



Bilimi Gerçek Yaşamla Bağlantılandırılan Deneyler

STExperiMents Tasarım Kılavuzları



Bu yayın, Avrupa Birliği'nin Erasmus+ programının desteğiyle hazırlanmıştır. STExperiMents projesine (KA220-SCH-34903829) dayanmaktadır. Avrupa Komisyonu'nun bu yayının hazırlanmasına verdiği destek, yalnızca yazarların görüşlerini yansıtan içeriği onayladığı anlamına gelmez ve Komisyon, burada yer alan bilgilerin herhangi bir şekilde kullanılmasıyla ilgili olarak sorumlu tutulamaz.



Erasmus+

Proje Ekibi

Univerzita Karlova, ek Cumhuriyeti (Koordinatör): Martin Rusek, Dominika Koperov, Tadeř Matcha, Marta Kuhnov

Jyvskyl Üniversitesi, Finlandiya: Maria Fisk, Kristof Fenyvesi, Josephine Lau

Bahçeřehir Üniversitesi, Türkiye: Nilay Ozturk, Sezin Esfer, Ayse Gul Celenk, Mehmet Sencer Corlu

Johannes Kepler Üniversitesi, Avusturya: Ceclia Russo, Abril Armenta-Franco, Eva Ulbrich, Zsolt Lavicza

Görseller: Proje ekibi katılımcılarından

Telif hakkı: CC BY-NC-ND

STExperiMents projesi hakkında daha fazla kaynak ve bilgi için:

<https://STExperiMents.pdf.cuni.cz/>

Bu yayına atıfta bulunmak için lütfen şunu kullanın:

Armenta-Franco, A., Celenk, A. G., Corlu, M. S., Esfer, S., Fenyvesi, K., Fisk, M., Koperov, D., Kuhnov, M., Lau, J., Lavicza, Z., Matcha, T., Ozturk, N., Russek, M., Russo, C., Ulbrich, E. (2025). *Creating Experiments to connect Science and the Outside World: STExperiMents Design Guidelines*, Deliverable of the Erasmus+ project STExperiMents KA220-SCH-34903829. Prague: Faculty of Education, Charles University



Özet

Bu belge, STExperiMents projesi kapsamındaki deneysel öğrenme görevlerinin (Deneyler) nasıl geliştirildiğini açıklayan bir dizi tasarım kılavuzu sunmaktadır. Amaç, öğretmenleri, eğitimcileri ve proje ortaklarını, bilimsel kavramları gerçek dünya bağlamlarıyla ilişkilendiren ve aynı zamanda sınıf ve atölye ortamlarında uygulanabilir olan yapılandırılmış deneyler oluşturmada desteklemektir.

Kılavuzlar, proje konsorsiyumu içindeki işbirliği çalışmalarıyla geliştirilmiştir. Eğitim deneyleri için genel tasarım ilkelerini belirlemek amacıyla ilk beyin fırtınası oturumları, ortaklar arasında tartışmalar ve mevcut STEM ve sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımlarının analizi kullanılmıştır. Bu ilkeler, katılımcı ülkeler arasında deneysel faaliyetlerin geliştirilmesini, belgelenmesini ve karşılaştırılmasını destekleyen yapılandırılmış bir çerçeveye dönüştürülmüştür.

Ortaya çıkan çerçeve, bağlamsal uygunluk, kavramsal odak, materyallerin uygulanabilirliği, ölçme ve gözlem stratejileri ile yansıma ve tartışma fırsatları dahil olmak üzere deney tasarımı için temel boyutları içermektedir. Bu boyutlar, deneylerin bilimsel olarak anlamlı ve pedagojik olarak erişilebilir olmasını, farklı eğitim ortamlarına uyarlanabilir olmasını ve projenin hedeflerini desteklemesini sağlamayı amaçlamaktadır.

Belge, deneyleri açıklayan bir şablon sunar ve tasarım ilkelerinin okullarda uygulamayı desteklemek için pratikte nasıl uygulanabileceğini gösterir. Bu yapı, ortakların deneysel faaliyetlerini karşılaştırılabilir bir şekilde belgelemelerine destek olur ve proje içinde fikir alışverişini kolaylaştırır.

Kılavuzlar, yeni deneysel görevlerin geliştirilmesini ve mevcut faaliyetlerin iyileştirilmesini desteklemeyi amaçlamaktadır. Belge, STExperiMents projesi kapsamında deneysel öğrenmeye tutarlı bir yaklaşım getirilmesine katkıda bulunur ve ortak bir çerçeve sağlayarak aktarılabilir eğitim uygulamalarının oluşturulmasını destekler.



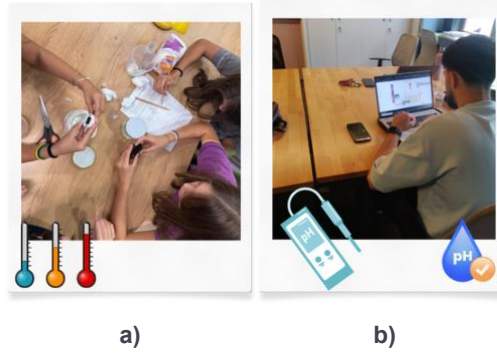
Giriş: STExperiMents Projesi	5
Proje Bağlamı	6
Proje Hedefleri	6
Hedeflenen Çıktı	7
STEM ve STEAM	8
Katılımcı Ülkelerdeki Eğitim Bağlamı	9
Ulusal STEM Öncelikleri	9
Finlandiya	9
Çek Cumhuriyeti	10
Türkiye	11
Avusturya	12
Ortak Eğitim Temelleri	12
Deney Görevi Tasarımının Teorik Temelleri	13
Sorgulama Temelli Öğrenme	13
Sorgulama Ortamlarında Kolaylaştırma	14
Öz Belirleme Teorisi	15
Bağlamsal ve Disiplinlerarası Öğrenme	15
DeneySEL Görevler için Tasarım İlkeleri	16
Ülkeler Arası İlkeler	16
Türetilmiş Boyutlar	17
Uygulamalı Deneyler	17
Sanal Deneyler	18
Örnek üzerinden ilkeleri ve boyutları gösterme	19
Örnek yapı	19
Görev Tasarım Şablonu	19
Genel Bakış Alanı	19
Adım Adım Açıklama	20
Tekrarlanan İyileştirme	21
Örnek Görev	22
Beklenen Eğitim Katkısı, Öneriler	23
Öğrenciler için	23
Öğretmenler için	23
Politika ve Öğretim Programı Geliştirme için	23
Kaynakça	24

Giriş: STExperiMents Projesi

STExperiMents projesinin amacı, öğretmenlerin anlamlı ve kanıta dayalı STEM eğitimini uygulamalarına dahil etmelerini sağlayan bir STEM öğrenme etkinlikleri koleksiyonu oluşturmaktır. Bu temel hedefin ötesinde, proje birbiriyle bağlantılı birkaç hedef daha gütmektedir.

Deneylerin geliştirilmesi, farklı disiplinlerden gelen çeşitli bakış açılarını bir araya getirerek katılımcı okulları ve araştırma gruplarını zenginleştirecektir. Tekrarlanan, kanıta dayalı iyileştirmeler, STEAM eğitim araştırma topluluğu için de değerli bulgular ortaya çıkaracaktır. Proje deneyleri, beceri ve yetkinliklerin geliştirilmesini vurgular ve hizmet öncesi ve hizmet içi öğretmenlere, öğretmen eğitimcilerine ve karar vericilere içerik sunmanın ötesinde deneylerin daha derin öğrenme hedeflerini görselleştirir. STExperiMents projesi kapsamında tasarlanan bu deneyler, uygulamalı ve dijital destekli etkinlikler olmak üzere iki farklı formatta uygulanır. Uygulamalı ortamlarda öğrenciler, sıcaklık araştırmaları (Şekil 1a) gibi materyaller ve ölçüm süreçleriyle doğrudan ilgilenirken, dijital ortamlar öğrencilerin simülasyon yoluyla bilimsel kavramları keşfetmelerine olanak tanır; örneğin, çevrimiçi bir araç kullanarak pH değerlerini araştırmak (Şekil 1b). STEAM yaklaşımı, ulusal müfredatlarda vurgulanan ancak sınıf uygulamalarında sıklıkla ihmal edilen disiplinlerarası bağlantıları sağlar.

Fikirlerin, deneyimlerin ve pedagojik stratejilerin işbirliğine dayalı paylaşımı, üniversite ve ortaöğretim düzeyindeki uygulamaları dönüştürme potansiyeline sahiptir: proje ortakları, STEAM entegrasyonuna yönelik farklı yaklaşımlara sahip çeşitli eğitim ortamlarını temsil etmekte ve öğretmen adaylarını ders planlamasına ve sınıf ortamına STEAM yaklaşımlarını benimsemeye davet etmektedir.



Şekil 1: a) Öğrenciler sıcaklığı ölçüyor. b) Öğrenciler çevrimiçi bir simülatör kullanarak maddelerin pH değerlerini araştırıyor.

Bu belge, ortaya çıkan tasarım kılavuzlarını sunmaktadır. Çerçeveyi oluşturan teorik temelleri tanıtmakta, operasyonel tasarım ilkelerini formüle etmekte ve görev geliştirme ve iyileştirme için yapılandırılmış bir model sunmaktadır. Amaç, öğretmenlere ve öğretmen eğitimcilerine deneysel görevleri analiz etme, oluşturma ve uyarlama konusunda ilham vermektir. Yapı, sorgulama süreçlerini desteklemeli ve aşağıdakileri destekleyen bir görev tasarımı oluşturmak için kolaylaştırmayı açık hale getirmelidir:

- sorgulama yeterliliği
- ve kolaylaştırma bilinci.

Odak noktası, görevlerin iç yapısıdır: sorunların nasıl formüle edildiği, serbestlik derecelerinin nasıl kısıtlandığı, ölçüm yapılarının akıl yürütmeyi nasıl yönlendirdiği, belirsizliğin nasıl ele alındığı ve yansıtmanın kavramsal pekiştirmeyi nasıl desteklediği. Deney etkinlikleri, Avrupa okul sistemlerinde STEM eğitiminin ortak bir bileşenidir. Eğitimsel değerleri, nasıl tasarlandıklarına, yapılandırıldıklarına ve kolaylaştırıldıklarına bağlı olabilir. Deney görevleri, öğrencileri hipotez oluşturma, değişken kontrolü, ölçüme dayalı akıl yürütme ve kanıt değerlendirmesine ne ölçüde dahil ettikleri açısından farklılık gösterir. Bu nedenle, deney etkinliklerinin tasarımı, açık pedagojik ve epistemik değerlendirmeler gerektirir. STExperiMents projesi için Tasarım Kılavuzları, STEM eğitiminde deneylerin tasarım boyutunu ele almaktadır. Katılımcı ülkelerde müfredatlar, sorgulama



yeterliliğini, çapraz becerileri, dijital entegrasyonu ve karmaşık sosyo-teknik zorluklarla başa çıkma becerisini vurgulamaktadır.



Proje Bağlamı

STEXperiMents, okul eğitiminde bir Erasmus+ KA220-SCH işbirliği ortaklığıdır ve çalışmalarını STEM/STEAM öğrenimi, dijital dönüşüm ve çapraz yetkinliklerin geliştirilmesi ile ilgili mevcut Avrupa öncelikleri çerçevesinde konumlandırmaktadır. Seçilen program öncelikleri arasında STEM ve STEAM yaklaşımına olan ilgiyi ve mükemmelliği teşvik etmenin yanı sıra dijital hazırlık, dayanıklılık ve kapasite yoluyla dijital dönüşümü ele almak yer almaktadır.

Avrupa eğitim politikası, şu anda okul gelişimini daha geniş dijital ve sosyo-ekonomik dönüşüm süreçleri içinde konumlandırmaktadır. Dijital hazırlık, sistemik bir gereklilik olarak çerçevelenmektedir. Toplumun ve işgücü piyasalarının devam eden dijital dönüşümü, eğitim sistemlerinin öğrencileri, dijital araçların, veri uygulamalarının ve teknolojik altyapıların neredeyse tüm mesleki alanlara entegre olduğu ortamlara hazırlamasını gerektirmektedir. Özellikle BT ve STEM sektörlerinde dijital yetkinliklere yönelik yaygın talebin öngörülmesi, dijital kapasiteyi gelecekteki işgücü piyasalarına katılım ve Avrupa'nın ekonomik istikrarının sürdürülmesi için yapısal bir ön koşul olarak konumlandırmaktadır. Bu nedenle STEM eğitimi, rekabetçilik ve inovasyon meseleleriyle bağlantılıdır. STEM alanında nitelikli profesyonellerin eksikliği, araştırma, teknolojik gelişme ve sürdürülebilir ekonomik büyüme üzerinde bir kısıtlama olarak görülmektedir. Bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarına olan ilgiyi ve performansı artırmak, Avrupa'nın inovasyon kapasitesini ve teknolojik ve çevresel zorluklara yanıt verme yeteneğini güçlendirmenin bir yolu olarak çerçevelenmektedir. STEM eğitimi, bilimsel muhakeme, teknolojik okuryazarlık ve uygulamalı problem çözme birleştiren, birbiriyle bağlantılı bir alan olarak ele alınmaktadır.

Sanat ve sosyal perspektiflerin STEAM yönelimine entegrasyonu, disiplinlerarasılığa verilen politika vurgusunu yansıtmaktadır. Avrupa çerçeveleri sıklıkla problem çözme, işbirliği, yaratıcılık ve farklı alanlarda bilgiyi uygulama becerisi gibi çapraz yetkinliklere atıfta bulunmaktadır. Bu yetkinlikler, esnek öğrenme yolları ve karmaşık, gerçek dünya bağlamlarında yolunu bulma becerisiyle ilişkilidir. Bu nedenle, eğitim girişimlerinin konu özelinde içerik sunumunun ötesine geçmesi ve kavramsal anlayışı bağlamsal uygulamayla birleştiren öğrenme ortamları oluşturması teşvik edilmektedir.

Sürdürülebilirlik, politika söylemlerinde Avrupa toplumlarını şekillendiren daha geniş kapsamlı yeşil ve dijital dönüşümlerin bir parçası olarak yer almaktadır. Eğitim sistemlerinin, sürdürülebilir ekonomik kalkınmaya katkıda bulunması ve öğrencileri çevresel ve teknolojik olarak gelişen bağlamlara katılım için hazırlaması beklenmektedir. Bu yönelim, STEM yeterliliğini toplumsal sorumluluk, teknolojik inovasyon ve uzun vadeli ekonomik dayanıklılıkla ilişkilendirmektedir.

Dijital hazırlık, STEM kapasitesi, yatay yetkinlikler ve sürdürülebilirlik, birbiriyle bağlantılı bir politika çerçevesi oluşturmaktadır. Eğitim, Avrupa'nın inovasyon potansiyelini güçlendirmeyi, işgücü piyasasının taleplerine yanıt vermeyi ve ekolojik ve teknolojik dönüşümü yönetmeyi amaçladığı merkezi bir mekanizma olarak konumlandırılmaktadır.

Proje Hedefleri

DeneySEL görevler, analitik muhakeme, yapılandırılmış belgeleme, takım çalışması ve veri yorumlamasını destekleyebilir. Ancak, çapraz yetkinliklerin sistematik olarak değerlendirilme veya deneySEL tasarımıyla ilişkilendirilme derecesi, okul düzeyindeki uygulamaya bağlıdır.

STEXperiMents projesi, STEM eğitimi için yapılandırılmış deneySEL görev tasarımlarının geliştirilmesine odaklanmaktadır. Bu görevler, deneyin iç yapısının açıkça ortaya konduğu, kasıtlı olarak tasarlanmış öğrenme ortamları olarak düşünülmüştür. Soruların nasıl formüle edildiğine, değişkenlerin nasıl organize edildiğine, ölçümlerin akıl yürütme süreçlerine nasıl entegre edildiğine ve yansıma aşamalarının nasıl dahil edildiğine dikkat edilir. Proje, farklı bağlamlarda uygulanabilen, analiz edilebilen ve geliştirilebilen tutarlı bir deney tasarımları seti oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu görev tasarımlarının birincil kullanıcıları öğretmenler ve öğretmen eğitimcileridir. Proje, hizmet öncesi ve hizmet içi öğretmenlere yöneliktir ve deney görevlerini sınıfta uygulama araçları ve mesleki yansıma nesnelere olarak konumlandırır.



Hedeflenen Çıktı

Projenin ana hedefi, **araştırma temelli, aktarılabılır deneysel görev tasarımları geliştirmektir. Bu tasarımlar, ortak ülkelerdeki farklı eğitim koşullarına uyarlanabilirken, sorgulama ile ilgili yetkinlik gelişimini destekler ve kolaylaştırma gerekliliklerini açıkça ortaya koyar.**

Bu kılavuz belgesi, STExperiMents projesi kapsamında geliştirilen deneysel etkinliklerin tasarımına yönelik çerçeveyi tanımlamaktadır. **Bu belgeler, hem uygulanmalı hem de sanal STEM deneylerinin oluşturulması, test edilmesi ve iyileştirilmesinde yer alan tüm ortaklar için ortak bir referans görevi görmektedir. Ayrıca, öğretmenler tarafından deneyleri, yapılarını ve etkinlikleri uyarlarken veya kendileri deneyler oluştururken nelere dikkat etmeleri gerektiğini daha iyi anlamak için de kullanılabilir.**

Belge, proje taahhütlerini, iş paketleri ve ortak ülkeler genelinde görev geliştirmeye rehberlik eden operasyonel tasarım kriterlerine dönüştürmektedir.

- Proje, ücretsiz olarak erişilebilen bir araç setine dahil edilecek dört fiziksel ve dört sanal olmak üzere sekiz pilot deneysel etkinliğin geliştirilmesini içermektedir. Bu etkinlikler, farklı eğitim bağlamlarında uygulanabilen, analiz edilebilen ve revize edilebilen yapılandırılmış deneysel formatlar olarak tasarlanmıştır. Her deney, temel kavramsal ve metodolojik yapısını korurken ulusal müfredata uyarlanacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Projenin ikinci bir sonucu, deneysel etkinliklerle çalışırken öğrencilerin öğrenme performansını incelemek için bir metodolojinin geliştirilmesidir. Bu nedenle, her görevin tasarımı açık bir ölçme ve değerlendirme yapısını içermelidir. Deneysel formatların, öğrencilerin akıl yürütme süreçleri, değişkenlerin işlenmesi, verilerin yorumlanması ve sonuçların oluşturulması konusunda gözlemlenebilir kanıtlar üretmesi gerekmektedir. Değerlendirme araçları, sınıf denemeleri ve revizyon aşamalarında sistematik bir analiz için bu yapısal unsurlarla uyumlu olmalıdır.

Geliştirme süreci, yinelemeli bir tasarım mantığını izlemektedir. Deneysel görevler analiz edilir, tasarlanır, gözden geçirilir, sınıf ortamında uygulanır ve öğretmen adayları, görevdeki öğretmenler ve öğrencilerden gelen belgelenmiş geri bildirimlere dayalı olarak revize edilir. Ülkeler arası uygulama, bu sürecin önemli bir bileşenidir. Görev tasarımları, uygun bir şekilde tekrarlanabilmesi için yeterli hassasiyetle tanımlanmalı, ancak materyaller, zaman tahsisi ve müfredat vurgularındaki bağlamsal farklılıkları barındırabilecek esnekliğe sahip olmalıdır.

Kılavuzlar ayrıca, her deneysel etkinliğin epistemik yapısının şeffaf olmasını gerektirir. Bu, problem çerçevesinin açık bir şekilde ifade edilmesini, değişkenlerin ve kısıtlamaların belirtilmesini, ölçüm prosedürlerinin tanımlanmasını ve yapılandırılmış yansıma aşamalarını içerir. Amaç, deneysel tasarımın sorgulama süreçlerini desteklemesini ve kolaylaştırıcıların sınıf dinamiklerini öngörmesine ve yönetmesine yardımcı olmasını sağlamaktır.

Bu kılavuz belgesi, projenin taahhütlerini uygulamaya koymaktadır:

- doğrulanmış bir deneysel araç setinin geliştirilmesi,
- buna eşlik eden bir değerlendirme metodolojisi,
- ve yapılandırılmış yaygınlaştırma çıktıları.

Bu belge, deneysel faaliyetlerin oluşturulduğu, test edildiği, uyarlanıp Avrupa'daki eğitim bağlamlarında daha geniş bir kullanım için hazırlandığı ortak tasarım kriterlerini sunmaktadır.

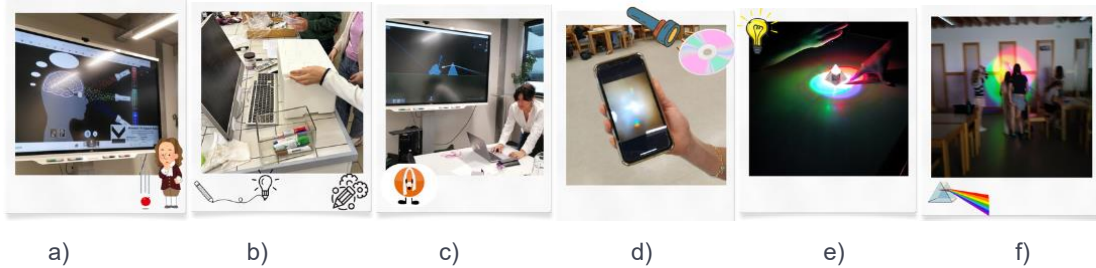
STEM ve STEAM

Eğitim uygulamalarında, STEM ve STEAM arasındaki ayrım belirsiz olabilir. Her iki çerçeve de belirli ilkeleri paylaşır:

- sorgulama ve deney yoluyla öğrenme
- problem temelli ve proje temelli öğrenme
- disiplinlerarası sınırların ötesinde bilginin entegrasyonu
- 21. yüzyılın dört yetkinliği olarak adlandırılan eleştirel düşünme, işbirliği, iletişim ve yaratıcılık gibi çapraz yetkinliklerin geliştirilmesi
- teorik bilgi ile gerçek dünyadaki uygulamalar arasında bağlantı

STEM odaklı yaklaşımlar genellikle bilimsel akıl yürütme, teknolojik okuryazarlık ve mühendislik odaklı problem çözmeye odaklanır ve çoğu zaman analitik ve niceliksel yöntemleri vurgular. Bu yaklaşımlar inovasyon, teknolojik gelişme ve modern işgücü piyasalarının talepleriyle yakından bağlantılıdır (Ulusal Araştırma Konseyi, 2012; Bybee, 2013). Bu yaklaşımlar, yaratıcı tasarım süreçleri, görselleştirme, prototip oluşturma ve estetik keşifleri dahil ederken bu temelleri korur (bkz. Şekil 2 a-c). Bu, fenomenleri modellemenin, verileri temsil etmenin veya teknolojik fikirleri keşfetmenin alternatif yolları da dahil olmak üzere bilimsel kavramlarla farklı etkileşim biçimlerini destekleyebilir (Henriksen, 2017).

Bu anlamda, STEAM, STEM'in bir genişlemesi olarak anlaşılabilir. **Yaratıcılığı, tasarım odaklı düşünmeyi ve daha geniş inovasyon biçimlerini destekleyebilecek ek perspektifler sunar**; STEAM etkinliklerine ilişkin örnekler için bkz. Şekil 2 d-f. STEAM'in önemi, STEM ile ilgili öğrenme ortamlarına sanatsal perspektiflerin ve beşeri bilimlerin dahil edilmesinde görülebilir. Bu konu, eğitim araştırmaları ve politika bağlamlarında giderek daha fazla tartışılmaktadır. Bunun bir nedeni, günümüzün birçok teknolojik ve toplumsal zorluğunun, analitik muhakeme ile yaratıcılık, tasarım ve iletişimi birleştiren bütünleştirici bir düşünce biçimini gerektirmesidir (Avrupa Komisyonu, 2018).



Şekil 2: a–c resimleri STEM odaklı etkinlikleri göstermektedir; d–f resimleri, öğrencilerin sanatsal bir bakış açısıyla ışığın kırılmasını ve RGB renklerin toplama/çıkarma işlemlerini keşfettikleri STEAM odaklı etkinlikleri temsil etmektedir.

Eğitim ortamlarında, STEAM yaklaşımları, bilimsel kavramları tasarım, görselleştirme ve yaratıcı ifade ile birleştirerek

- bilimsel kavramları tasarım, görselleştirme ve yaratıcı ifade ile birleştirerek
- farklı öğrenci grupları arasında motivasyon ve katılımı destekleyerek

karmaşık sosyo-tekniik olguların çok yönlü bir bakış açısıyla incelenmesini kolaylaştırır. Bu nedenle STEAM, özellikle deney, modelleme, prototip oluşturma veya tasarım süreçlerinin yer aldığı bağlamlarda (Henriksen, 2017; Yakman & Lee, 2012), öğrencilerin bilimsel kavramlarla etkileşime geçmeleri için pedagojik açıdan ek yollar sunabilir. STExperiMents projesinin amaçları doğrultusunda, deneysel faaliyetler bilimsel ve matematiksel araştırmaya dayandığından, STEM başlangıç referans çerçevesi olmaya devam etmektedir. Bununla birlikte, proje, STEAM ile ilişkili yaratıcı tasarım unsurlarının, görselleştirme uygulamalarının ve disiplinlerarası bakış açılarının deneysel görev tasarımını zenginleştirebileceğini ve STEM ile ilgili olgularla daha geniş bir etkileşimi destekleyebileceğini kabul etmektedir.



Katılımcı Ülkelerdeki Eğitim Bağlamı

Finlandiya, Çekya, Türkiye ve Avusturya'nın dahil olduğu ulusötesi bir ortaklık kapsamında STEM etkinliklerinin ve deneysel kılavuzların tasarımı, eğitim yapıları ve sınıf koşullarındaki farklılıklara dikkat edilmesini gerektirmektedir. Dört ülke de müfredatlarında fen eğitimi ve deneysel çalışmalarını içermekle birlikte, uygulama bağlamı farklılık göstermektedir.

Etkileyen faktörler arasında laboratuvar altyapısının mevcudiyeti ve bakımı, sarf malzemelerine erişim, sınıf mevcudu, pratik çalışmalara ayrılan ders süresi ve öğretmen eğitimi ile hizmet içi eğitimin organizasyonu sayılabilir. Bazı ortamlarda laboratuvar oturumları resmi olarak planlanabilirken, diğerlerinde deneyler normal ders saatlerine entegre edilir. Müfredat esnekliği, değerlendirme uygulamaları ve güvenlik düzenlemeleri, deneylerin nasıl yapılandırılacağını ve yürütüleceğini belirleyebilir. Bu bağlamsal özellikler, deneylerin öncelikle öğretmen tarafından yönetilen, rehberlik edilen veya daha açık bir formatta olup olmadığını etkiler. Bu farklılıklar, tek tip malzeme, zaman veya pedagojik koşullar varsayılmadan çeşitli kurumsal ortamlarda yorumlanıp uygulanabilecek kılavuzların geliştirilmesini şekillendirir.

Ulusal STEM Öncelikleri

Ulusal müfredat çerçeveleri ve resmi sistem profillerine göre, Finlandiya, Çekya, Türkiye ve Avusturya, temel eğitimin zorunlu bileşenleri olarak fen ve matematiği dahil etmekte ve **fen öğretiminde deney veya sorgulama ile ilgili unsurlara resmi olarak atıfta bulunmaktadır.**

- **Finlandiya'da** Ulusal Temel Müfredat, çok disiplinli öğrenme modülleri gerektirmekte ve fen derslerinde sorgulama ve deneysel çalışmalara vurgu yapmaktadır (Finlandiya Ulusal Eğitim Ajansı, 2016).
- **Çekya'da** Temel Eğitim Çerçeve Programı, fen derslerini "İnsan ve Doğa" eğitim alanı içinde tanımlamakta ve fen öğretiminin bir parçası olarak pratik etkinlikleri ve gözlemi içermektedir (Çek Cumhuriyeti Eğitim, Gençlik ve Spor Bakanlığı, 2021).
- **Türkiye'de** ulusal Fen Müfredatı, merkezi olarak tanımlanan müfredat standartları kapsamında sorgulamaya dayalı öğrenme, deney ve mühendislik tasarım becerilerini belirtmektedir (Türkiye Milli Eğitim Bakanlığı, 2024).
- **Avusturya'da**, ilk ve orta öğretim için konu temelli müfredatlar, yetkinlik odaklı fen eğitimi kapsamında deney ve bilimsel sorgulamaya açıkça atıfta bulunmaktadır (BMBWF, 2004, 2012).

Sistem profilleri, dört ülke arasında yönetim yapıları ve okul özerkliği düzeylerinde farklılıklar olduğunu göstermektedir; bu farklılıklar, okul düzeyinde STEM ve deneysel faaliyetlerin nasıl uygulandığını şekillendirmektedir (Eurydice, 2023a, 2023b, 2023c, 2023d; OECD, 2020).

Finlandiya

Finlandiya temel eğitim müfredatı, yerel müfredat geliştirmeye rehberlik eden ülke çapında bir çerçeve sağlayan Temel Eğitim Ulusal Çerçeve Müfredatı (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014; POPS 2014) ile tanımlanmaktadır. Finlandiya eğitim sisteminde belediyeler ve okullar önemli ölçüde pedagojik özerkliğe sahiptir.

Finlandiya Ulusal STEM Stratejisi ve Eylem Planı (Eğitim ve Kültür Bakanlığı, 2023), eğitim ve toplum genelinde doğa bilimleri, matematik ve teknoloji alanındaki yetkinliği güçlendirerek sosyal, ekolojik ve ekonomik açıdan sürdürülebilir kalkınmayı ve inovasyon kapasitesini desteklemektedir (Eğitim ve Kültür Bakanlığı, 2023).LUMATE (doğa bilimleri, matematik ve teknoloji) kavramı, Finlandiya eğitimini, gelecekteki çalışma hayatı ve toplumsal zorluklar için disiplinlerarası öğrenme ve teknolojik yeterlilikle bağlantılı uluslararası STEM/STEAM çerçevesiyle uyumlu hale getirmektedir (Eğitim ve Kültür Bakanlığı, 2023).

Müfredat, tüm ders alanlarına sorgulama odaklı metodolojiler, çapraz yetkinlikler ve çeşitli öğrenme ortamları ve yöntemlerini dahil etmektedir. Fen eğitimi yetkinlik temellidir (derinlemesine ve geniş tabanlı) ve deney, olguya dayalı ve öğrenci merkezli öğrenmeyi vurgular. Müfredat, öğrencilerin bireysel ve gruplar halinde uygulamalı araştırmalara katıldıkları, problem çözme



stratejileri uyguladıkları ve konuları gerçek dünya bağlamlarına uygulamayı öğrendikleri bir öğrenme yaklaşımını vurgular (POPS, 2014). Ayrıca, dış ortaklarla işbirliği yoluyla öğrenme ortamlarının okulun ötesine genişletilmesini teşvik eder (Fisk, 2024), sorgulamaya dayalı öğrenmeyi zenginleştirir ve eğitimi gerçek dünya bağlamlarıyla ilişkilendirir. (POPS, 2014).

Olay temelli öğrenme modülleri genellikle STEAM yaklaşımlarına benzer şekilde fen, matematik, teknoloji ve sanat perspektiflerini bütünleştirir. Bu modüller, proje haftaları olarak veya okul yılı boyunca dağıtılmış disiplinlerarası öğrenme birimleri olarak düzenlenebilir (Opetushallitus, 2014). Ulusal STEM stratejisi, çok disiplinli STEM öğrenimini, eğitim kurumları ile dış paydaşlar arasındaki işbirliğini ve temel bir yurttaşlık yetkinliği olarak bilimsel okuryazarlığın geliştirilmesini vurgulayarak bu müfredat yönelimlerini daha da güçlendirmektedir (Eğitim ve Kültür Bakanlığı, 2023).

1. Öğrenme, **konuya özgü yetkinlik** üzerine kuruludur: Derinlemesine ve geniş tabanlı disiplin anlayışı, bilimsel araştırmanın temelini oluşturur.
2. **Uygulamalı ve probleme dayalı**: Öğrenciler, gerçek dünya bağlamlarında bireysel olarak ve gruplar halinde araştırma yapar, deneyler gerçekleştirir ve problemleri çözer.
3. **Geniş tabanlı yeterlilik, konuya özgü derinlemesine yeterlilikle** bütünleşir: Düşünme becerileri ve işbirliği, konuya özgü bilgiler aracılığıyla ve bu bilgilerle geliştirilir; böylece daha derin araştırma ve gerçek dünya uygulamalarını destekleyen birleşik bir yeterlilik temeli oluşturulur.
4. Disiplinlerarası (STEAM) modüller, konuları **fenomen temelli öğrenmeyle** birleştirir: Ortak fenomenler, proje haftaları veya okul yılı boyunca dağıtılmış modüller aracılığıyla birden fazla konu üzerinden keşfedilir.
5. Öğrenme ortamları **okulun ötesine uzanır**: Müzeler, bilim merkezleri, uzmanlar ve kuruluşlarla kurulan ortaklıklar, araştırmayı zenginleştirir ve öğrenmeyi gerçek ortamlarla ilişkilendirir (örneğin, çok disiplinli modül için kullanılabilir).
6. STEM yeterliliği, **toplumsal refah ve sürdürülebilir kalkınma** ile bağlantılıdır.
7. STEM öğrenimi, sürekli bir öğrenme yolunun parçasıdır.

Ulusal STEM stratejisi, iklim değişikliği, dijital dönüşüm ve sürdürülebilir ekonomik büyüme gibi küresel zorlukların ele alınmasında STEM eğitiminin rolünü göstermektedir (Eğitim ve Kültür Bakanlığı, 2023).

Çek Cumhuriyeti

Çek eğitim sistemi, zorunlu eğitim için genel öğrenim hedeflerini ve yeterlilikleri belirleyen Temel Eğitim için Çerçeve Eğitim Programı (FEP BE) aracılığıyla ulusal bir müfredat çerçevesi sunmaktadır. Bilim eğitimi, fizik, kimya ve biyoloji gibi konuları içeren "İnsan ve Doğa" eğitim alanı altında düzenlenmiştir. Müfredat, bilim öğreniminin merkezi unsurları olarak gözlem, deney ve doğa olaylarının yorumlanmasına dayanmaktadır (Çek Cumhuriyeti Eğitim, Gençlik ve Spor Bakanlığı, 2021). Çek sistemi, ulusal müfredat kılavuzlarını okul düzeyinde bir dereceye kadar özerklikle birleştirmektedir. Okullar, deney etkinliklerini, pratik araştırmaları ve sorgulama odaklı öğrenme yaklaşımlarını mevcut kaynaklar ve kurumsal önceliklerle bütünleştirmek için öğretim yöntemlerini ve öğrenme etkinliklerini yerel koşullara uyarlayarak kendi Okul Eğitim Programlarını geliştirmektedir (Eurydice, 2023b).

Çek okullarındaki fen eğitimi, gözlem, deney ve doğa olayları hakkında akıl yürütme yoluyla bilimsel okuryazarlığın geliştirilmesine vurgu yapar. Pratik etkinlikler genellikle ölçüm, sonuçların karşılaştırılması ve kanıtların yorumlanmasını içerir. Bu nedenle deney çalışmaları, teorik bilgiyi ampirik gözlemlerle birleştiren ve değişken ilişkiler hakkında akıl yürütme becerisini geliştiren bir öğretim formatı işlevi görür. Çek müfredat çerçevesi ve sistem özelliklerine dayanarak, sorgulama odaklı deneylerle etkili STEM eğitimi için aşağıdaki ilkeler belirlenebilir:

- **Öğrenme, teoriyi ampirik gözlemlerle birleştirir.** Öğrenciler, yapılandırılmış gözlem ve deneysel etkinlikler yoluyla doğa olaylarını araştırır.
- **Bilimsel akıl yürütme, deneyler yoluyla geliştirilir.** Öğrenciler, gözlemledikleri olayları açıklamak için ölçümler toplar, verileri analiz eder ve kanıtları yorumlar.



- **Sorgulama süreçleri entegre edilmiştir.** Deney görevleri, öğrencileri soru formüle etmeye, değişken ilişkilerini keşfetmeye ve sonuçları değerlendirmeye teşvik eder.
- **Okul düzeyinde esneklik, bağlamsal uyumu destekler.** Okullar, mevcut malzemeler, laboratuvar altyapısı ve öğretim süresine göre deney etkinliklerini uyarlar.
- **İşbirliği ve tartışma, kavramsal anlayışı destekler.** Öğrenciler, açıklamaları iyileştirmek ve sonuçları kavramlarla ilişkilendirmek için gözlemleri ve yorumları karşılaştırır.

Türkiye.

Türkiye, bilimsel sorgulama, mühendislik tasarımı, yeterlilik odaklı öğrenme ve gerçek dünyadaki problem çözme süreçlerinin birbiriyle bağlantılı olduğu bir müfredat çerçevesi sunmaktadır (Türkiye Milli Eğitim Bakanlığı, 2024). Uygulamadaki esneklik düzeyi, merkezi olmayan sistemlere kıyasla daha sınırlıdır; ancak bu unsurlar ulusal öğretim programı belgeleri ve eğitim politikalarına resmî olarak entegre edilmiştir. Fen eğitimi, özellikle deney yapma, sorgulama süreçleri, analitik düşünme ve günlük yaşamla ilişkilendirmeyi temel bileşenler olarak içeren Fen Bilimleri Öğretim Programı aracılığıyla, ilkökul ve ortaokul düzeylerinde merkezi olarak belirlenen öğretim programları doğrultusunda yapılandırılmaktadır.

STEAM odaklı eğitim, müfredat reformları ve ulusal politika girişimleri yoluyla, özellikle 2018 ve 2024 müfredat güncellemelerinden bu yana güçlendirilmiştir. Mühendislik ve tasarım becerileri, deneyleri problem çözme, ürün geliştirme ve değerlendirme ile ilişkilendirerek fen eğitimine açıkça dahil edilmiştir. STEAM öğrenimi genellikle ayrı bir ders alanı olarak uygulanmak yerine, bilim ve teknoloji odaklı etkinliklerin içine yerleştirilmiştir. Sorgulamaya dayalı öğrenme, öğrencilerin sorular formüle ettiği, araştırmalar yürüttüğü, verileri yorumladığı ve bulguları gerçek yaşam durumlarıyla ilişkilendirdiği yapılandırılmış etkinlikler yoluyla teşvik edilmektedir.

Daha merkezi olmayan sistemlerle karşılaştırıldığında uygulama süreci daha standartlaştırılmıştır ve ders kitapları ile ulusal yönergeler sınıf içi uygulamaların şekillendirilmesinde güçlü bir rol oynamaktadır (Eurydice, 2023c). Bununla birlikte bu durum, sorgulama süreçleri ve deneysel etkinliklerin okullar arasında tutarlı biçimde uygulanmasını da sağlamaktadır. Öğretim programı belgeleri ve STEM politikalarındaki gelişmeler doğrultusunda, Türkiye’de ortaokul düzeyinde etkili STEM eğitimi için aşağıdaki ilkeler belirlenebilir:

- Öğrenme **yapılandırılmış ve yönlendirilmiştir.** Sorgulama süreçleri önceden tanımlanmış görevler tarafından yönlendirilir, böylece öğrenciler her zaman öğretmenlerin desteğiyle deneylere katılabilirler.
- Deneyler **mühendislik tasarımıyla bağlantılıdır.** Öğrenciler fenomenleri araştırır, ayrıca çözümler geliştirir ve test eder; böylece bilimsel bilgiyi pratik uygulamayla bütünleştirir.
- **Gerçek dünyayla** bağlantı kurulur. Görevler, günlük sorunlar ve toplumsal ihtiyaçlarla bağlantılıdır ve bilginin sınıfın ötesinde uygulanmasını destekler.
- **Bilimsel süreç becerileri** açıkça geliştirilir. Gözlem, hipotez oluşturma, veri yorumlama ve değerlendirme, görev tasarımına sistematik olarak dahil edilir.
- **Disiplinlerarası bağlantılar** genellikle bilime dayandırılır. Matematik ve teknoloji, öncelikle bilim bağlamındaki uygulamalar yoluyla entegre edilir.
- Kaynaklar ve uygulama **standartlaştırılmıştır.** Ders kitapları ve ulusal materyaller, uygulamada sorgulamayı geliştirmek için yapılandırılmış deneysel etkinlikler sunar.

Bu ilkeler, sorgulamaya dayalı STEM öğreniminin merkezi olarak yönlendirilen bir müfredata entegre edildiği, yapılandırılmış deneyleri mühendislik tasarımı ve gerçek dünyadaki uygulama unsurlarıyla birleştiren bir modeli yansıtmaktadır.



Avusturya

Avusturya, deneylerin, çapraz yetkinliklerin, sorgulama odaklı metodolojilerin, dijital araçların ve sürdürülebilirlik temalarının birbiriyle bağlantılı olduğu bir müfredat çerçevesi sunmaktadır. Entegrasyon derecesi ve uygulamanın derinliği eğitim ortamlarına göre değişiklik gösterir, ancak tüm unsurlar resmi olarak ulusal politika belgelerine ve ders müfredatlarına dahil edilmiştir. Fen eğitimi, ilk ve orta öğretimde fizik, kimya ve biyoloji dahil olmak üzere ders temelli müfredatlar aracılığıyla yapılandırılmıştır ve deney ve bilimsel sorgulamaya atıfta bulunan yetkinlik odaklı formülasyonlar içerir (BMBWF, 2004, 2012). Avusturya sistemi, ulusal düzeyde tanımlanmış müfredatları okul düzeyinde pedagojik özerklikle birleştirir (Eurydice, 2023d). STEM odaklı eğitim genellikle mevcut okul türleri içindeki özel profiller aracılığıyla uygulanır. Genel ortaokullar ile mesleki ve teknik ortaokullar, teknik programlar kapsamında yapılandırılmış laboratuvar temelli eğitim sunmaktadır (BMBWF, 2011). Okullar, MINT eğitimine odaklanmayı tercih edebilir ve MINT mührü ile ödüllendirilebilir. Ulusal MINT onay mührü, matematik, bilişim, doğa bilimleri ve teknoloji (MINT) alanlarında yapılandırılmış ve sürdürülebilir bir katılım sergileyen okulları sertifikalandırır.

Mintschule ağına (MINT Best Practices, 2021) dayanarak, ortaöğretim düzeyinde sorgulamaya dayalı öğrenme ile Avusturya'da etkili STEM eğitimi için şu ilkeler belirlenebilir:

1. Öğrenme **uygulama odaklıdır**. Öğrenciler uygulamalı araştırmalara katılırlar. Pratik deneyler, problem çözme görevleri ve gerçek dünya bağlamları merkezi bileşenlerdir.
2. **Araştırma** yapılandırılmış ve öğrenci odaklıdır. Öğrenciler hipotezler geliştirmeleri, araştırmalar planlamaları, verileri toplamaları ve yorumlamaları ve bulgular üzerinde düşünceleri için teşvik edilir.
3. **Disiplinlerarasılık** entegre edilmiştir. STEM konuları disiplinlerarası bağlantılarla birbirine bağlanmıştır, böylece öğrenciler karmaşık olguları çoklu perspektiflerden ele alabilirler.
4. **Ortaklıklar**, öğrenme ortamlarını genişletir. Üniversiteler, araştırma kurumları, şirketler ve STEM girişimleri ile işbirliği, araştırma deneyimlerini destekler.
5. **Öğretmenlerin mesleki gelişimi** sürekli ve sürdürülebilir STEM profillerine sahip okullar, sorgulama süreçlerini kolaylaştırmak için konuya özgü ve pedagojik gelişime yatırım yapar.
6. **STEM**, kurumsal olarak yerleşiktir. Sorgulamaya dayalı STEM eğitimi, uzun vadeli hedefler içeren okul geliştirme planına entegre edilmiştir.
7. **Dijital araçlar** anlamlı bir şekilde entegre edilmiştir. Bu araçlar, araştırma süreçlerini desteklemek üzere veri toplama, modelleme, simülasyon ve belgeleme amaçlarıyla kullanılmaktadır.

Ortak Eğitim Temelleri

Eleştirel düşünme, işbirliği, iletişim, yaratıcılık ve dijital okuryazarlık gibi yetkinlikler, tüm ders alanlarında açıkça belirtilmiştir. STEM derslerinde, deneyler bu yetkinliklerin ele alındığı başlıca öğretim biçimlerinden biridir. **Deneyler, kavramsal anlayışı desteklemeyi ve teorik bilgiyi deneysel gözlemlerle ilişkilendirmeyi amaçlamaktadır**. Uygulamada, deney faaliyetlerinin sıklığı ve formatı okul türüne, konuya ve yerel koşullara göre değişir. Fizikte, doğal fenomenleri görselleştirmek ve kavramların sezgisel olarak anlaşılmasına yardımcı olmak için gösterim amaçlı deneyler yaygındır. Kimyada, yapılandırılmış deneyler önceden tanımlanmış prosedürleri izler, böylece öğrenciler gözlem, ölçüm ve kayıt yoluyla teknik beceriler ve bilimsel titizlik geliştirir. Biyolojide, deney çalışmaları genellikle gözlem, ölçüm veya basit araştırmalar şeklini alır.

Sürdürülebilirlik temaları, müfredata çapraz müfredat ilkeleri olarak ve Biyoloji veya Kimya gibi belirli dersler içinde **yapısal olarak yerleştirilmiştir**. Konular arasında iklim değişikliği, enerji sistemleri, kaynak kullanımı ve çevre koruma yer almaktadır. Deneyler, yenilenebilir enerji, malzeme özellikleri, ekolojik sistemler ve çevresel ölçümler gibi sürdürülebilirlik alanlarıyla ilgilidir. Sürdürülebilirlik, deneysel görevleri ve probleme dayalı senaryoları çerçeveleyen ve STEM içeriğini toplumsal ve çevresel sorularla ilişkilendiren tematik bir bağlam işlevi görür.

Katılımcı ülkelerin karşılaştırılmasından ve aşağıdaki teorik değerlendirmelerden türetilen ilkeler, deneylerin geliştirileceği bir ilke seti oluşturacaktır. Bu ilke seti, ulusal bağlamlardan türettiğimiz teorilerle ilişkilendirilecek ve ardından tasarım ilkesinin pratikte nasıl görünebileceğini göstermek için her biri bir örnekle açıklanacaktır.



Deney Görevi Tasarımının Teorik Temelleri

Fen eğitiminde deneysel görev tasarımı, öğrencilerin bilgi inşasına nasıl katıldıklarını ve öğretim ortamlarının bu süreci nasıl şekillendirdiğini açıklayan çeşitli teorik perspektiflere dayanır. Sorgulamaya dayalı öğrenme, öğrenmenin hipotez oluşturma, değişken kontrolü ve kanıt değerlendirme sırasında gerçekleştiği bir başlangıç noktası sağlar. **Sorgulama ortamlarında, öğrenciler sorular formüle eder, kanıtları yorumlar ve deneysel sonuçlara yanıt olarak akıl yürütmelerini revize ederler.** Fen eğitimindeki araştırmalar, görevlerin öğrencilerden belirsizlik, etkileşimli değişkenler ve yinelemeli karar verme ile ilgilenmelerini gerektirdiğinde deneylerin eğitimsel olarak anlamlı hale geldiğini vurgular (Minner ve ark., 2009; Pedaste ve ark., 2015).

Bu bakış açısı içinde, deneyler yapılandırılmış epistemik ortamlar olarak anlaşılabilir. Deney görevlerinin tasarımı, öğrencilerin deneyi prosedürel bir uygulama olarak mı yoksa bir araştırma süreci olarak mı algıladıklarını belirler. Laboratuvar öğretimi üzerine yapılan çalışmalar, prosedürlerin ve sonuçların büyük ölçüde önceden belirlenmiş olduğu doğrulama odaklı etkinlikler ile epistemik sorumluluğu öğrencilere dağıtan sorgulama odaklı tasarımlar arasında ayırım yapar (Domin, 1999; Hofstein & Lunetta, 2004). **Sorgulama odaklı görevler, öğrencileri etkileşimli değişkenlere ve belirsiz sonuçlara maruz bırakır; bu da sistematik akıl yürütme ve kanıtların koordinasyonunu gerektirir.** Bilimsel düşünme üzerine yapılan araştırmalar, çok nedensel sistemlerde değişkenleri kontrol etme gibi uygulamaların genellikle gizli olduğunu ve bu nedenle araştırma ve yansıma için yapılandırılmış fırsatlar gerektirdiğini göstermektedir (Kuhn, 2002).

Deneysel görevlerin yapısı, öğretmenlere yöneltilen öğretim taleplerini de etkiler. **Sorgulama temelli ortamlar, öğretmenlerin epistemik açıklık ile rehberlik arasında denge kurmasını, aynı zamanda işbirliğini desteklemesini, bilişsel yükü yönetmesini ve deneysel gözlemleri kavramsal anlayışla ilişkilendirmesini gerektirir.** Bilişsel yük teorisi, kötü yapılandırılmış görevlerin öğrencileri nasıl bunaltabileceğini, öte yandan özenle tasarlanmış kısıtlamaların dikkatin ilgili kavramsal ilişkilere odaklanmasına nasıl yardımcı olduğunu açıklar (Kirschner ve ark., 2006; Sweller, 2019). Bu nedenle, tasarım kararları öğrencilerin değişkenler, kanıtlar ve işbirliği süreçleriyle nasıl etkileşime gireceğini şekillendirdiğinden, sorgulama ortamlarında kolaylaştırma, görevin kendisinin epistemik yapısına bağlıdır.

Sorgulama Temelli Öğrenme

Fen eğitiminde deneysel görevlerin tasarımı, öğrencilerin bilgi üretimine nasıl katıldıklarının dikkate alınmasını gerektirir. Sorgulamaya dayalı öğrenme, **öğrencileri hipotez oluşturma, değişken kontrolü ve kanıt değerlendirme gibi epistemik uygulamalarda aktif katılımcılar olarak konumlandırır** (bkz. Şekil 3). Öğrencilerin deneysel tasarım hakkında kararlar alması, belirsiz sonuçları yorumlaması ve ortaya çıkan kanıtlara yanıt olarak stratejilerini ayarlaması beklenir. Bu uygulamalar, öğrenciler açıklamalar oluşturmak için gözlemleri, değişkenleri ve ölçümleri koordine ederken, deneyi bilimsel akıl yürütmeyle birleştirir. Sorgulamaya dayalı fen eğitimi üzerine yapılan araştırmalar, bu tür epistemik katılımın büyük ölçüde görevlerin nasıl yapılandırıldığına ve yansıma ve yorumlama fırsatlarının öğrenme sürecine nasıl entegre edildiğine bağlı olduğunu, her zaman uygulamalı etkinliklerden kaynaklanmadığını göstermektedir (Minner ve ark., 2009; Pedaste ve ark., 2015).

Deneysel öğrenme, yapılandırılmış epistemik ortamların tasarımı olarak anlaşılabilir. Laboratuvar etkinlikleri, öğrencilerin bilinen sonuçları doğrulamalarına mı yoksa açık sorunları araştırmalarına mı bağlı olarak farklılık gösterir. Doğrulama odaklı laboratuvarlar genellikle prosedürleri ve beklenen sonuçları belirler ve öğrencileri öncelikle önceden tanımlanmış adımların uygulayıcıları olarak konumlandırır. Sorgulama odaklı deneyler, epistemik sorumluluğu öğrencilere kaydırır ve onlardan hipotezler oluşturmalarını, değişkenleri belirleyip kontrol etmelerini ve belirsizlik koşulları altında kanıtları değerlendirmelerini gerektirir. Bu tür ortamlar, etkileşim halindeki değişkenlerin karmaşıklığını ortaya çıkarır ve yinelemeli karar vermeyi gerektirir. Deneysel görevlerin tasarımı, öğrencilerin deneylere prosedürel bir uygulama olarak mı yoksa bilgi inşa süreci olarak mı katıldıklarını belirleyebilir. **Malzeme kısıtlamaları, ölçüm araçları ve karşılaştırma kriterleri, problem alanının yapısını tanımlar ve öğrencilerin kanıtları nasıl yorumladıklarını ve akıl yürütmelerini nasıl revize ettiklerini etkiler** (Domin, 1999; Kuhn, 2002; Lazonder & Harmsen, 2016).

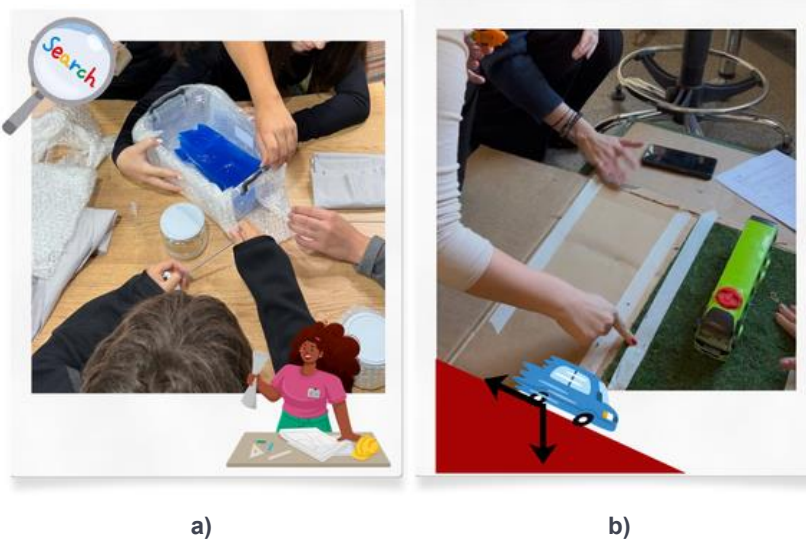
Sorgulama Ortamlarında Kolaylaştırma

Deney görevlerinin yapısı, öğretmenlere yönelik kolaylaştırma taleplerini de şekillendirir. Sorgulama temelli ortamlar, öğretmenlerin aynı anda birden fazla süreci yönetmesini gerektirir:

- verimli belirsizliği sürdürmek,
- değişken kontrol stratejilerini desteklemek,
- işbirlikçi çalışmayı koordine etmek,
- ve ampirik gözlemleri kavramsal anlayışla ilişkilendiren yansıtmayı yönlendirmek.

Bu kolaylaştırma talepleri, görevin epistemik mimarisinden kaynaklanmaktadır. Kötü yapılandırılmış etkinlikler, gereksiz bilişsel yükü artırabilir ve akıl yürütme süreçlerini engelleyebilirken, özenle tasarlanmış kısıtlamalar ilgili değişkenleri görünür hale getirebilir ve sistematik karşılaştırmayı destekleyebilir (Kirschner ve ark., 2006; Sweller, 2019). Bu nedenle öğretmenlerin, tasarım kararlarının bilişsel yükü, işbirliği dinamiklerini ve kavramsal pekiştirmeyi nasıl etkilediğinin farkında olmaları gerekir.

Sorgulama odaklı deneylere katılım, öğretmen eğitimi bağlamlarında bu kolaylaştırma gerekliliklerini görünür kılabılır. Somut katılım, öğretim sadece gözlemlendiğinde genellikle örtük kalan sorgulama yönlerini ortaya çıkarır. Katılımcılar, belirli görev özelliklerinin bilişsel zorlukları, işbirliği taleplerini ve kavramsal içgörü fırsatlarını nasıl yarattığını fark ederse, öğrenci ve öğretmen perspektifleri arasındaki rol değişimi, kolaylaştırma farkındalığının ve mesleki farkındalığın gelişmesini destekleyebilir (Sherin, 2007; Kolb, 1984; Schön, 1983).



Şekil 3: a) ve b) resimleri, öğrencilerin sorgulama odaklı bir tasarım zorluğuna yanıt olarak bir hipotez oluşturmaya teşvik edildiği etkinlikleri göstermektedir.

Bu teorik değerlendirmelerden yola çıkılarak, proje kapsamındaki deneyler, **epistemik açıklık ile yönetilebilir kısıtlamalar arasında bir denge kuran yapılandırılmış araştırma ortamları** olarak tasarlanmıştır. Katılımcı ülkelerin karşılaştırılmasından elde edilen ilkeler ve yukarıda özetlenen teorik temeller, deneysel görevlerin tasarımına yön vermektedir.

Her ilke, epistemik sorumluluğun dağılımı, etkileşim halindeki değişkenlerin görünürlüğü veya kanıt değerlendirmesinde sistematik ölçümün rolü gibi deneysel öğrenmenin belirli bir yönünü ele almaktadır.



Öz Belirleme Teorisi

Deney görevlerinin tasarımı, öğrenme etkinlikleri sırasındaki motivasyon süreçleriyle de etkileşim halindedir. Öz Belirleme Teorisi, öğrenciler

- özerklik,
- yeterlilik ve
- bağlılık

hissettiklerinde katılımı nasıl desteklediğini açıklar. Sorgulama odaklı deneysel görevler, **karar vermeyi sınırlı problem alanları içinde** tutarak ve **sonuçların işbirliğine dayalı yorumlanmasını** teşvik ederek bu tür koşulları sağlayabilir (Ryan & Deci, 2000).

Bu projede, deneyler sırasında öğrencilerin motivasyonel tepkileri, Öz Belirleme Teorisi'nden türetilen motivasyon boyutlarını işlevselleştiren İçsel Motivasyon Envanteri (IMI) kullanılarak ölçülmüştür (McAuley, Duncan & Tammen, 1989).

Bağlamsal ve Disiplinlerarası Öğrenme

Daha geniş bağlamlarda fen eğitimindeki deneysel öğrenme, disiplin bilgisini gerçek dünyadaki olgular ve problem durumlarıyla ilişkilendirir ve görevlerin net bir epistemik odağı koruduğu sürece, soyut kavramları gözlemlenebilir veya ilgili durumlarla bağlayarak anlam oluşturmayı destekleyebilir (Hmelo-Silver, 2004; Gilbert, 2006). Bu anlamda bağlam, problem alanını, değişkenlerin alaka düzeyini ve sonuçların yorumlanmasını tanımlar.

STEM veya STEAM terimleri altında tartışılan disiplinlerarası yaklaşımlar, genellikle karmaşık olguları ele alırken bilgi alanlarını birbirine bağlama yollarını tanımlar (Liao, 2016). Bu yaklaşımlar, içerik ve bakış açılarını düzenlemek için bir çerçeve sağlar. Deneysel görev tasarımında, disiplinlerarası bağlantılar, problem yapısını, dikkate alınan değişkenleri veya çözümlerin nasıl değerlendirildiğini etkilediğinde anlamlıdır. Örneğin, tasarımla ilgili kararlar, modelleme süreçleri veya veri yorumlaması, her zaman tüm disiplinlerin açık bir şekilde entegrasyonunu gerektirmeden birden fazla alandan yararlanabilir.

STEAM yaklaşımlarında vurgulandığı gibi, sanatsal veya beşeri bilimler odaklı unsurların dahil edilmesi, görselleştirme, modelleme, yerel kültürle bağlantı kurma ve temsil gibi süreçleri destekleyebilir (Henriksen, 2017). Bu unsurlar, araştırmayla epistemik olarak bağlantılı oldukları ve ayrı yaratıcı faaliyetler olarak ele alınmadıkları zaman öğrenmeye katkıda bulunabilir. Bu nedenle, disiplinlerarası perspektiflerin önemi, akıl yürütme süreçlerini, temsilleri ve kanıtların yorumlanmasını ve bağlamsallaştırılmasını şekillendirerek deneysel görev içindeki işlevlerine bağlıdır. Bu perspektifler, görevlerin nasıl yapılandırıldığını ve öğrencilerin karmaşık, gerçek dünyadaki fenomenlerle nasıl etkileşime girdiğini etkileyen bir çerçeve katmanı görevi görür.



Deney Görevleri için Tasarım İlkeleri

Deney etkinlikleri, katılımcı ülkeler arasında ortak müfredat yönelimlerine dayanmaktadır. Katılımcı ülkelerin ulusal müfredatları, özellikle sorgulamaya dayalı öğrenme, çapraz yetkinlikler, dijital entegrasyon ve bağlamsallaştırılmış problem çözme konularında, fen eğitiminde örtüşen yönelimler içermektedir. Bu ortak yönelimler, deney görevleri için ortak tasarım ilkelerinin formüle edilmesine temel oluşturmaktadır.

Aşağıdaki ilkeler, proje kapsamında deneysel görevlerin nasıl oluşturulacağını tanımlar. Bu ilkeler, müfredatlardaki ortak noktaları operasyonel tasarım kriterlerine dönüştürür. Amaç, projede geliştirilen her deneysel etkinliğin ortak yapısal gereklilikleri karşılamaını sağlamaktır. Her ortak, bu gereklilikleri göz önünde bulundurarak dijital araçları entegre edebilecek bir uygulamalı deney ve bir sanal deney geliştirecektir:

Ülkeler Arası İlkeler

1. Her deney, bilimsel kavramı tanımlanabilir bir **gerçek dünya durumuyla** ilişkilendirir. Fenomen, kavramın neden önemli olduğunu gösteren pratik bir bağlama yerleştirilir.
2. Deneyler, **kavramsal anlayışı** yapılandırılmış **sorgulama döngüleriyle** birleştirir. Öğrenciler tahminlerde bulunur, bunları test eder, sonuçları analiz eder ve diğerleriyle karşılaştırır.
3. Her görevin tasarımı, **bilgi aktarımını sağlamalı** ve bu nedenle açık bir ölçüm ve değerlendirme yapısı içermelidir.

Her deney, genel hatlarıyla bu boyutlar doğrultusunda tasarlanmalıdır.

1. **Kavramsal odak:** Deney, ele aldığı bilimsel veya matematiksel kavramı tanımlamalıdır. Kavramsal hedef, değişkenlerin, malzemelerin ve ölçümlerin tasarımına rehberlik etmelidir.
2. **Yetkinlik odaklılık:** Deney, göreve yapısal olarak hangi yetkinliklerin dahil edildiğini belirtmelidir. Bunlar arasında eleştirel düşünme, problem çözme, işbirliği, yaratıcılık ve dijital okuryazarlık yer alabilir. Yetkinlikler, görev yapısı aracılığıyla desteklenmelidir.
3. **Bağlamsal alaka:** Deneysel problem, gerçek dünya veya otantik senaryolarla bağlantılı olmalıdır. Bağlamsal çerçeve, disiplin bilgisi ile günlük uygulamalar arasındaki aktarımı desteklemelidir.

Biçime Özgü Hususlar: Uygulamalı deneyler, materyaller veya araçlarla fiziksel etkileşimi mümkün kılmalıdır. Tasarım, manipülasyonun epistemik olarak ilgili olmasını sağlamalıdır. Sanal deneyler, dijital ortamlarda değişkenlerin yapılandırılmış manipülasyonunu destekler. Dijital arayüz, keşif ve ölçümü ve aktif katılımı teşvik etmelidir.

Teknoloji entegrasyonu: Deneyler, akıl yürütme sürecinin bir parçası olarak dijital araçları entegre etmelidir. Bu, programlama öğelerini, dijital tasarımı, veri toplama araçlarını veya simülasyon ortamlarını içerebilir. Dijital bileşenler kavramsal anlayışı desteklemelidir.

Uyarlanabilirlik: Deneyler, malzemelerde esneklik, farklı öğrenciler için farklılaştırma seçenekleri ve ulusal müfredat gereklilikleriyle uyumluluk dahil olmak üzere yerel bağlamlara uyarlanabilir olmalıdır.

Sürdürülebilirlik: Uygulanabilir olduğu durumlarda, sürdürülebilirlik hususları deneylerin tasarımına yansıtılmalıdır; örneğin, yeniden kullanılabilir malzemelerin kullanımı veya kaynakların bilinçli kullanımını gerektiren sınırlı malzeme mevcudiyeti gibi görev kısıtlamaları yoluyla.

Metodolojik Tasarım Gereklilikleri: Projede geliştirilen tüm deneysel görevler, ortak metodolojik ilkeleri takip etmelidir:

- **Katılım ve özerklik:** Öğrenciler, bir dereceye kadar özerklikle, değişkenleri manipüle etmeli, kararlar almalı veya Öz Belirleme Teorisi ile bağlantılı eserler oluşturmalıdır.
- **Araştırma:** Görev, hipotez oluşturma, test etme, gözlem ve yorumlama süreçlerini içermelidir. Bu, Öz Belirleme Teorisinin yetkinlik düzeyiyle bağlantılıdır.
- **İşbirliği:** Deneyler, Öz Belirleme Teorisi'nin ilişkili olduğu akıl yürütmeyi paylaşmak ve sonuçları karşılaştırmak için grup çalışması aşamalarını içermelidir.
- **Yansıtma:** Her deney, sonuçları analiz etmek, yorumları tartışmak ve alternatif açıklamaları veya iyileştirmeleri değerlendirmek için yapılandırılmış bir aşama içermelidir.
- **Uygulanabilirlik:** Malzemeler, zaman gereksinimleri ve teknolojik talepler, sınıfta uygulanabilirlik açısından gerçekçi olmalıdır.

Türetilmiş Boyutlar

Aşağıdaki boyutlar, bireysel deneylerin yapısındaki ilkeleri işlevselleştirir. Her deney etkinliği, bir dizi ortak tasarım boyutu boyunca tanımlanır. Bu boyutlar, görevlerin yapısını ülkeler ve formatlar arasında karşılaştırılabilir hale getirir.

Uygulamalı Deneyler

1. *Deneyler somut bir senaryodan başlar.*

- Teori: Bağlamsal problem çerçeveleme, sorgulamaya dayalı öğrenme ortamlarında epistemik katılımı destekleyebilir. Öğrenciler, pratik problemler aracılığıyla tanıtıldıkları takdirde, bilimsel kavramlar aracılığıyla disiplinlerarası muhakemeyi gözlemlenebilir fenomenler ve günlük bağlamlarla ilişkilendirebilirler (Minner ve ark., 2009; Pedaste ve ark., 2015).
- Tasarım çıkarımları: Okul, öğrencilerin her birinin hayatıyla bağlantılıdır. Bir STEXPERIMENTS deneyi, günlük durumlara dayanır veya deneyi okul dışındaki hayata ve karmaşık senaryolara bağlamak için yansıtma kullanılır (Bkz. Şekil 4 a).
- Gösterge: Görev, pratik bir sorunun çözülmesini gerektiren bir görev, zorluk veya anlatı durumu olarak çerçevesizdir.

2. *Öğrenciler, ölçülebilir etkiler üreten fiziksel bir nesne oluşturur veya değiştirir.*

- Teori: Öğrenciler, deneysel öğrenme ortamlarında bilgi inşasında aktif katılımcılardır. Nesnelere manipüle etmek ve ortaya çıkan değişiklikleri gözlemlenmek, hipotezlerin test edilmesini ve değişkenlerin etkisinin anlaşılmasını destekleyebilir (Domin, 1999; Kuhn, 2002).
- Tasarım çıkarımları: Uygulamalı deneyler fiziksel nesnelere içermeli ve bunların oluşturulması, kullanımı veya değiştirilmesi ölçülebilir bir etkiye sahip olmalıdır.
- Gösterge: Deney, gözlem ve olguyu etkileyen bir şeyin oluşturulmasını veya yapılandırılmasını içerir.

3. *Gruplar, ekipler arasında paylaşılması gereken karşılaştırılabilir sonuçlar üretir.*

- Teori: Bilimsel akıl yürütme, kanıtların karşılaştırılması ve sonuçların yorumlanması yoluyla geliştirilebilir (Pedaste ve ark., 2015; Kuhn, 2002).
- Tasarım çıkarımları: Deneyler, işbirliğine dayalı kanıt değerlendirmesi ve alternatif açıklamaların tartışılması için gruplar arasında sonuçlar üretmelidir.
- Gösterge: Gruplar arası veri karşılaştırması yapısal olarak entegre edilmiştir.

4. *Deney, sonucu değiştiren en az bir açık tasarım parametresi içerir.*

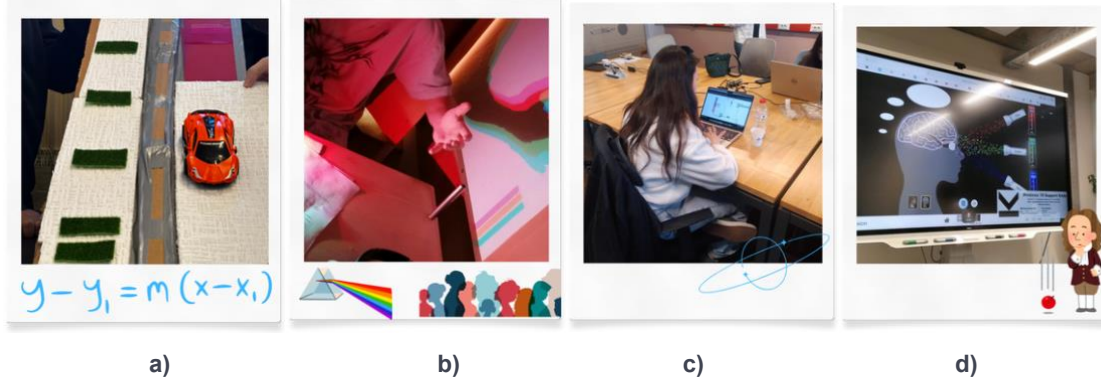
- Teori: Sorgulamaya dayalı öğrenme, öğrencileri değişken ilişkilerini araştırmaya ve belirsizlik koşulları altında etkilerini değerlendirmeye davet eder. Bu nedenle deneysel görevler, manipüle edilebilen ve karşılaştırılabilen etkileşimli değişkenleri ortaya çıkarmalıdır (Domin, 1999; Lazonder & Harmsen, 2016).



- Tasarım çıkarımları: Öğrenciler, sağlanan materyallerle benzersiz, kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri yaratabilmelidir. Seçimleri önemlidir.
- Gösterge: Öğrenciler, olguyu doğrudan etkileyen materyalleri, yapılandırmayı veya koşulları değiştirmeye teşvik edilir (Bkz. Şekil 4 b).

5. Öğrenciler sonuçlarını kamuya açık bir şekilde sunmalıdır.

- Teori: Sonuçların kamuya açık bir şekilde sunulması, kanıtların yorumlanmasını, açıklamaların karşılaştırılmasını ve tartışma yoluyla kavramsal pekiştirmeyi destekler (Minner ve ark., 2009; Pedaste ve ark., 2015).
- Tasarım çıkarımları: Öğrenciler, sonuçlarını tüm sınıfla veya diğer gruplarla karşılaştırmalıdır. Tartışmalar her zaman teşvik edilmeli ve bunun için zaman ayrılmalıdır.
- Gösterge: Sonuçlar, yazılı cevapların ötesinde posterler, eserler, sergiler veya sunumlar aracılığıyla dışsallaştırılır.



Şekil 4. a) ve b) seçeneklerinde öğrenciler, sonuçları gözlemlemek ve karşılaştırmak için yüzey malzemeleri ve rampa konfigürasyonları gibi değişkenleri manipüle ederek uygulamalı zorluklarla uğraşırlar. c) seçeneğinde öğretmen adayları pH değerlerini test ederler ve d) seçeneğinde simülasyonlar aracılığıyla RGB renklerin toplama ve çıkarma işlemlerini keşfederler.

Sanal Deneyler

- 1. Bir fenomen, sabit bir gösterimin gözlemlenmesi yoluyla değil, etkileşimli simülasyon yoluyla keşfedilir.**
 - Teori: Dijital araştırma, değişkenlerin dinamik olarak değiştirilmesi yoluyla deney ve gözlemi destekleyebilir (Lazonder & Harmsen, 2016).
 - Tasarım çıkarımları: Deneyin boyutlarını temsil eden deney sonucunu değiştirme seçenekleri mevcut olmalıdır.
 - Gösterge: Öğrenciler değişkenleri manipüle eder ve sistem tepkilerini dinamik olarak gözlemler (Bkz. Şekil 4 c).
- 2. Simülasyonlar, okul laboratuvarlarında fiziksel olarak yeniden üretilmesi zor veya güvenli olmayan çeşitli fenomenleri modellemek için kullanılır.**
 - Teori: Sanal ortamlar, sınıf laboratuvarlarında pratik olmayan veya güvenli olmayan fenomenlerin keşfedilmesini sağlayarak deneysel olanakları genişletirken, hipotez testini ve kanıt değerlendirmesini de destekler (Pedaste et al., 2015).
 - Tasarım çıkarımları: Sanal deneyler, güvenlik, normalde gizli olan bilgilerin gösterilmesi veya normalde pahalı veya zaman alıcı malzemelerin kullanılması gibi faydalar sağlar (beyindeki etkilerin görünür hale getirildiği Şekil 4 d'ye bakınız).
 - Gösterge: Sanal ortam, sınıfta erişilemeyen parametrelerle deney yapmayı destekler.
- 3. Dijital araçlar, ölçüm cihazları ve öğrenme görevinin bir parçası olabilir.**
 - Teori: Dijital ortamlar, değişken ilişkilerin sistematik olarak araştırılmasını destekleyen gözlem, modelleme ve veri toplama araçlarını entegre etmelidir (Kuhn, 2002; Pedaste ve ark., 2015).
 - Tasarım çıkarımları: Dijital araçlar, örneğin ölçüm seçenekleri sunarak her zaman deney ile doğrudan bağlantılı olmalı ve sanal ortamın kendisi, örneğin dijital yetkinlikler gibi beceri geliştirmenin bir parçası olmalıdır.



- Gösterge: Öğrenciler, deneysel sürecin bir parçası olarak yazılım ortamlarını (simülasyon platformları, uygulama oluşturucular) kullanır.



Örnek üzerinden ilkeleri ve boyutları gösterme

Tasarım ilkeleri, deney açıklaması ve etkinlik yapısının farklı unsurlarına dağılmıştır. Her ilke, problem çerçeveleme, etkinlik talimatları, ölçme görevleri veya yansıtma soruları gibi belirli bileşenler aracılığıyla işlevselleştirilir.

Örnek yapı

Açık Uçlu Problem Çerçevesi: Deneylerin açık uçlu ve gerçek dünyaya dayalı olması, genel hedeflerde veya etkinliği başlatan yönlendirici sorularda tanıtılır. Örneğin, öğrencilerden deneyi etkileyen bir nesne tasarımları istenebilir; bu da onların farklı malzemeleri keşfetmelerini ve başka bir gruptan farklı sonuçları ölçmelerini gerektirir.

Sınırlı Karmaşıklık: Uyarlamalar ve karmaşıklık, öğrencilerin etkinlik sırasında manipüle edebilecekleri sınırlı bir değişkenler kümesinin tanımında yansıtılır. Örneğin, deneyler, keşfi bir simülasyon içindeki yüzey malzemesi veya ışık kaynaklarının yoğunluğu gibi belirli parametrelerle sınırlanabilir.

Ölçüme Dayalı Kanıt Sabitlemesi: Kanıta dayalı akıl yürütme, deney sırasında yapılandırılmış veri toplama yoluyla desteklenir. Öğrenciler zaman, pH değerleri, gözlemlenen renk sonuçları veya simülasyon sonuçları gibi ölçümleri kaydedebilir ve bu gözlemleri tasarımları karşılaştırmak veya ilk tahminlerini değerlendirmek için kullanabilir. Veri toplama tabloları, olduğu gibi uyarlanabilen veya yazdırılabilen eşlik eden öğrenci çalışma kağıtlarında bulunabilir.

Kavramsal Pekiştirme için Yapılandırılmış Yansıma: Bu, deney etkinliğini takip eden yapılandırılmış yansıma görevleri aracılığıyla yapılır. Bunlar, öğrencilerin sonuçlarını yorumlayıp bunları alta yatan bilimsel kavramlarla ilişkilendirdikleri rehberli sorular, grup tartışmaları veya poster sunumlarını içerebilir.

Uygulanabilirlik ve Bağlama Uyarlanabilirlik: Öğretmenlerin etkinliği farklı sınıf bağlamlarına, yaş gruplarına veya mevcut malzemelere göre uyarlayabilmeleri için sınıf seviyesi özellikleri, süre tahminleri, kaynak listeleri ve diğer sınıflar için uyarlama önerileri gibi unsurların etkinliğe dahil edilmesi.

Görev Tasarım Şablonu

Her deney belirli bir yapıya sahiptir, böylece öğretmenler deneyin amacını, yapısını ve pratik gerekliliklerini hızlı bir şekilde kavrayarak kendi ihtiyaçlarına göre uyarlayabilirler. Uygulamalı ve sanal deneyler aynı yapıya sahiptir, böylece öğretmenler ilgili bilgileri her zaman aynı alanlarda ve bölümlerde bulabilirler. Deneylerin genel bölümleri şunlardır:

1. Meta veriler: sınıf, süre
2. Pedagojik çerçeve: hedefler, yeterlilikler, kavramlar, öğrenme çıktıları
3. Gereksinimler: ön bilgi, kaynaklar
4. Etkinlik açıklaması: deney / geliştirme
5. Öğretim desteği: uyarlamalar, değerlendirme
6. Öğrenci desteği: çalışma kağıtları
7. İsteğe bağlı eklemeler: öğretmen hazırlığı, medya

Genel bakış, deneyin hangi hedef kitle için tasarlandığına dair yapısal bilgiler sunarak, öğretmenlerin deneyin müfredatın hangi bölümüne uygun olduğunu bilmeleri için ilgili konular ve yeterlilikler hakkında bilgi verir. Ardından, öğretmenler deneyi nerede uyarlamaları gerektiğini, hangi kaynakların nerede kullanıldığını ve veri toplama için öğrenci çalışma kağıtları gibi kullanıma hazır öğrenme materyallerinin neler olduğunu belirlemelerine yardımcı olacak ayrıntılı adım adım deney açıklaması bulurlar. Deney açıklaması, etkinliğin nasıl geliştiği, öğrencilerin ne yaptığı ve ne tür bir öğrenme deneyimi yarattığı hakkında anlatımsal bir genel bakış sunar.



Genel Bakış Alanı

1. Her deney, **Sınıf Seviyesi ve Etkinlik Süresi** ile başlar; bu sayede öğretmenler, hedef kitleyi ve gereken süreyi hemen kavrar.
2. Bunu, deneyin hedeflediği yeterlikler izlemektedir. Bu yeterlikler; eleştirel düşünme, yaratıcılık, iletişim ve işbirliği gibi genel becerilerden, bilimsel sorgulama ve veri analizi gibi daha disipline özgü becerilere kadar uzanmaktadır.
3. **Genel Hedefler**, deneyi açık bir problem veya zorluk olarak çerçeveler.
4. **Ön Koşul Bilgisi** bölümü, öğrencilerin deneyi tamamlayabilmeleri için önceden bilmeleri gerekenleri açıklar. Bu, öğretmenlerin ulusal müfredata göre konuya girişlerini uyarlamalarına yardımcı olabilir.
5. **Kaynak Listesi**, öğrencilerin deneye ne getirmeleri gerektiğini ve öğretmenlerin önceden hangi malzemeleri organize etmeleri veya hazırlamaları gerektiğini belirtir. **STEAM Disiplinleri için Kavramlar ve Öğrenme Çıktıları**, öğretmenlerin deneyin kavramsal ve yetkinlik manzarasını disiplinlere göre organize ederek iyi bir şekilde kavramalarına yardımcı olur.

Adım Adım Açıklama

Deney, talimatlar, sorular, zamanlama önerileri ve bilimsel açıklamaları içeren adım adım bir kılavuzda açıklanmaktadır. Deney bölümünde, beş tasarım ilkesi şu şekilde uygulamaya konulur:

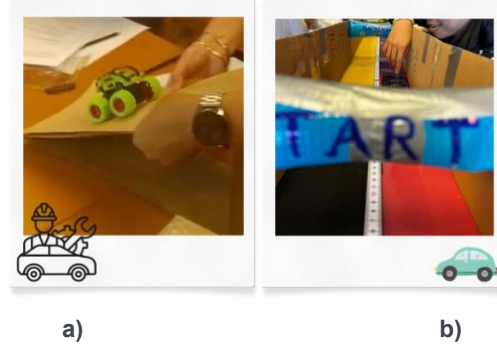
- **Açık Uçlu Problem Çerçeveleme**, her deneyi gerçek dünyadan bir problemle veya neden bir mumun yanması durur ya da malzemeler bir arabanın hızını nasıl etkiler gibi kışkırtıcı bir soruyla başlatarak **yapılır**. Bu, öğrencilere ne bulacaklarını önceden belirlemeden araştırma yapmaları için anlamlı bir neden sunan ilk tasarım ilkesidir.
- Buradan itibaren etkinlik, öğrencileri sınırlı bir değişkenler kümesi, test edilecek belirli malzemeler, simülasyonda manipüle edilecek belirli parametreler veya ölçülecek tanımlanmış hareket senaryoları boyunca yönlendirir; böylece gerçek sorgulamayı korurken karmaşıklığı yönetilebilir tutar; **Kısıtlı Karmaşıklık** pratikte işte böyle görünür.
- **Ölçüme Dayalı Kanıt Sabitleme**, öğrenciler gözlemlenebilir verileri ve karşılaştırılabilir verileri yapılandırılmış tablolarda topladıklarında ve kaydettiklerinde şekillenir; bu, bir oyuncak arabanın süresini ölçmek, gaz konsantrasyonlarını kaydetmek veya ivme grafiklerini okumak anlamına gelebilir.
- Daha sonra, rehberli sorular, grup tartışmaları, poster sunumları veya mühendislik iyileştirme görevleri yoluyla yapılandırılmış bir yansıma anı etkinliği sonlandırır ve öğrencilerin sonuçlarını yorumlamasına ve bunları altta yatan bilimsel kavramlarla ilişkilendirmesine yardımcı olur; bu, **Kavramsal Pekiştirme için Yapılandırılmış Yansıma**'dır.
- **Sürdürülebilirlik, Uygulanabilirlik ve Bağlama Uyumluluk**, erişilebilir, düşük maliyetli malzemeler ve farklı ülkelerde kullanılabilen el yapımı kâğıt açölçerler veya kronometreler gibi basit ölçüm araçları ile ele alınır; ayrıca, diğer katılımcı ülkelerdeki öğretmenlerin de yerel olarak anlamlı bir örnekle değiştirmesi teşvik edilen rampalar deneyinde Avusturya için Großglockner dağ yoluna atıfta bulunulması gibi, etkinliği yerel gerçeklerle bağlayan bağlamsal dayanaklar da kullanılır.

Bunu, **Değerlendirme** bölümü ve daha küçük ya da daha ileri düzeydeki öğrenciler için alternatif versiyonlar sunan **Farklı Düzeyler için Uyarlamalar** bölümü izlemektedir. **Öğretmen Hazırlığı bölümü**, öğretmenlerin ders öncesinde kendilerini güvende hissetmelerine yardımcı olmak için videolar, okumalar ve arka plan açıklamaları gibi ek kaynakları bir araya getirir. Her deney, öğrencileri tahminler, veri toplama ve yansıma süreçlerinde yönlendiren **Öğrenci Çalışma Kağıtları** gibi öğrenme materyallerini de içerir ve bu materyaller, öğrencilerin öğrenme sürecini ve öğretmenin değerlendirmesini destekler. Çalışma kağıtları, veri toplama sürecini görünür kılar ve diğer gruplarla karşılaştırılabilir hale getirir.



Tekrarlanan İyileştirme

Deney etkinliklerinin ilk versiyonları, paylaşılan şablonu takip eden tasarım ilkelerine dayalı olarak geliştirilir ve projenin pedagojik ve disiplin hedefleriyle ve ilgili ulusal hedeflerle uyumlu hale getirilir. Bu taslak prototipler, tasarım ilkelerinin sınıf etkinliklerine nasıl dönüştürülebileceğini keşfetmeye yardımcı olur. Ardından, deneyler diğer proje ortakları tarafından gözden geçirilerek, birbirlerinin etkinlikleri farklı müfredat ve pedagojik perspektiflerden incelenir. Deneyler daha sonra netlik, uygulanabilirlik ve tasarım ilkeleriyle uyumun iyileştirilmesi amacıyla düzenlenir. Daha sonra, öğretmenlik eğitimi alan öğrencilerle uygulanır ve bu öğrenciler öğretmenlik eğitimi perspektifinden geri bildirim sağlar (bkz. Şekil 6); ayrıca sınıf ortamında öğrencilerle pilot uygulaması yapılır. Bu, deneylerin uygulanabilir, anlaşılır ve sınıfta kullanıma uygun olmasını sağlamaya yardımcı olacaktır.



Şekil 6. a) ve b) 'de, öğretmen adayları uygulamalı bir deneyi deniyor ve geliştiriyor, rampayı yinelemeli olarak iyileştiriyorlar.

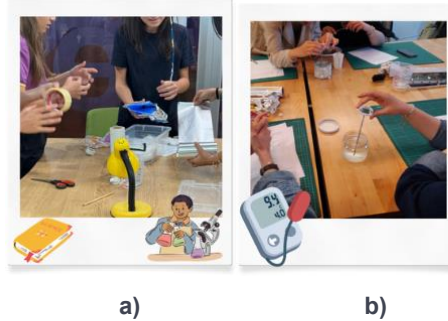
Şablonu kullanarak **kendi deney etkinliklerini geliştiren öğretmenler**, ilk versiyonu, örneğin meslektaşları veya deneyimin bir parçası olan derslerin öğretmenleriyle birlikte düşünme ve test etme yoluyla iyileştirilebilecek bir taslak olarak ele almalıdır.

Etkinliği tasarladıktan sonra, öğretmenler görevin araştırılacak net bir problem, öğrencilerin manipüle edebileceği yönetilebilir değişkenler, gözlemlenebilir kanıt toplama fırsatları ve öğrencilerin sonuçları üzerinde düşünecekleri anlar içerip içermediğinden emin olmalıdır. En iyi şekilde meslektaşlar tarafından yapılan bu incelemeye dayanarak, deneyin uygulanabilirliğini korurken altta yatan bilimsel kavramların anlamlı bir şekilde araştırılmasını destekleyecek şekilde talimatlar basitleştirilerek, materyaller veya zaman gereksinimleri ayarlanarak ve yol gösterici sorular netleştirilerek etkinlik geliştirilebilir.

Örnek Görev

"Aşılari Soğuk Tutmak" deneyi, Şekil 7'de görüldüğü gibi, öğrencilerin kısıtlı koşullar altında gerekli sıcaklıkları korumak için çözümler geliştirip test ettikleri gerçek dünyadan bir tasarım zorluğunu kullanır.

- **Açık uçlu problem çerçeveleme:** Deney, açık uçlu, gerçek dünyadan bir soruyla başlar: sınırlı güç kaynağına sahip sıcak ortamlarda aşılari nasıl soğuk tutulabilir? Öğrencilerden, kendi yaklaşımlarını tasarlamaları ve test etmeleri istenir; bu, görevi anlamlı, bağlamsal ve birden fazla geçerli çözüme açık hale getirir.
- **Sınırlı Karmaşıklık:** Öğrencilerin manipüle edebileceği değişkenler sınırlıdır. Öğrenciler, mevcut yalıtım malzemeleri, kap türleri veya soğutma stratejileri gibi tanımlanmış parametreler dahilinde çalışır. Bu, farklı tasarım seçimlerinin yine de farklı ölçülebilir sonuçlara yol açması nedeniyle, gerçek sorgulamayı korurken görevi yönetilebilir kılar.
- **Ölçüme Dayalı Kanıt Sabitleme:** Öğrenciler, zaman içindeki sıcaklık değişiklikleri, soğutma süresi veya tasarımlar arasındaki performans farkları gibi verileri sistematik olarak toplar. Bu gözlemler, gruplar arasında karşılaştırma yapmak ve tasarım kararlarını ampirik sonuçlarla ilişkilendirmek için ölçüm görevleri ve veri tabloları aracılığıyla yapılandırılır.
- **Kavramsal Pekiştirme için Yapılandırılmış Yansıma:** Rehberli yorumlama, deneyin bir parçasıdır. Öğrenciler verileri analiz eder, çözümleri karşılaştırır ve bulguları ısı transferi, yalıtım ve enerji verimliliği gibi temel bilimsel kavramlarla ilişkilendirir. Bu yansıma aşaması, ham gözlemleri kavramsal anlayışa dönüştürür ve tartışma veya sunum yoluyla ifade edilmesini destekler.
- **Sürdürülebilirlik, Uygulanabilirlik ve Bağlama Uyum:** Erişilebilir, düşük maliyetli malzemeler ve basit ölçüm araçları kullanılır, bu da farklı eğitim bağlamlarına aktarılabilir olmasını sağlar. Yapı, öğretmenlerin temel sorgulama mantığını korurken görevi mevcut kaynaklara, öğrenci yaşına veya yerel bağlamla uyumlu hale getirmelerine yardımcı olur.



Şekil 7: a) Öğrenciler ve öğretmen adayları, uygulamalı bir etkinlik sırasında yalıtım malzemeleriyle ilgili hipotezlerini test etmektedir. b) İkinci bir grup ise hipotezlerini test etmek için sıcaklık ölçümleri yapmaktadır.

Görev Tasarımı şablonu, pratikte hızlı oryantasyon ve uyarılma için aşağıdaki yapıyı izler:

- **Genel bakış bölümünde,** öğretmenler uygulama kapsamını belirleyen sınıf seviyesi ve süre bilgilerini bulurlar. Yeterlilikler, işbirliği ve eleştirel düşünme gibi çapraz becerilerin yanı sıra bilimsel sorgulama ve veri analizi gibi alana özgü becerileri de içerir. Hedefler, açık tasarım zorluğunu tanıtırken, ön koşul bilgisi gerekli kavramsal giriş noktalarını netleştirir. Kaynak listesi malzemeleri belirtir ve öğrenme çıktıları, disiplinlerarası beklenen kavramsal ve prosedürel kazanımları özetler.
- **Adım adım anlatım,** tasarım ilkelerini işlevselleştirir. Açık problemle başlar, öğrencileri kısıtlı deneyler yoluyla yönlendirir, yapılandırılmış ölçümleri içerir ve yansıma ve yorumlama ile sona erer. Her aşama, öğrencilerin ne yaptıkları, ne gözlemledikleri ve nasıl akıl yürüttükleri ile açıkça bağlantılıdır.
- **Öğretim desteği bölümü,** temel yapıyı değiştirmeden karmaşıklık farklılıkları için farklı seviyelere yönelik değerlendirme stratejileri ve uyarlamaları içerir. Çalışma kağıtları gibi



öğrenci destek materyalleri, tahmin, veri toplama ve yansıtma konusunda rehberlik ederek araştırmanın yapılandırılmış kalmasını sağlar.



Beklenen Eğitim Katkısı, Öneriler

Öğrenciler İçin

Deney etkinlikleriyle çalışmak, öğrencileri akıl yürütmenin gözlemlenebilir fenomenlerle yakından bağlantılı olduğu yapılandırılmış sorgulama süreçlerine dahil eder. Görevler, öğrencilerin tahminler formüle etmesini, değişkenleri manipüle etmesini, ölçülebilir kanıtlar üretmesini ve sonuçları bilimsel kavramlarla ilişkili olarak yorumlamasını gerektirir. Deney, bu süreçler aracılığıyla sorgulama yeterliliğini geliştirmek için bir bağlam haline gelir.

Etkinliklerin tasarımı, yapılandırılmış akıl yürütme uygulamalarını da desteklemektedir. Şekil 8'de gösterildiği gibi, deney, öğrencileri gruplar arası sonuçları karşılaştırmaya, ölçümlerdeki farklılıkları yorumlamaya ve gözlemlerini söz konusu fiziksel, matematiksel veya kimyasal mekanizmalarla ilişkilendirmeye teşvik edecek şekilde yapılandırılmıştır; bu da akıl yürütme sürecini açık hale getirir ve kanıta dayalı tartışmayı teşvik eder. Kavramsal anlayışı pekiştirmek ve akıl yürütme sürecini açık hale getirmek amacıyla yansıtma aşamaları da dahil edilmiştir. Bu unsurlar, öğrencileri açıklamalar yapmaya, kanıtları değerlendirmeye ve ilk varsayımlarını gözden geçirmeye teşvik eder. Deney görevleri bağlamsal senaryolara ve disiplinlerarası temalara yerleştirildiği için öğrenciler, pratik problemlerle ilişkili bilimsel kavramlarla karşılaşır. Bu bağlamsal çerçeveler, disiplinlerarası bilgi ile daha geniş STEM bağlamları arasındaki aktarımı destekleyebilir. Bu şekilde, etkinlikler kavramsal anlayışı gerçek dünyadaki fenomenlerin yorumlanmasıyla birleştirir.

Öğretmenler İçin

Kılavuzlar, öğretmenlerin deneysel görevlerin iç yapısının sınıf içi öğrenme süreçlerini nasıl şekillendirdiğini anlamalarına yardımcı olur. Çerçeve, problem çerçeveleme, değişken organizasyonu, ölçüm prosedürleri ve yansıma aşamaları gibi unsurları tanımlayarak deneylerin epistemik yapısını görünür kılar. Bu bakış açısı, öğretmenlerin görev tasarımının sorgulama etkinlikleri sırasında öğrencilerin akıl yürütme ve işbirliğini nasıl etkilediğini anlamalarına yardımcı olabilir.

Çerçeve ayrıca, sorgulama odaklı ortamlarda kolaylaştırma bilincini güçlendirir. Deney görevleri genellikle öğretmenlerin öğrenci işbirliği, sonuçların yorumlanması ve kavramsal açıklığa kavuşturma dahil olmak üzere birden fazla süreci aynı anda yönetmesini gerektirir. Görevlerin yapısını açık hale getirerek, kılavuzlar öğretmenlerin bu kolaylaştırma taleplerini öngörmelerine ve sınıf uygulaması sırasında uyumlu bir şekilde yanıt vermelerine destek olur. Ayrıca, çerçeve öğretmenlerin tasarım okuryazarlığına katkıda bulunur. Öğretmenler, açıklanan boyutları kullanarak mevcut deneyleri analiz edebilir, etkinlikleri yerel sınıf koşullarına uyarlayabilir veya benzer ilkeleri izleyen yeni deneysel görevler geliştirebilir. Bu yönelim, deneyleri öğretmen eğitimi içinde öğretim etkinlikleri ve mesleki yansıtma nesnelere olarak konumlandırır.

Politika ve Öğretim Programı Geliştirme İçin

İlkeler, çeşitli eğitim sistemlerinde uygulanabilecek deneysel STEM görevleri geliştirmek için yapılandırılmış bir yaklaşım sunar. Kılavuzlar, deneylerin iç yapısına odaklanarak farklı müfredat çerçevelerine, laboratuvar altyapılarına ve sınıf koşullarına uyumu yönlendirir.

Çerçevede açıklanan tasarım boyutları, farklı bağlamlarda geliştirilen deneysel etkinlikler arasında karşılaştırılabilirliği de destekler. Görevler kavramsal odak, ölçüm yapıları ve yansıma aşamaları gibi ortak unsurlar etrafında yapılandırıldığından, ortak kurumlar arasında analiz edilebilir ve iyileştirilebilir. Bu, uluslararası STEM eğitim projeleri kapsamında deneysel etkinliklerin işbirliğine dayalı olarak geliştirilmesini ve değerlendirilmesini sağlar.

Daha geniş bir açıdan bakıldığında, çerçeve, sorgulamaya dayalı öğrenmenin STEM eğitimi içinde nasıl işlevselleştirilebileceğine dair tartışmalara katkıda bulunur. Kılavuzlar, müfredat yönelimlerini sorgulamaya, çapraz yetkinliklere ve bağlamsal problem çözmeye yönelik somut görev tasarım öğelerine dönüştürerek, yapılandırılmış deneyleri Avrupa'daki çeşitli eğitim bağlamlarında sınıf uygulamalarına entegre etmeyi amaçlayan girişimler için pratik bir referans sunar.



Kaynakça

- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–178. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0202_2
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2012). Lehrpläne. <https://www.bmb.gv.at/Themen/schule/schulpraxis/lp.html>
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2014). Unterrichtsprinzip Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung. Wien. <https://www.bmb.gv.at/Themen/schule/schulpraxis/prinz/umweltbildung.html>
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2018). Masterplan Digitalisierung im Bildungswesen. Wien. <https://www.bmb.gv.at/Themen/schule/zrp/dibi/mp.html>
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. NSTA Press.
- Domin, D. S. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543–547. <https://doi.org/10.1021/ed076p543>
- European Commission. (2018). Council Recommendation of 22 May 2018 on key competences for lifelong learning. Official Journal of the European Union, C189/1–C189/13. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018H0604(01))
- Eurydice. (2023a). Finland – National Education System Overview. <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/finland>
- Eurydice. (2023b). Czechia – National Education System Overview. <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/czechia>
- Eurydice. (2023c). Türkiye – National Education System Overview. <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/turkiye>
- Eurydice. (2023d). Austria – National Education System Overview. <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/austria>
- Finnish National Agency for Education. (2016). National core curriculum for basic education 2014. <https://www.oph.fi/en/education-system/national-core-curriculum-basic-education>
- Fisk, M. (2024). The World at Play: Exploring the impact of an out-of-school learning environment on classroom teachers' thinking and teaching practices. University of Lapland. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2025031718173>
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 3–24). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-5267-5_1
- Henriksen, D. (2017). Creating STEAM with design thinking: Beyond STEM and arts integration. *The STEAM Journal*, 3(1). <https://doi.org/10.5642/steam.20170301.11>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Kuhn, D. (2002). What is scientific thinking and how does it develop? In U. Goswami (Ed.), *Blackwell handbook of childhood cognitive development* (pp. 371–393). Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9780470996652.ch17>
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Liao, C. (2016). From interdisciplinary to transdisciplinary: An arts-integrated approach to STEAM education. *Art Education*, 69(6), 44–49. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224873>
- McAuley, E., Duncan, T., & Tammen, V. V. (1989). Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60(1), 48–58. <https://doi.org/10.1080/02701367.1989.10607413>



- Millî Eğitim Bakanlığı (MoNE). (2018). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (Primary and Lower Secondary Science Curriculum). Ankara: MoNE.
- Ministry of Education and Culture. (2023). Finnish national STEM strategy and action plan: Experts in natural sciences, technology and mathematics in support of society's welfare and growth. Publications of the Ministry of Education and Culture 2023:22.
- Ministry of Education, Youth and Sports Czech Republic. (2021). Framework Educational Programme for Basic Education. <https://www.msmt.cz>
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2009). Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984–2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Ministry of National Education Türkiye. (2018). Science Curriculum. Ankara: MoNE <https://mufredat.meb.gov.tr>
- MINT Gütesiegel. (2025) <https://www.mintschule.at/>
- MINT Best Practices (2021). www.mintschule.at.
https://www.mintschule.at/wp-content/uploads/mintschule.at_praxisleitfaden_21-07.pdf
- National Research Council. (2012). A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/13165>
- OECD. (2023). PISA 2022 results. Paris: OECD Publishing.
<https://www.oecd.org/en/about/programmes/pisa/pisa-publications.html>
- OECD. (2020). Education Policy Outlook – Country Profiles. <https://www.oecd.org/education/policy-outlook/>
- Opetushallitus. (2014). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Opetushallitus.
https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54–67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.
- Sherin, M. G. (2007). The development of teachers' professional vision in video clubs. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron, & S. J. Derry (Eds.), *Video research in the learning sciences* (pp. 383–395). Lawrence Erlbaum.
- Sweller, J. (2019). Cognitive load theory and educational technology. In J. Sweller, S. Ayres, & S. Kalyuga (Eds.), *Advances in cognitive load theory* (pp. 1–12). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429283895>
- UNESCO. (2017). Education for sustainable development goals: Learning objectives. Paris: UNESCO.
https://www.unesco.at/fileadmin/Redaktion/Publikationen/Publikations-Dokumente/2017_Education_for_SDG.pdf
- Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), 1072–1086.

STExperiMents Projesi KA220-SCH-34903829, Avrupa Birliği tarafından desteklenmiştir.

Deneylerin gerçek yaşam koşullarında uygulanmasına ve test edilmesine katkı sağlayan okullara ve festivallere teşekkür ederiz.



Erasmus+