağıdından bir örnek yer almaktadır.



Fotoğraf 4. Öğrenci Çözüm Örneği

Sınıf içindeki gruplardan biri açının

hesaplamasını hatalı şekilde bulmuştur (Fotoğraf 5). Fotoğraf 4 ve Fotoğraf 5’deki iki örnek karşılaştırıldığında her iki grubun da $52,5^\circ$ ’e doğru bir şekilde ulaştığı fakat Fotoğraf 5’de çözümü görünen öğrencilerin şekil üzerinde $52,5$ olan açıyı hatalı köşeye yerleştirdikleri için sonuca hatalı şekilde ulaştıkları görülebilir.



Fotoğraf 5. Hatalı Çözüm Örneği

İkinci hologramda G açısının kaç derece olduğuyla ilgili sınıf içi tartışma aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir:

Öğretmen: İkinci hologramın G açısını siz nasıl buldunuz?

Öğrenci 12: Hologramı oluşturmak için 150 derecelik açıyı çıkardık. Kalan 210 dereceyi önce 2 ’ye sonra tekrar 2 ’ye böldük ve $52,5$ derece bulduk. Bu açı yamuğun bir açısını oluşturdu.

Öğretmen: $52,5$ ’in hangi açı olduğunu gösterebilir misin?

Öğrenci 12: Şuradaki açı (Kendi kağıdında Ek-1; Adım 10’daki F açısını kastederek).

Öğretmen bu noktada Ek-1’de yer alan 10. adımdaki gibi katladığı bir hologram kağıdını eline aldı ve öğrencinin gösterdiği açıyı işaretleyerek tartışmaya devam etti.

Öğretmen: Arkadaşınızın cevabıyla ilgili siz ne düşünüyorsunuz?

Öğrenci 8: $52,5^\circ$ olarak bulduğumuz açı orada olmamalı.

Öğretmen: Peki, nerede olmalı?

Öğrenci 8: Açıyı dörde katladığımız köşe $52,5^\circ$ olmalı. Yani şekli kesmeden önce üçgenin tepe açısı.

Öğrenci 12: Öğretmenim, biz $52,5$ dereceyi yanlış yere yazdığımız için G açısını hatalı hesaplamışız.

Öğretmen: Tamam o zaman. G açısının kaç derece olduğunu şimdi bulun.

...
Öğrenci 12: G açısı $116,25$ derecedir.

Bütün grupların G açısının ölçüsünü doğru bir şekilde hesaplamalarının ardından, kâğıttan çıkarılan parçaların açı ölçülerinin hologram piramidini nasıl etkilediğini açıklamaları için

öğretmen sınıf tartışmasına devam etmiştir.

Öğretmen: Peki birinci hologramı oluştururken 90 derecelik parçayı, ikinci hologramı oluştururken 150 derecelik parçayı çıkarmıştık. Az önceki tartışmamızda arkadaşınız (yukarıdaki diyalogda Öğrenci 23) açının büyüklüğüne vurgu yapmıştı. Bu açılar hologramlarımızı nasıl etkiledi?

Öğrenci 7: 150° çıkardığımız hologramda yamuğun G açısı 116,25° oldu. Bu hologramın yan yüzleri daha dik duyuruyor.

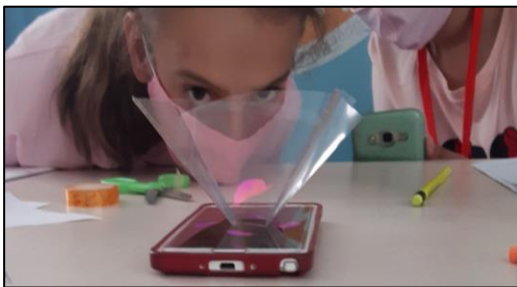
Öğretmen: Peki diğer hologram nasıl?

Öğrenci 12: 90° çıkararak elde ettiğimiz yamuğun G açısı 123,75° oldu. O hologramın yan yüzleri yere daha yakın.

Öğrenci 9: Yani, eğimi daha az.

Okuyucunun iki hologramı daha iyi karşılaştırabilmesi için hologramların iç içe yerleştirilmiş görüntüsü Ek-2'de 14. adımda sunulmuştur. Dıştaki hologramın yan yüzlerinin yerle yaptığı açı, içte yer alan holograma göre daha büyük olduğundan, içteki hologramın daha yukarıda kaldığı ve diğerinin içine tam olarak yerleşmediği görülmektedir.

Buraya kadar gerçekleştirilen incelemeler hologramın elde edilmesi ve matematiksel özelliklerinin incelenmesine yöneliktir. Bu aşamadan sonra, etkinliğin uygulaması sırasında fen konularından yansıma kavramı ve düz aynada görüntü oluşumu ile ilgili incelemeler yapılmıştır. Bunun için öncelikle öğrencilerden hologramların içinde oluşan görüntüleri karşılaştırmaları, görüntüler arasındaki farklılıkları belirlemeleri ve bu farklılıkların olası nedenlerini açıklamaları istenmiştir (Ek-3; Soru 8). Öğrencilerden cep telefonlarındaki bir çevrimiçi video paylaşım platformundan hologram videosu açmaları ve hologramlarında oluşan görüntüleri incelemeleri istenmiştir (Fotoğraf 6).



Fotoğraf 6. Öğrencilerin Hologram Görüntülerini İnceleme Anları

Öğretmen: Hologramlarda oluşan görüntüler sizce nasıl oluşuyor?

Öğrenci 27: Telefondaki ışıkların yansımasıyla oluşuyor.

Öğretmen: Evet yansıyarak oluşuyor. Peki yansıma neydi?

Öğrenci 22: Bir ışığın geldiği açıyla yansıyarak gitmesi.

Öğretmen: Telefon ekranından çıkan ışık nereye gidiyor?

Öğrenci 22: Holograma geliyor. Yani, yan yüzeyine geliyor.

Öğretmen: Peki, ışığın holograma gelme açısını nasıl buluyorduk?

Öğrenci 25: Yüzeye ait normal çizerek.

Öğretmen: Peki, normali nereye çizeceksiniz?

Öğrenci 25: Telefonun ekranından çıkan ışık hologramın yan yüzeyine çarpıp yansıyor, çarptığı yere çizmeliyiz.

Öğretmen: O zaman kareli kâğıt üzerinde görüntünün nasıl oluştuğunu gösterebilir misiniz? Şimdi herkes düşünsün.

Öğretmen, burada öğrencilerin yansıma kanunlarını hologram üzerinde uygulamasını amaçlamıştır. Öğrenciler çalışma kâğıtlarına hologram modellerini ve hologram üzerindeki yansımaları çizmişlerdir. Sekizinci sınıf öğrencileri hologram yüzeyindeki yansımayı ve görüntü oluşumunu açıklamada zorluk yaşamamışlardır. Fen bilimleri öğretim programında gelen ışın, yansıyan ışın ve yüzeyin normali arasındaki ilişki ile ilgili beşinci sınıf kazanımlarının ve düz aynada görüntü oluşumu ile ilgili yedinci sınıf kazanımlarının yer alması öğrencilerin bu açıklamaları zorlanmadan yapmalarına yardımcı olmuştur.

Etkinliğin bu noktadaki amacı öğrencilerin hologram görüntüsünün en net ve telefondaki görüntü ile aynı büyüklükte olması için hologram piramidinin yatay ile yaptığı açının kaç derece olması gerektiği hakkında düşüncelerini sağlamaktır. Bunun için öğretmen öğrencilerden iki farklı hologramda oluşan görüntüleri karşılaştırmalarını ister.

Öğretmen: Hologramlarda oluşan görüntülerle ilgili neler fark ettiniz? Oluşan görüntüler aynı mı farklı mı?

Öğrenci 17: 150° çıkardığımız hologramda daha soluk çıktı görüntü. 90° çıkardığımız hologramda görüntü daha net.

Öğretmen: Peki, 90° çıkararak elde

ettiğimiz hologramdaki görüntü en net görüntü müdür? En net görüntüyü nasıl elde ederiz?

Öğrenci 17: Aslında hologram telefon ekranındaki yatık durumda olan görüntüyü dikey hale getiriyor. En iyi görüntü, tam dikey görüntü oluşturduğumuzda olur.

Öğretmen: O zaman şöyle diyebilir miyiz... Elimizde bir düz ayna var. Yatay durumda olan bir nesneyi dikey olarak görmek istiyoruz. O zaman, aynayı nasıl kullanmalıyız? Bunu herkes düşünsün.

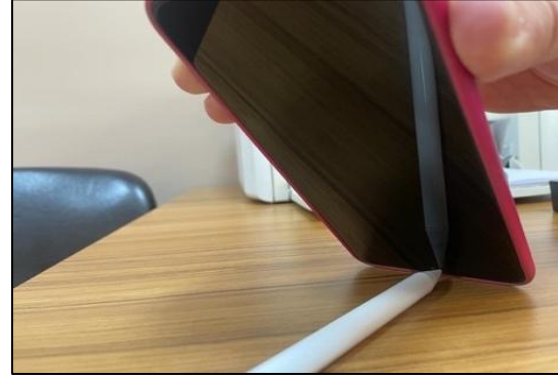
Bu sırada öğretmen akıllı tahtada daha önceden hazırladığı GeoGebra dosyasını açmıştır (<https://www.geogebra.org/m/h8fxcvsn>).

GeoGebra dosyasının ekran görüntüsü Ek 5(a)'da sunulmuştur. Bu ekran görüntüsünde; bir nesne, bir yansıma çizgisi (ayna/hologram yüzeyi) ve bu çizgi boyunca yansıyan görüntüsü görülebilir. Öğretmen sınıfta yansıma doğrusunun eğimini değiştirerek farklı görüntüler elde etmiştir.

Yatay durumdaki bir doğru parçasının 45° eğimli bir doğruya göre yansımasının dikey durumda bir doğru parçası olduğu GeoGebra yardımıyla kolaylıkla görülebilmektedir. Öğretmen, “Nokta, doğru parçası ve çokgenlerin yansıma sonucu oluşan görüntüsünü oluşturur.” 8. sınıf kazanımıyla ilişkilendirme yaparak hologram yüzeyinin eğim açısının 45° olması gerektiğini GeoGebra yardımıyla öğrencilere açıklamıştır. Hologram piramidinde görüntü elde edilmesine yönelik yapılan araştırmalarda piramidin yüzeylerinin yatayla yaptığı açının 45° olarak ele alındığı görülmektedir (Thap vd., 2018). Bu konuyla ilgili daha detaylı bilgi sahibi olmaları için okuyuculara Pepper’ın Hayalet Piramit’i (Pepper’s Ghost Pyramid) ile ilgili araştırma yapımları önerilebilir.

Yapılan uygulama sırasında yukarıdaki diyalogda Öğrenci 17’nin açıklamaları tartışmanın ilerletilmesine katkı sağlamıştır. Ancak öğrencilerden böyle bir cevabın gelmediği uygulamalarda etkinliği uygulayacak olan öğretmenler ek bir örnek kullanabilirler. Örneğin, cep telefonunun kapalı (siyah durumundaki) ekranı bir ayna olarak kullanılarak sıra üzerinde yatay bir şekilde duran kalemin görüntüsü incelenebilir (Fotoğraf 7). Telefon dikey konumdan yaklaşık 45° derecelik açı yapana kadar yavaşça eğilerek

kalemin görüntüsünün sıraya dik duruma geldiği gözlemlenebilir.



Fotoğraf 7. Telefon ile Kalem Görüntüsünün İncelenmesi

Bu noktada, hologram piramidinin yüzeyinin eğim açısı 45° olduğunda hologramın G açısının kaç derece olması gerektiği sorgulanmalıdır. Bahsi geçen iki açı farklı düzlemlerde bulunduklarından dolayı G açısının hesaplanması trigonometri bilgisi gerektirmektedir. Dolayısıyla, 8. sınıf öğrencileri bu hesaplamayı yapamayacaklardır. Bunun için yazarlar GeoGebra’da hologram piramidi modellemiş ve açılar bu model yardımıyla akıllı tahtada incelenmiştir (Ek-5(b), <https://www.geogebra.org/m/gwxk7qut>). GeoGebra’da A noktası sürüklenerek hologram piramidinin yan yüzeyinin eğim açısı değiştirilebilmekte ve buna bağlı olarak değişen G açısının ölçüsü akıllı tahtada görülmektedir.

Hologramın yatayla yaptığı açı 45° olduğunda, G açısının $125,26^\circ$ olduğu GeoGebra’da bulunarak yansıma ve hologramda görüntü oluşumu ile ilgili bölüm tamamlanmış ve matematiksel incelemelere yeniden geçiş yapılmıştır.

Öğretmen, öğrencilere “G açısı $125,26^\circ$ olan bir hologram piramidinin yapımına başlarken kağıttan kaç derecelik açı kesip çıkarmamız gerekir?” sorusunu yöneltmiştir. Öğrenciler etkinliğin başından bu noktaya kadar birkaç kez benzer bir hesaplamayı yaptığından yeni hologram tasarımı için 78° derecelik açı çıkarılması gerektiğini kolaylıkla bulmuşlardır.

Öğrenciler etkinliğin başından bu noktaya kadar 3 farklı hologram piramidi ile ilgili hesaplamalar yapmışlardır. Öğretmen son olarak öğrencilerden herhangi bir hologram piramidi tasarlayabilmek için açılarının

(hologram piramidindeki G açısının ölçüsü ve kağıttan kesip çıkarılması gereken açının ölçüsü) hesaplamasında kullanılabilecek bir matematiksel eşitlik geliştirmelerini istemiştir. Bu son etkinliğin amacı öğrencilerin genelleme içeren cebirsel bir ifadeye ulaşmalarını sağlamaktır.

Öğretmen: Herhangi bir piramidin yapımına başlarken G açısının ölçüsünü bulmak için nasıl bir cebirsel ifade yazabiliriz?

Öğrenci12: Çıkarılan açıyı 360'dan çıkarıp kalan açıyı 4'e böldük. İlk piramitte 90° çıkarmıştık, 270° kaldı. Onu da 4'e bölünce açıyı bulduk.

Öğretmen: Peki, bu bize G açısının ölçüsünü mü verir?

Öğrenci12: Hayır. (Elindeki kâğıdı inceleyerek) Bu bize tepe açısını verdi.

Öğretmen: Neyin tepe açısını?

Öğrenci7: İlk adımda elde ettiğimiz üçgenin.

Öğretmen: Peki, sonra ne yaptık?

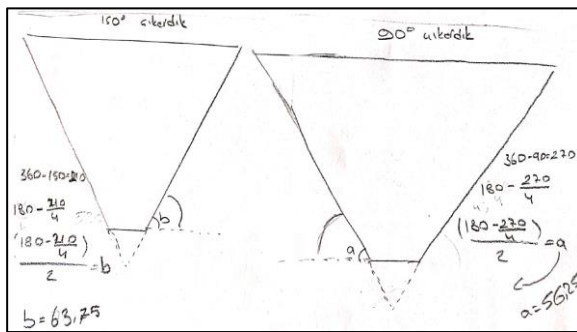
Öğrenci: Bulduğumuz sonucu 180'den çıkarıp 2'ye böldük.

Öğretmen: Neden bu işlemi yaptık peki?

Öğrenci 7: Üçgenin tabandaki açılarını bulmak için.

Öğretmen: Bunu matematiksel olarak kâğıtlarınızda tek bir işlem olarak yazın bakalım.

Öğrenciler bu adımda ilk olarak genelleme içeren cebirsel bir ifade yazamamışlardır. Öğretmen öğrencilerin yazdığı işlemler üzerinden giderek öğrencilere değişen değerleri buldurmayı amaçlamıştır. Öğrenciler, kâğıtlardan 90° ve 150° çıkarıldığında oluşan hologramlar için birer denklem yazmışlardır (Fotoğraf 8).



Fotoğraf 8. Öğrencilerin Açı Hesaplaması İçin Yazdıkları Denklem Örneği

Bu işlemleri yazdıktan sonra öğretmen yazılan denklemler üzerinde sabit ve değişen değerleri

incelemiştir.

Öğretmen: Yazılan denklemleri incelediğinizde neler fark ediyorsunuz?

Öğrenci: Aynı işlemleri yazıyoruz, sadece çıkardığımız açılar farklı. O yüzden 4'e böldüğümüz değerler farklı.

Öğretmen: Peki, çıkardığımız değeri bilmediğimizi varsayalım. O zaman denklemde onun yerine ne yazabiliriz?

Öğrenci: Bilmediğimiz için x diyebiliriz.

Öğretmen: Peki nasıl ifade edeceğiz denkleminizi yeniden?

Öğrenci: 180'den x bölü 4 çıkarabiliriz.

Öğretmen: x burada neyi ifade ediyor?

Öğrenci: Açıyı kesip çıkardığımızda geriye kalan değeri.

Öğretmen: Peki, geriye kalan değere değil de çıkardığımız açının değerine x dersek ifadeyi nasıl yazarız?

Öğrenci: 360 eksi x diyebilir miyiz?

Öğrenciler açılara verilen değerleri değişkenlerle tam olarak ifade ettikten sonra genel ifadeyi oluşturmuşlardır. Öğretmen cebirsel ifadenin yazımı sırasında tahtada bir tablo oluşturmuştur. Etkinliğin bu bölümünde aritmetik olarak gerçekleştirilen işlemlerin genellemesi yapılmış ve öğrencilerin değişen değerler ile sabit değerleri kullanarak cebirsel bir denklem yazmaları sağlanmıştır. Uygulayıcılara ek bir kaynak oluşturması için tahtaya yazılan işlemler Ek-6'da özetlenmiştir. Öğrencilerin yazmış oldukları cebirsel denklemlerden biri Fotoğraf 9'da görülmektedir.

$$\begin{aligned}
 & X \rightarrow \text{kesilmesi gereken açı} \\
 & 180 - \frac{360 - x}{4} \\
 & 180 - \frac{4}{2} = y
 \end{aligned}$$

Fotoğraf 9. Öğrencinin Cebirsel Denklem Örneği

Fotoğraf 9'da belirtilen denklemde y olarak ifade edilen değişken G açısının ölçüsüne ve x olarak ifade edilen değişken ise hologram oluşturulurken başlangıçta kâğıttan kesilmesi gereken açının ölçüsüne karşılık gelmektedir.

Bu noktada, öğretmen etkinliğin özetlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla öğrencilere hologram etkinliğinde işlenen matematik ve fen

kavramlarına yönelik şu soruları yöneltmiştir: Hologramın oluşumunda hangi geometrik şekillerden yararlandık? Bu geometrik şekiller üzerinde hangi açı hesaplamalarını yaptık? Bu hesaplamaları yaparken geometrik şekillerin hangi özelliklerinden yararlandık? Hologramda görüntü oluşumu nasıl gerçekleşmektedir? Hologramda görüntü oluşumunu etkileyen değişkenler nelerdir? Bu değişkenler tasarımıımızda nasıl bir değişikliği gerektirmektedir?

Bu çalışmada tanıtılan etkinliğin değerlendirilmesi toplu sınıf tartışması ile gerçekleştirilmiştir. Son tartışmada öğrenciler sorulan soruları doğru şekilde yanıtlamışlardır. Ancak etkinliği yeniden uygulamak isteyen uygulayıcılar için Ek-4'te sunulan değerlendirme formu hazırlanmıştır. Bu form, hologram tasarlarken kazanılan matematik ve fen bilimlerine dair bilgilerin bireysel olarak değerlendirilmesine olanak tanır. Bu değerlendirmelere ek olarak, uygulayıcılar etkinliğin süresini 2 ders saati daha artırarak “Bir firma, müşterilerine hologram tasarımlarını ayrıntılı bir şekilde tanıtmak istemektedir. Bu firma için gerekli olan sunum/poster/video gösterimlerini hazırlayınız.” şeklinde bir etkinlik ekleyebilirler. Uygulayıcılar eklenen bu etkinliği hem öğrencilerin iletişim ve tartışma gibi süreç becerilerini geliştirmek hem de öğrencileri değerlendirmek için kullanabilirler.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada sekizinci sınıf öğrencileri için bir STEM etkinliği tasarlanmış ve uygulanmıştır. Uygulama sürecinde çekilen video kayıtları, öğrenci çalışma kağıtları ve uygulayıcı gözlem notlarının değerlendirilmesi sonucunda, öğrencilerin etkinlikte hedeflenen fen bilimleri ve matematik kavramlarını kullanabildikleri gözlemlenmiş ve etkinliğin uygulanabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Matematiksel kavramların özgün bağlamlar içinde öğretilmesinin hem öğrencilerin matematiği kavramsal öğrenmelerini desteklediği hem de matematiğin önemine dair inançlarının geliştirildiği araştırmalarda ortaya konulmuştur (Kilpatrick vd., 2001). Ayrıca, Gijssbers vd. (2020) araştırmasında öğrencilerin erken yaşlarda matematik öğrenimlerini destekleyecek çeşitli bağlamların belirlenmesi gerekliliğine vurgu yapmıştır. Bu uygulamanın

sonucunda, kullanılan STEM etkinliği ile hem matematik hem de fen bilimleri kavramlarının öğretimi için hologram tasarımının bir bağlam olabileceği görülmüştür.

Bu etkinliğin geliştirilmesi sürecinde fen bilimleri öğretmenlerinden ve bu alanda çalışan akademisyenlerden destek alınmıştır. Ancak yeni uygulamalarda fen bilimleri açısından daha zengin tartışmaların gerçekleştirilmesi için, matematik ve fen bilimleri öğretmenin birlikte yer alması önerilebilir. Nitekim, Li vd. (2019) STEM'deki matematik ve diğer disiplinleri etkili şekilde ilişkilendirmek için, öğretimin öğrenci fikirleri ve matematiksel düşüncenin gelişimi odağında şekillenmesi gerekliliğini ifade etmektedir. Dolayısıyla, farklı disiplinlerdeki uygulayıcıların bu ilişkilendirmeyi ve gelişimi birlikte daha etkili şekilde yapabileceği düşünülmektedir.

Bu etkinlik sekizinci sınıf öğrencilerine uygulanmıştır, ancak daha alt ve üst sınıf seviyelerinde gerçekleştirilebilecek yeni uygulamalar için pek çok potansiyel taşımaktadır. Hologram piramidinin yüzeyinin eğim açısı 45° olduğunda G açısının ölçüsünün kaç derece olduğunu hesaplayabilmek için trigonometri bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Sekizinci sınıf öğrencileri bu hesaplamayı yapamayacaklarından dolayı bu etkinlikte G açısının ölçüsü GeoGebra'da hologram piramidi oluşturularak bulunmuştur. Dolayısıyla, bu etkinlik lise öğrencileri için trigonometri konusunun uygulamasını içeren bir etkinliğe dönüştürülebilir. Bu etkinlikte kullanılan GeoGebra dosyaları yazarlar tarafından hazırlanmıştır. GeoGebra uygulaması kullanılarak etkinliğin devamı niteliğinde hologram piramidinin incelenmesine yönelik yeni bir etkinlik tasarlanabilir ve uygulama süreci daha uzun bir zamana yayılarak gerçekleştirilebilir. Li ve Schoenfeld (2019) matematiğin yalnız bir araç olarak değil, aynı zamanda deneysel bir disiplin olarak düşünülmesinin STEM ile olan ilişkisini güçlendireceğini belirtmektedir. Uygulanan bu etkinlikte de matematiğin oluşturulan tasarım üzerinde etkisinin nasıl olabileceği tartışılmaktadır ve önerilen etkinlikler ile de bu deneysel özellikler genişletilmektedir. Bu nedenle bu çalışma, matematiğin yalnız bir araç olarak değil aynı zamanda deneysel bir alan olarak görülmesine katkı sağlamak için de önemli görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Blotnick, K. A., Franz-Odenaal, T., French, F., & Joy, P. (2018). A study of the correlation between STEM career knowledge, mathematics self-efficacy, career interests, and career activities on the likelihood of pursuing a STEM career among middle school students. *International Journal of STEM Education*, 5, 1-15. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0118-3>
- Bryan, L. A., Moore, T. J., Johnson, C. C., & Roehrig, G. H. (2015). Integrated STEM education. In C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton, & T. J. Moore (Eds.), *STEM roadmap: A framework for integration* (pp. 23–37). Taylor & Francis.
- Fritz, A., Haase, V. G., & Räsänen, P. (2019). Introduction. In A. Fritz, V. G. Haase, & P. Räsänen (Eds.), *International handbook of mathematical learning difficulties* (pp. 1-6). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97148-3_1
- Gijsbers, D., de Putter-Smits, L., & Pepin, B. (2020). Changing students' beliefs about the relevance of mathematics in an advanced secondary mathematics class. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(1), 87-102. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1682698>
- Harackiewicz, J. M., Rozek, C. S., Hulleman, C. S., & Hyde, J. S. (2012). Helping parents to motivate adolescents in mathematics and science: An experimental test of a utility-value intervention. *Psychological Science*, 23(8), 899–906. <https://doi.org/10.1177/0956797611435530>
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, A. (2014). *STEM integration in K-12 education: status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., Findell, B. (2001). The strands of mathematical proficiency. In J. Kilpatrick, J. Swafford, & B. Findell (Eds.), *Adding it up: Helping children learn mathematics* (pp. 115–118). National Academy Press.
- Lawrenz, F., Gravemeijer, K., & Stephan, M. (2017). Introduction to this special issue. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 1-4. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9815-5>
- Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Grasser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., & Duschl, R. A. (2019). On thinking and STEM education. *Journal for STEM Education Research*, 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s41979-019-00014-x>
- Li, Y., & Schoenfeld, A. H. (2019). Problematizing teaching and learning mathematics as “given” in STEM education. *International Journal of STEM Education*, 6(44), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0197-9>
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2018a). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (İlkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. MEB.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2018b). *Matematik dersi öğretim programı (İlkokul ve ortaokul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. MEB.
- Moore, T. J., Stohlman, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella, (Eds.), *Engineering in precollege settings: Synthesizing research, policy and practices* (pp. 35-60). Purdue University Press.
- Nathan, M. J., Srisurichan, R., Walkington, C., Wolfgram, M., Williams, C., & Alibali, M. W. (2013). Building cohesion across representations: A mechanism for STEM integration. *Journal of Engineering Education*, 102(1), 77-116. <https://doi.org/10.1002/jee.20000>
- Orcos, L., & Magreñán, Á. A. (2018). The hologram as a teaching medium for the acquisition of STEM contents. *International Journal of Learning Technology*, 13(2), 163-177. <https://doi.org/10.1504/IJLT.2018.092097>
- Peterman, K., Daugherty, J. L., Custer, R. L., & Ross, J. M. (2017). Analysing the integration of engineering in science lessons with the engineering-infused lesson rubric. *International Journal of*

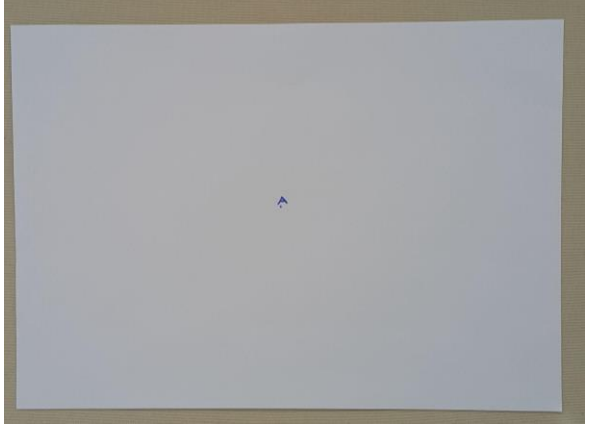
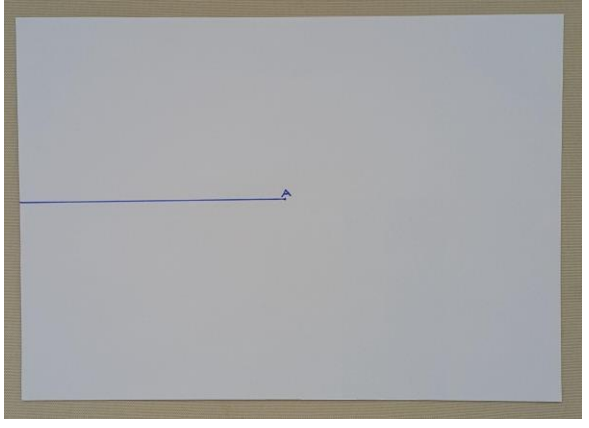
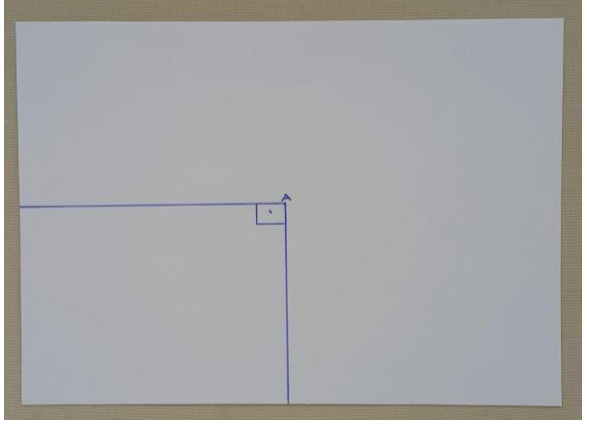
- Science Education*, 39(14), 1913-1931.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1359431>
- Shaughnessy, J. M. (2013). Mathematics in a STEM context. *Mathematics Teaching in the Middle school*, 18(6), 324-324.
<https://doi.org/10.5951/mathteacmiddsc.18.6.0324>
- Simpkins, S. D., Davis-Kean, P. E., & Eccles, J. S. (2006). Math and science motivation: A longitudinal examination of the links between choices and beliefs. *Developmental Psychology*, 42(1), 70-83.
<https://doi.org/10.1037/0012-1649.42.1.70>
- Thap, T., Chung, H., Jeong, C., Ryu, J., Nam, Y., Yoon, K. H., & Lee, J. (2018). Real-time heart activity monitoring with optical illusion using a smartphone. *Multimedia Tools and Applications*, 77, 6209-6224.
<https://doi.org/10.1007/s11042-017-4530-3>

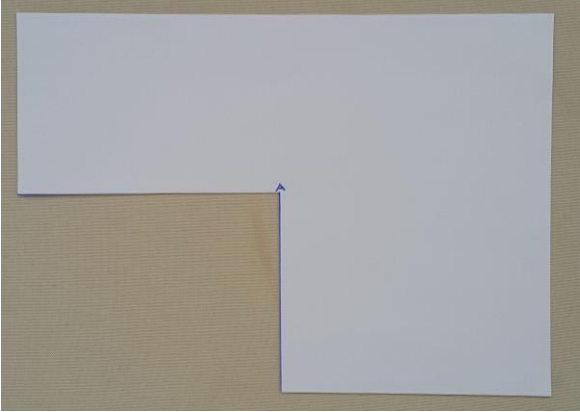
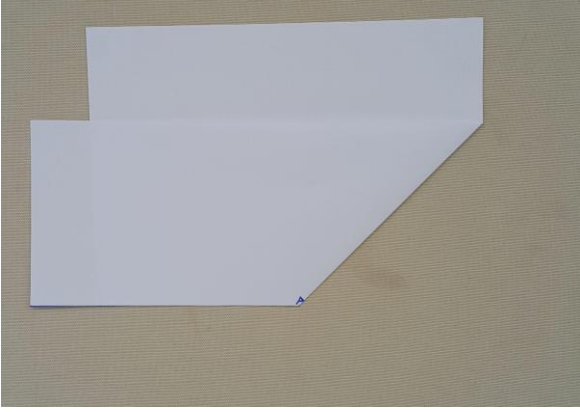
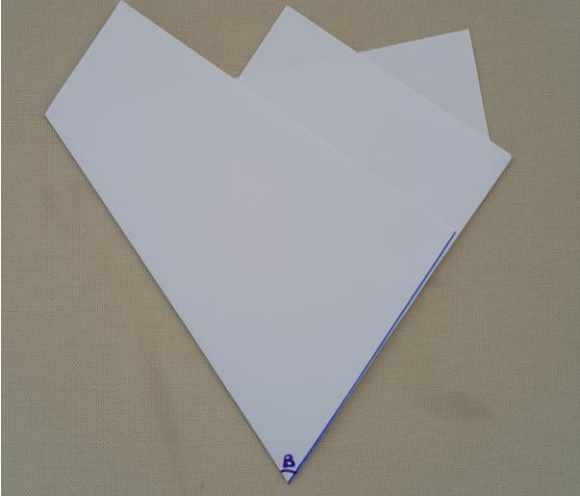
Kaynak Gösterme

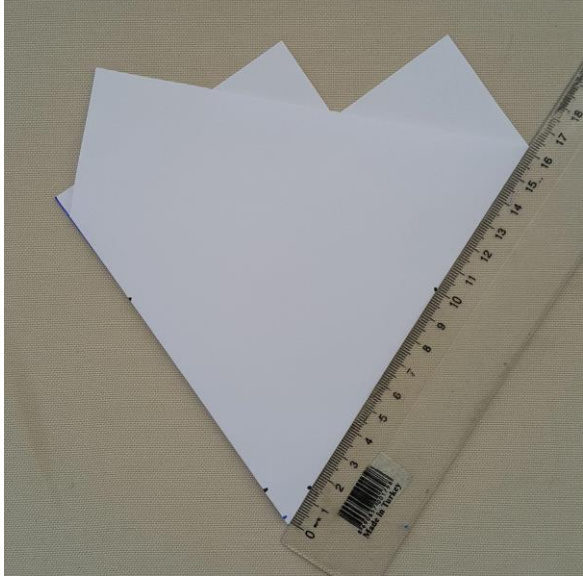
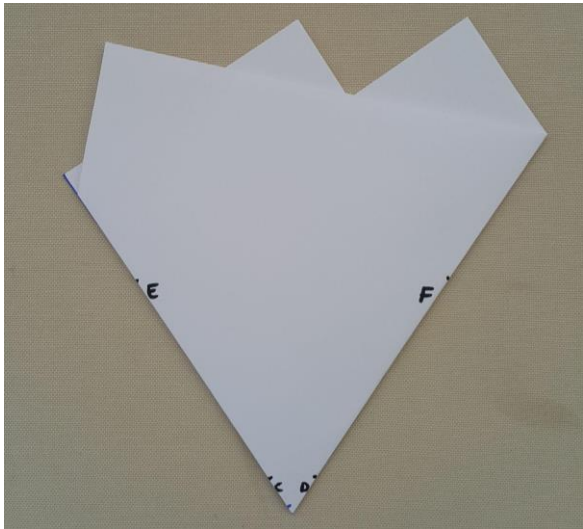
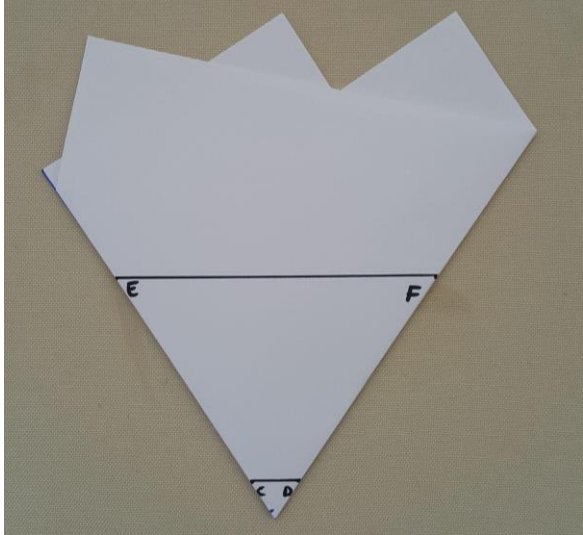
- Avcu, S., & Eroğlu, D. (2023). Hologram piramidindeki matematik: STEM etkinliği uygulaması. *Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi*, 13(2), 94-118. <https://www.ated.info.tr/ojs-3.2.1-3/index.php/ated/issue/view/27>

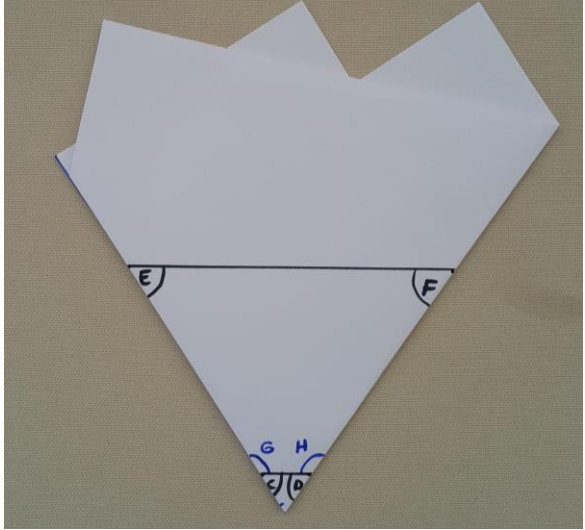
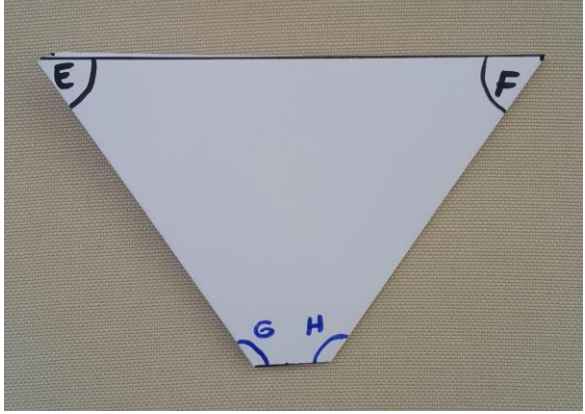
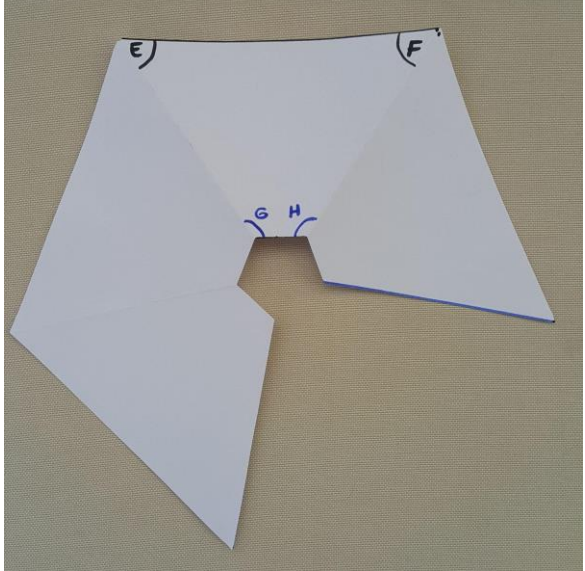
Ek 1

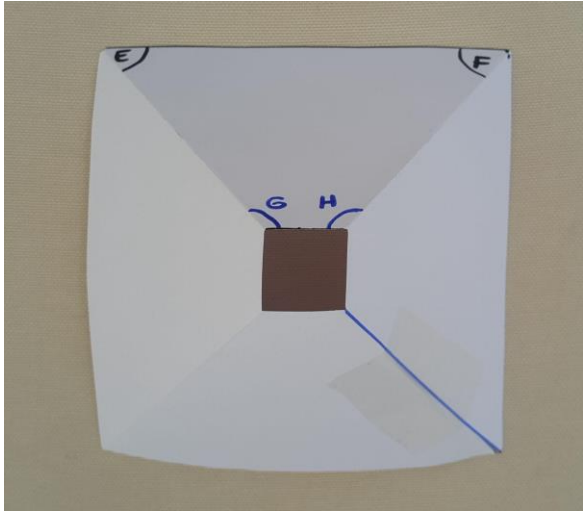
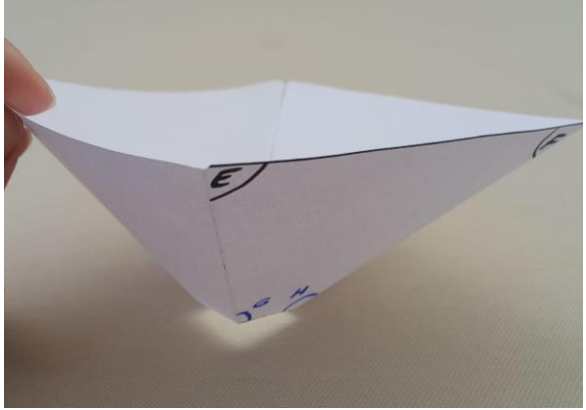
Hologram Piramidi Yapım Aşamaları (A4 Kâğıdı)

Adım	Açıklama	Fotoğraf
1	A4 kâğıdının orta kısmında herhangi bir nokta seçiniz ve A noktası olarak isimlendiriniz.	
2	A noktasından kâğıdın kısa kenarına bir doğru parçası çiziniz.	
3	A noktası açının merkezi, ikinci adımda çizdiğiniz doğru parçası açının bir kolu olacak şekilde 90 derecelik bir açı çiziniz. Çizdiğiniz açının kolunu yeterince uzatarak karşısındaki kenarı kesmesini sağlayınız (Açıölçer ve cetvel kullanınız).	

4	Çizdiğiniz 90 derecelik açıyı keserek dikdörtgen kâğıttan ayırınız. Geriye kalan açıyı A açısı olarak isimlendiriniz. Öğrencilerinizden A açısının ölçüsünü açı ölçer kullanmadan belirlemelerini isteyiniz.	
5	A açısını açının kolları çakışacak şekilde ve kat izi A noktasından geçecek şekilde ikiye katlayınız.	
6	Daha sonra elde ettiğiniz yeni açıyı kat izi yine A noktasından geçecek şekilde ve kolları çakışacak şekilde ikiye katlayınız. Katlanan kenarın düzgün olması için kenarlara baskı uygulayınız ve kat izlerini düzgünce belirginleştiriniz. Elde ettiğiniz yeni açıyı B açısı olarak isimlendiriniz. Öğrencilerinizden B açısının ölçüsünü belirlemelerini isteyiniz.	

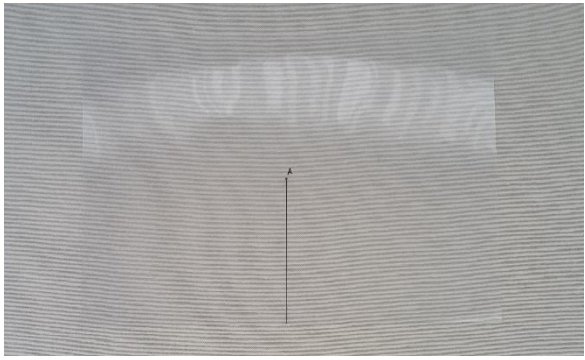
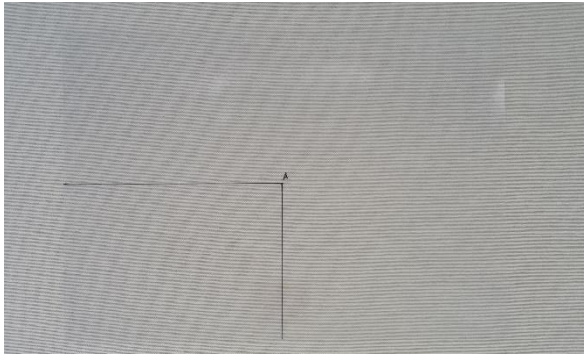
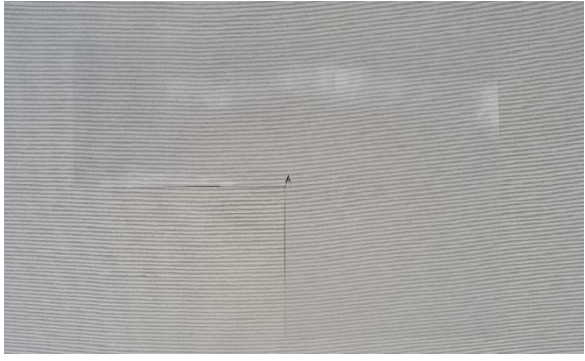
7	B açısının her iki kolunun üzerinde B açısının merkezine 1.5 cm ve 10 cm uzaklıkta olan noktaları belirleyiniz. Bu dört noktayı kalemle belirginleştiriniz.	
8	Merkezden 1.5 cm uzaklıkta olan iki noktayı C ve D olarak isimlendiriniz ve cetvel yardımıyla birleştiriniz. Merkezden 10 cm uzaklıkta olan iki noktayı E ve F olarak isimlendiriniz.	
9	C ile D ve E ile F noktalarını cetvel yardımıyla birleştiriniz. Öğrencilerinizden belirledikleri noktaların ve çizdikleri iki doğru parçasının oluşturduğu geometrik şekilleri ve bu şekillerin özelliklerini belirlemelerini isteyiniz. Fikirlerini gerekçelendirerek açıklamalarını isteyiniz.	

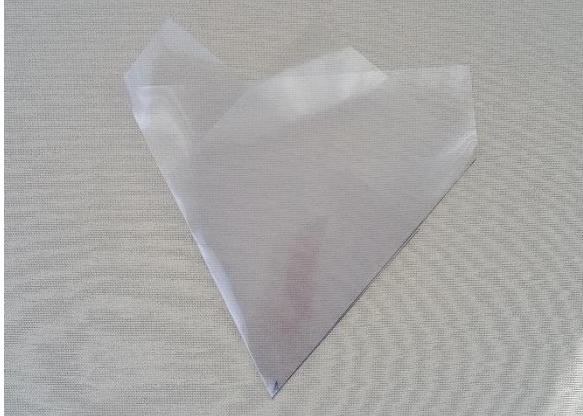
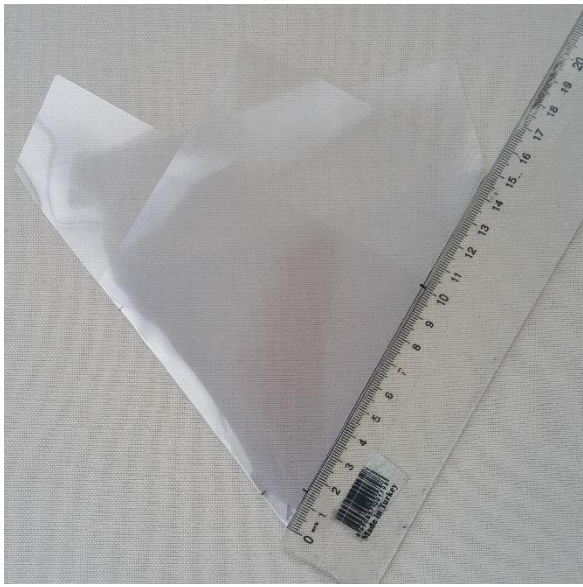
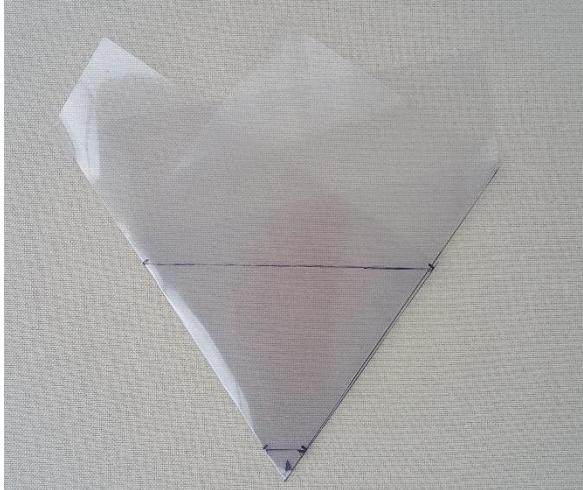
10	Öğrencilerinizden C, D, E ve F açılarını yandaki resimde gösterildiği gibi isimlendirmelerini isteyiniz. Daha sonra, C ve D açılarının bütünlüğü olan açılarını sırasıyla G ve H açıları olarak isimlendirmelerini isteyiniz. Öğrencilerinizden elde ettikleri geometrik şeklin açı ölçülerini açı ölçer kullanmadan belirlemelerini ve cevaplarını gerekçelendirerek açıklamalarını isteyiniz.	
11	Elinizdeki dört katlı kâğıdı 9. adımda çizdiğiniz doğru parçalarından kesiniz.	
12	Elde ettiğiniz kâğıdı açınız. Kâğıdın birbirine eş dört geometrik şekil oluşturduğuna dikkat ediniz.	

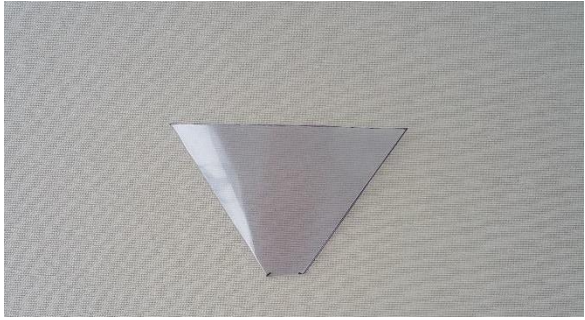
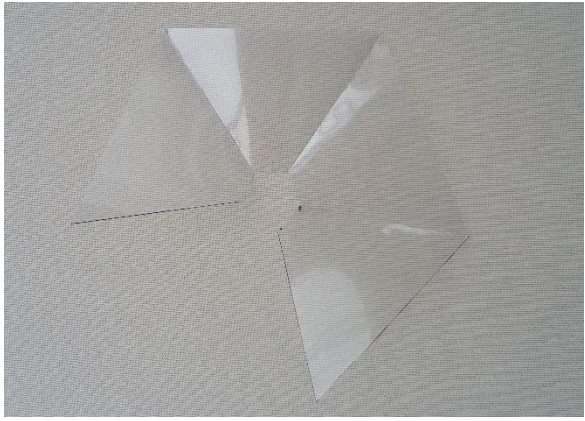
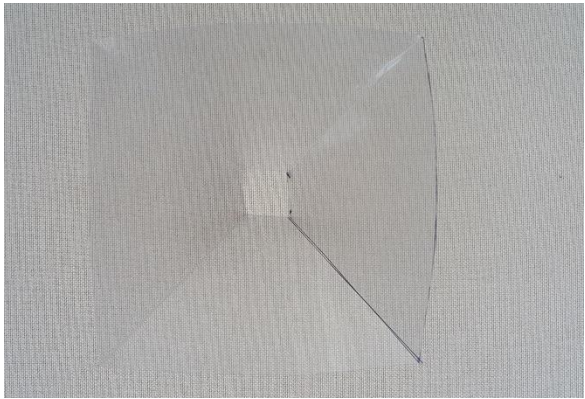
13	En sağıdaki ve en soldaki kenarları birbiri ile çakışacak şekilde hizalayınız ve bant ile yapıştırınız.	
14	Elde ettiğiniz üç boyutlu şeklin bir kesik kare piramidin yan yüzeylerini oluşturması için kat izlerini uygun şekilde belirginleştiriniz. Elde ettiğiniz şekil üç boyutlu bir hologram piramididir.	

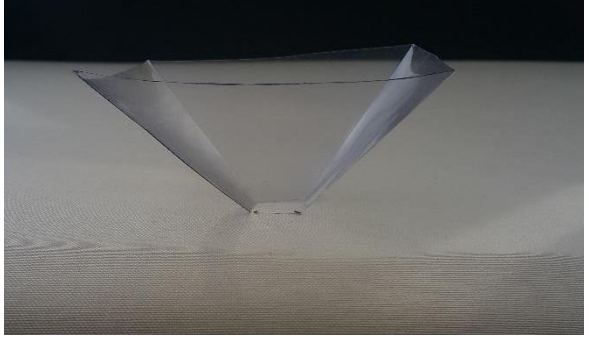
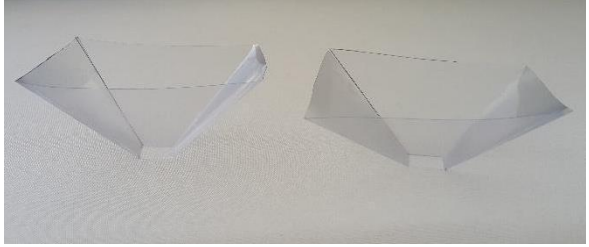
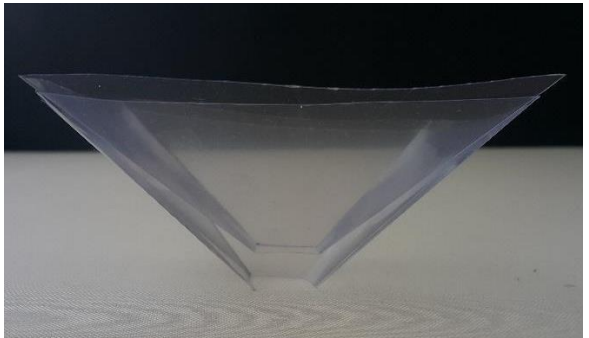
Ek 2

Hologram Piramidi Yapım Aşamaları (Asetat Kağıdı)

Adım	Açıklama	Fotoğraf
1	Asetat kâğıdın orta kısmında herhangi bir nokta seçiniz ve A noktası olarak isimlendiriniz. A noktasını kalemle belirginleştiriniz. A noktasından kâğıdın uzun kenarına bir doğru parçası çizin.	
2	A noktası açının merkezi, ikinci adımda çizdiğiniz doğru parçası açının bir kolu olacak şekilde 90 derecelik bir açı çizin. Çizdiğiniz açının kolunu yeterince uzatarak karşısındaki kenarı kesmesini sağlayınız. (Açıölçer ve cetvel kullanınız)	
3	Çizdiğiniz 90 derecelik açıyı keserek dikdörtgen kâğıttan ayırınız. Geriye kalan açıyı A açısı olarak isimlendiriniz.	
4	A açısını açının kolları çakışacak şekilde ve kat izi A noktasından geçecek şekilde ikiye katlayınız.	

5	Daha sonra elde ettiğiniz yeni açığı kat izi yine A noktasından geçecek şekilde ve kolları çakışacak şekilde ikiye katlayınız. Katlanan kenarın düzleşmesi için kenarlara baskı uygulayınız ve kat izlerini düzgünce belirginleştiriniz. Elde ettiğiniz yeni açığı B açısı olarak isimlendiriniz.	
6	B açısının her iki kolunun üzerinde B açısının merkezine 1,5 cm ve 10 cm uzaklıkta olan noktaları belirleyiniz. Bu dört noktayı kalemle belirginleştiriniz.	
7	Merkezden 1,5 cm uzaklıkta olan iki noktayı C ve D olarak isimlendiriniz ve cetvel yardımıyla birleştiriniz. Merkezden 10 cm uzaklıkta olan iki noktayı E ve F olarak isimlendiriniz. C ile D ve E ile F noktalarını cetvel yardımıyla birleştiriniz.	

8	Elinizdeki dört katlı kâğıdı 7. adımda çizdiğiniz doğru parçalarından kesiniz.	
9	Elde ettiğiniz kâğıdı açınız. Kâğıdın birbirine eş dört geometrik şekil oluşturduğuna dikkat ediniz.	
10	En sağdaki ve en soldaki kenarları birbiri ile çakışacak şekilde hizalayınız ve bant ile yapıştırınız.	
11	Elde ettiğiniz üç boyutlu şeklin bir kesik kare piramidin yan yüzeylerini oluşturması için kat izlerini uygun şekilde belirginleştiriniz.	

12	Elde ettiğiniz şekil üç boyutlu bir hologram piramididir. Akıllı cihazınızdan bir hologram videosu açarak hologram piramidini cihazınızın ortasına yandaki şekilde yerleştiriniz ve piramidin içinde oluşan görüntüyü inceleyiniz.	
13	İkinci hologram piramidini elde etmek için 2. adıma geri dönünüz. Yeni bir asetat kâğıdı ile yeni ölçütleri dikkate alarak bir hologram piramidi elde ediniz. (3.Adım: Kâğıttan 150 derecelik açı çıkarınız)	
14	Hologram yüzeylerinin yatay ile yaptıkları açıları karşılaştırmak için iki hologramın iç içe geçmiş fotoğrafı yanda verilmiştir. Öğrencilerinizden elde ettiğiniz iki hologram piramidinde oluşan görüntüleri karşılaştırmalarını, farklılıkları belirlemelerini ve farklılaşmanın olası nedenlerini açıklamalarını isteyiniz.	

Ek 3

Hologram Çalışma Kâğıdı

1. A açısının ölçüsünü açı ölçer kullanmadan belirleyiniz ve cevabınızı nasıl bulduğunuzu açıklayınız.

.....

.....

.....

2. B açısının ölçüsünü açı ölçer kullanmadan belirleyiniz ve cevabınızı nasıl bulduğunuzu açıklayınız.

.....

.....

.....

3. Çizdiğiniz iki doğru parçasının arasında oluşan geometrik şekli ve bu şeklin özelliklerini belirleyiniz. Fikirlerinizi gerekçelendirerek açıklayınız.

.....

.....

.....

4. Elde ettiğiniz geometrik şekli aşağıya çizin, şeklin açı ölçülerini açı ölçer kullanmadan belirleyiniz. Cevaplarınızı gerekçelendirerek açıklayınız.

.....

.....

.....

5. Elde ettiğiniz hologram piramitlerini karşılaştırınız. Varsa farklı yönlerini açıklayınız.

.....

.....

.....

6. Elde ettiğiniz hologram piramitlerinin yapım aşamalarını hatırlayınız ve farklılıkları açıklayınız.

.....

.....

.....

7. Yapım aşamasındaki farklıların hologram piramitlerini nasıl etkilediğini nedenleriyle birlikte açıklayınız.

.....

.....

.....

8. Elde ettiğiniz iki hologram piramidinde oluşan görüntüleri karşılaştırınız. Görüntülerdeki farklılıkları belirleyiniz ve farklılaşmanın olası nedenlerini açıklayınız.

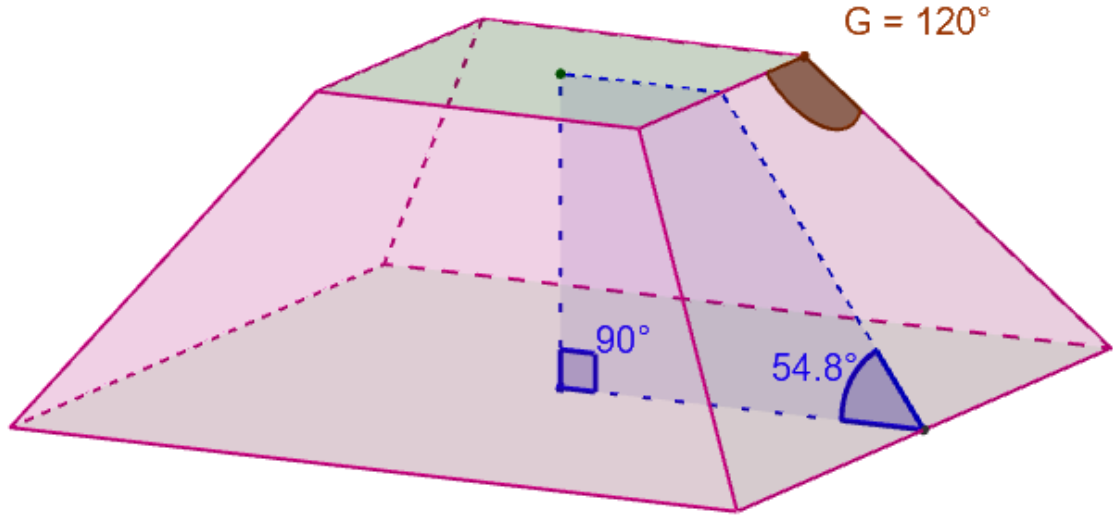
.....

.....

.....

Ek 4

Değerlendirme Formu

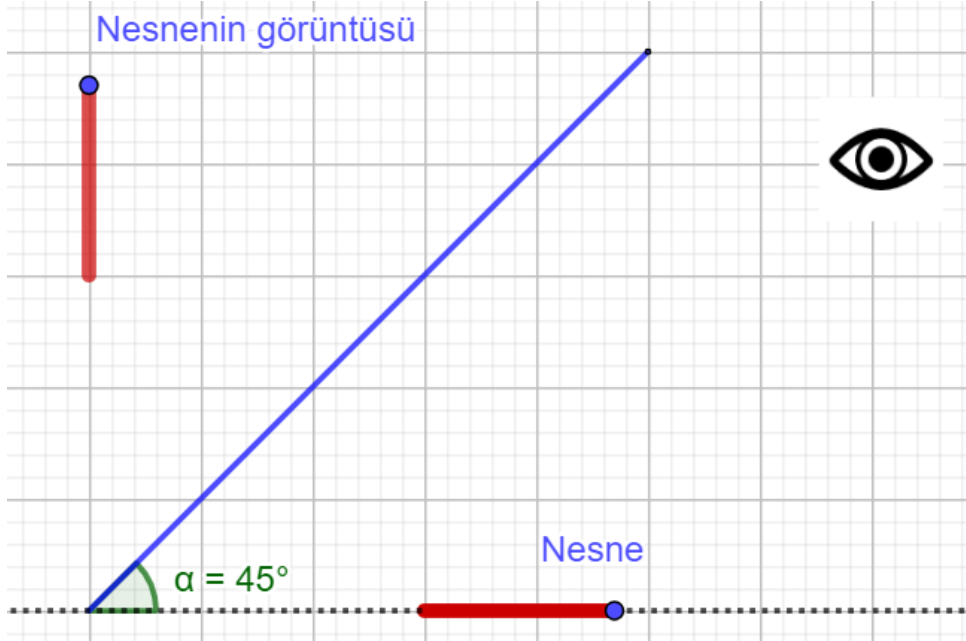


Asetat kâğıdı kullanarak yukarıda verilen hologram piramidini oluşturunuz. A, B, C ve G açılarını etkinlik sırasında isimlendirdiğiniz şekilde isimlendiriniz ve elde ettiğiniz hologram piramidi için aşağıda verilen soruları cevaplayınız.

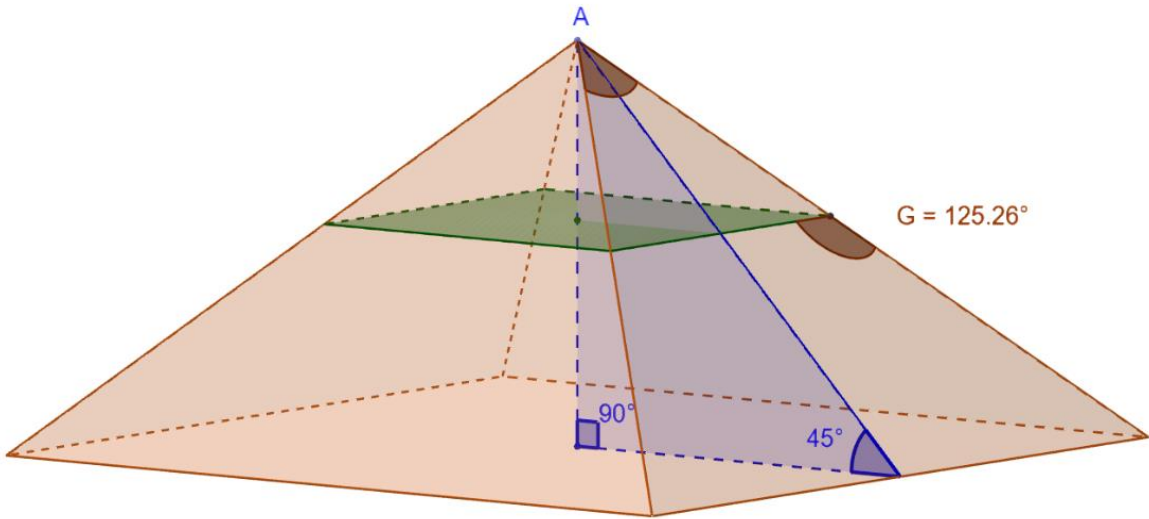
1. Asetat kağıdından kaç derecelik açı çıkardınız? Cevabınızı gerekçelendirerek açıklayınız.
2. A açısı kaç derecedir?
3. B açısı kaç derecedir?
4. C açısı kaç derecedir?
5. Birinci soruda belirlediğiniz asetat kağıdından çıkarılması gereken açının ölçüsü ile G açısının ölçüsü arasındaki ilişkiyi veren cebirsel ifadeyi yazınız.
6. Bu cebirsel ifadeyi kullanarak bulduğunuz cevapları kontrol ediniz.
7. Elde ettiğiniz hologramın yan yüzlerinin yerle yaptığı açı kaç derecedir?

Ek 5

Uygulayıcılar için GeoGebra Materyalleri



(a) <https://www.geogebra.org/m/h8fxcvsn>

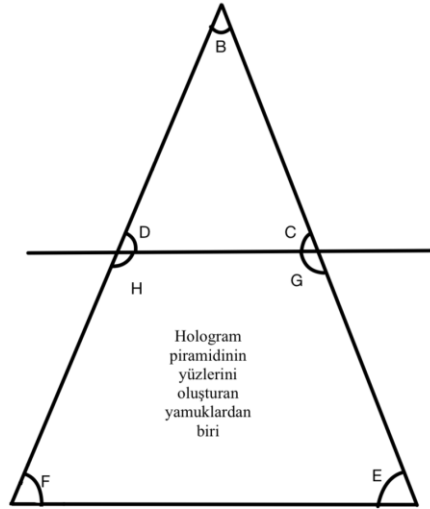


(b) <https://www.geogebra.org/m/gwxk7qut>

Ek 6

Uygulayıcılar için Cebirsel Genelleme Yapılması Sürecindeki İşlemler

Problem: Şekildeki G açısını hesaplamak için hologram piramidinin yapımına başlarken çıkarılan açıya bağlı bir kural yazınız. Aşağıdaki şekilde yer alan yamuk, hologram piramidinin bir yüzünü temsil etmektedir.



	B Açısı	C Açısı $\Rightarrow \frac{180-B}{2}$	G Açısı $\Rightarrow 180 - C$
90° çıkarıldığında	$\frac{360 - 90}{4}$	$\frac{180 - \frac{360 - 90}{4}}{2} = 123,75$	$180 - \frac{180 - \frac{360 - 90}{4}}{2} = 56,25$
150° çıkarıldığında	$\frac{360 - 150}{4}$	$\frac{180 - \frac{360 - 150}{4}}{2} = 116,25$	$180 - \frac{180 - \frac{360 - 150}{4}}{2} = 63,75$
Bilinmeyen bir açı çıkarıldığında (x°)	$\frac{360 - x}{4}$	$\frac{180 - \frac{360 - x}{4}}{2} = 45 + \frac{x}{8}$	$180 - \frac{180 - \frac{360 - x}{4}}{2} = 135 - \frac{x}{8}$