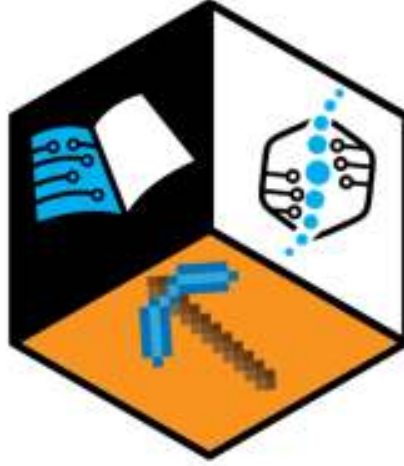


# NANOWARE Sanal Veri Deposu Öneriler Kitapçığı

ÇIKTI: R3/T3.2



**NANOWARE**

**TARİH**

Proje Numarası: 2021-2-PL01-KA220-SCH-000051200



Co-funded by  
the European Union

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



## REVİZYON TARİHİ

Sürüm	Tarih	Yazar	Tanım	Eylem	Sayfalar
1.0	XX/XX/XX	PAU	Oluşturma	C	TBS

(\*) Eylem: C = Oluşturma, I = İlan, U = Güncelleme, R = Değişiklik, D = Sil

## REFERANS BELGELER

NO	Referans		Başlık
1	2021-2-PL01-KA220-SCH-000051200		NANOWARE Teklifi
2			

## UYGULANABİLİR BELGELER

NO	Referans		Başlık
1			
2			



## İçindekiler

1. NANOWARE Sanal Veri Deposu Öneriler Kitapçığı.....	4
2. NANOWARE Sonuçlarının Sınıfta Kullanımı.....	10
2.1 Giriş .....	10
2.2 Nanoware Sonuçlarının Sınıfta Kullanımı .....	10
Konu 1: NANOWARE Sonuçlarının Matematik Dersinde Kullanımı .....	10
Konu 2: NANOWARE Sonuçlarının Sosyal Bilimlerde Kullanımı (Tarih, Coğrafya) .....	13
Konu 3: NANOWARE Sonuçlarının Fen Bilimlerinde Kullanımı (Astronomi, Fizik, Kimya, Yerbilimleri) .....	17
Konu 4: NANOWARE Sonuçlarının Doğa Bilimlerinde Kullanımı (Biyoloji, Kimya, İnsan Anatomisi) .....	19
Konu 5: NANOWARE Sonuçlarının Yaratıcı Derslerde Kullanımı (Resim, Müzik, vb.) .....	22
Konu 6: NANOWARE Sonuçlarının Bilgisayar Bilimlerinde ve Teknoloji Derslerinde Kullanımı ..	28
Konu 7: NANOWARE Sonuçlarının Beden Eğitimi ve Atletizm Derslerinde Kullanımı.....	30
3. Referanslar.....	33



# 1. NANOWARE Sanal Veri Deposu Öneriler Kitapçığı

Nanoware Sanal Veri Deposu Öneri Paketi, sizi nanoteknoloji eğitimi ile ilgili büyüleyici dünyaya götürmek için tasarlanmıştır. 11-17 yaş arası öğrencilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere oluşturulmuş olup, onlara heyecan verici bir eğitim deneyimi sunar. Bu alan, NANOWARE projesinin sonuçlarından yola çıkarak, materyallerden faydalanma adımlarında, kullanıcılara rehberlik etmek için oluşturulmuştur. Sanal Veri Deposu bu deneyimi dört dilde sunar: İngilizce, Romence, Lehçe, Yunanca ve Türkçe.

## **Kullanım:**

Nanoware Sanal Veri Deposu, hem ortaokul öğretmenleri hem de öğrencileri için dinamik bir merkez görevi görür, aynı zamanda nanoteknoloji hakkında genel bilgi arayan bireyler için de geçerlidir. Öğretmenler için, nanoteknoloji kavramlarını etkileşimli bir şekilde öğretmeyi kolaylaştıran bir araçtır. Nanoware Sanal Veri Deposu, öğrencileri nanoteknoloji alanına dahil ederek nanoteknolojiyi onlara erişilebilir kılmayı amaçlar. Öğrenciler, NANOWARE projesinin sonuçlarını ve materyallerini keşfedebilir ve deneyler yapabilirler.

## **Kapsam:**

Nanoware Sanal Veri Deposu'nun kapsamı geleneksel eğitimin ötesine geçer. Nanoteknoloji ile ilgili bilgileri öğrencilere aktarmayı amaçlar. Kapsamı geniş olup, eğitim deneyimini kullanıcılara etkileşimli bir şekilde genişletmeyi hedefler.

Nanoware Sanal Veri Deposu sayfasını keşfettikten sonra, sonuçları adım adım açıklayan ve bilgileri öğrencilere nasıl aktaracağınızı gösteren projenin sonuçlarına geçebilirsiniz.



Increasing nanotechnology awareness  
at European Schools  
2021-2-PL01-KA220-SCH-000051200



Home Nanoware Foundry

## Welcome to the Nanoware Foundry

This space aims to guide you to exploit step by step the results and materials of the Nanoware project. The Foundry and the materials are available in 4 different languages. Please select the language of preference from the languages on the top right section to access the materials in your version of preference.

Nanoware Foundry Recommendations Pack

### ADIM 1

Bu aşamada, çocuklarına Nanoteknoloji öğretmekle ilgilenen bireyler ve öğretmenler için tasarlanmış kapsamlı bir dersler serisi bulacaksınız. Bu Açık Eğitim Kaynağı beş dilde erişilebilir durumdadır: İngilizce, Lehçe, Yunanca, Romence ve Türkçe. Derse erişmek ve ücretsiz hesabınızı oluşturmak için "Nanoware Dersi" butonuna tıklayabilirsiniz. Dersi tamamlamanızın ardından, edindiğiniz bilgi ve becerileri doğrulamak için bir rozet verilecektir. Nanoteknoloji hakkında doğru bilgi ile donanmanızı ve bu bilgiyi çocuklarınıza ve öğrencilerinize aktarmaya hazırlanmanızı sağlayacak olan dersle ilgili ilk adımdan başlamanızı öneririz.

## Step 1

### Take the Nanoware Course

A Course was developed for all interested people and educators to learn and teach effectively their students about nanotechnology. The course is available as an Open Educational Resource in 5 Languages (English, Polish, Greek, Romanian & Turkish).

Access the course through the following button and create your Free Account.

Once you finish the course a Badge will be attributed freely to validate your knowledge and skills gained.

Nanoware Course

Özellikle, bu derslerde öncelikle nanoteknolojinin ve nanomalzemelerin ne olduğu, özellikleri gibi temel bilgileri öğreneceksiniz. Ardından, nanopartiküllerin boyutları ve nasıl görülebilecekleri ile ilgili dersler sunulmaktadır. Ders, Nanoteknolojinin hayatımızdaki rolü ve nasıl uygulandığı ile sona ermektedir.

Bu ders ayrıca, bilgilerini doğrulamak isteyen öğrenciler tarafından da alınabilir. Her kullanıcının bir e-posta adresi sahibi olması ve derse abone olmak için özel bir hesap oluşturması gerektiğini unutmayın.

Dersi başarıyla tamamladıktan sonra, 2. Adıma geçebilirsiniz.



## ADIM 2:

Bu aşamada, öğretmenler için öğrencileri motive eden aktivitelerle Nanoteknolojiyi öğretmelerine yardımcı olmak için geliştirilmiş Özel Ders Planlarını bulacaksınız. Ayrıca, bu Ders Planlarına ek olarak öğretmenleri öğrenme hedeflerini uygulamada ve öğrenci bilgisini değerlendirmede daha iyi yönlendirmek için tasarlanmış Eğitim Rehberlerini de bulacaksınız.



**Step 2**  
**Use the Lesson Plans and Educators' Guides**

Specific Lesson Plans were developed to help educators teach about Nanotechnology with motivational activities for their students. These Lesson Plans are accompanied by the Educators' Guides to better orientate the teachers to apply the learning objectives and evaluate the student's knowledge.

The Materials are available at the following Button:

[Lesson Plans & Educators' Guide](#)

Bu materyaller, “Ders Planları & Eğitim Rehberi” butonunda bulunmaktadır. Daha spesifik olarak, Nanoware eğitim paketi içerisinde, ortaöğretim için Nanoware müfredatı, Nanoware ortak sözlüğü, Öğretmenler Rehberi ve eğitim materyalini barındıran ve bilgi koruma sağlayan çevrimiçi depoyu bulacaksınız.

Eğitim programını başarıyla kullandıktan sonra, 3. Adıma geçebilirsiniz.



### ADIM 3:

Bu aşamada, Minecraft Eğitim Sürümü'nde çalışan 3 Nanoware Minecraft dünyasını bulacaksınız. Bu 3 dünya sırasıyla 3 farklı yeri (sınıf, laboratuvar ve sergi) temsil eder ve nanoteknolojiyle ilgili görevler içerir. Bu dünyalarda, öğrenciler bu görevlerle oynayarak Nanoteknolojinin uygulamaları ve malzemeleri hakkında bilgi edinecekler.



## Step 3

### Use the Minecraft Education Worlds

The Nanoware project released 3 Minecraft worlds running in the Minecraft Education Edition. These worlds include missions related to Nanotechnology demonstrating 3 different places:

- The Classroom
- The laboratory
- An exhibition

In these worlds, students will play the missions but at the same time will learn about Nanotechnology applications and materials. In the following buttons, you will find the worlds to be downloaded and the Educators' Guide to help you use efficiently the game in the learning process. Guidelines on how to acquire your Minecraft Education License as an educational organisation.

[NANOWARE Minecraft Worlds](#)

[Nanoware Minecraft Educators Guidelines](#)

“Nanoware Minecraft Eğitimleri Yönergeleri” butonunda, eğitim kuruluşu olarak Minecraft Eğitim Lisansınızı nasıl edineceğinize ve oyunu öğrenme sürecinde nasıl kullanacağınıza dair Yönergeleri bulacaksınız. Diğer 3 turuncu buton, indirilmesi gereken 3 Minecraft dünyasına bağlıdır.



Increasing nanotechnology awareness  
at European Schools  
2021-2-PL01-KA220-SCH-000051200



#### ADIM 4:

Bu aşamada, Minecraft Rozetleri Çerçevesini bulacaksınız. Çerçeve, rozetler hakkında detayları içerir.

## Step 4

### Open Badges Attribution

Once you have implemented the Minecraft Worlds in your classroom it is time for your students' appraisal moment. Badges is a nice way to do so!  
Read the following Guide and find out the ways that you can attribute a badge to your students.

[Minecraft Badges Framework](#)

Üç Rozet vardır ve NANOWARE platformundaki üç Minecraft Eğitim Dünyasından her birini tamamladıktan sonra bir rozet kazanabilirsiniz. Bu, öğrencilerin değerlendirme anı için zamandır. Rozetler, platform aracılığıyla kolayca indirilebilir ve başarı portföyünüze eklenebilir. Platformda, NANOWARE Minecraft Dünyaları oynanıp tamamlandıktan sonra herkesin cevaplayabileceği bir geri bildirim anketi de bulunmaktadır.

#### Geri Bildirim Döngüsü:

Tüm adımları tamamladıktan sonra, Geri Bildirim Döngüsü ile devam etmek önemlidir. Bu platformun bir parçası, bize nihai geri bildirim sağlayacaktır. NANOWARE Sonuçlarının sürekli iyileştirilmesi





Increasing nanotechnology awareness  
at European Schools  
2021-2-PL01-KA220-SCH-000051200



açısından, bu son kısım, geri bildirimlerinizi topladığımız ve sunulan materyalleri iyileştirdiğimiz için ekibimiz için çok değerlidir.

### Feedback Loop

Your name

Your email

Country \*

Adınızı ve e-posta adresinizi eklemeniz zorunlu değildir ama daha fazla yardıma ihtiyacınız olması durumunda, konsorsiyumumuzun sorumlu ortağına başvurabilmemiz ve size ulaşabilmemiz için ülkenizi belirtmemiz gerekmektedir.



## 2. NANOWARE Sonuçlarının Sınıfta Kullanımı

### 2.1 Giriş

"NANOWARE Sonuçlarının Sınıfta Kullanımı" bölümü, NANOWARE sonuçlarının sınıf bağlamında pratik entegrasyonuna derinlemesine bir bakış sunar. Burada, nanoteknolojinin sınıf deneyimine nasıl pratik bir şekilde entegre edilebileceğini keşfedebilirsiniz. Öğretmenler, nanoteknolojinin teorik öğrenimini pratiğe dönüştürmek için kullanabilecekleri bir araca sahiptir. NANOWARE Sonuçlarının Sınıf İçinde Kullanımı, nanoteknolojinin günlük hayattaki önemini gösteren gerçek yaşam uygulamaları sunar. Kapsanan alanlar, Matematik, Sosyal Bilimler, Fiziksel Bilimler, Doğa Bilimleri, Yaratıcı dersler, Bilgisayar Bilimleri ve Beden Eğitimi'nde nanoteknolojinin pratik uygulamalarını içerir.

### 2.2 Nanoware Sonuçlarının Sınıfta Kullanımı

#### Konu 1: NANOWARE Sonuçlarının Matematik Dersinde Kullanımı

Matematik, şekillerin, miktarların mantığına, desenlere, yapısalara, hesaplamalara ve lojiğe odaklanan bir bilimdir. Düşünce, türetme, uygulama ve yeniden düşünme süreci olarak dünyanın zenginliğine katkıda bulunur. Mantıksal ve eleştirel düşüncenin temelidir.

Öğrencilerin matematiği keşfetme ve bu alanda ısrarcı olma isteği ve güveni geliştirmesi gerekmektedir. Bilim, teknoloji, mühendislik ve diğer disiplinleri matematikle entegre etmek, öğrencilerin bunu günlük hayatlarında uygulamalarını gerektirir, böylece öğrenciler matematiği ilgili ve faydalı olarak ilişkilendirir.

NANOWARE, bir Matematik sınıfında, günlük hayatta bilgi edinme, yansıtma ve uygulama yolu olarak kullanılabilir. Bu, aktif katılım, yansıtıcı düşünme, problem çözme, stratejik akıl yürütme ve akademik iletişim gerektiren bir STEM ortamıdır. Matematik dersinde uygulanacak NANOWARE konusu, eleştirel düşünürler olarak davranmaya kararlı bir paydaşlar topluluğunu gerektirir. Öğrenciler, fikirleri sorgulamaya, varsayımları meydan okumaya, kavramları keşfetmeye, bakış açılarını incelemeye ve sonuçları analiz etmeye istekli olmalıdır. Öğrencileri okulda Nanobilim aktiviteleri ve Minecraft



kaynaklarına katılmaya teşvik etmek, daha derin anlayışa ve bilginin daha iyi uygulanmasına yol açan davranışlar yaratacaktır. Öğrenciler, sınıfta öğrendikleri bilgi ve becerileri keşfetmek, anlamak ve uygulamak için tam donanımlı olacaklardır. Böylece, öğrenciler global toplumumuzda yaşamak, çalışmak ve oynamak için iyi hazırlanmış olacaklardır.

### **Minecraft Dünyalarının Matematik, Fen Bilgisi vb. Derslere Uygulanması**

Minecraft, matematiksel kavramlarla dolu eğitici bir oyundur. Minecraft'ın öğretim aracı olarak kullanımı son zamanlarda giderek daha popüler hale gelmiştir.

Minecraft, çoğu çocuğun temel oyun mekaniğine aşina olduğu için bu tasarım çok çekicidir. Oyun bileşenleri bir araya getirilebilir, böylece etkileri kolayca deneyimlenebilir ve bu da çocukların eğitim ortamlarında aracın kullanımını araştırmaları için büyük bir potansiyel sunar.

Sınıfta matematik veya bilim gibi derslere Minecraft dünyalarının uygulanması, bölme, toplama, çıkarma ve kesirler, ondalıklar ve yüzdelikler arasındaki ilişkilere vurgu yaparak tüm ana konularda pratik yapma imkanı sunar. Mekansal farkındalık, alan ve hacim ölçümü de ele alınır. Fikir, öğretmenlerin ve velilerin, çocukların okulda öğrendiklerini tamamlayıcı, daha ilgi çekici ve eğlenceli matematik problemleriyle desteklemeleri için kolaylık sağlamaktır.

Minecraft kullanarak sayılar ve sayma üzerine bazı basit ilk anlayışlar kolayca elde edilebilir. Oyun, bir yapı bloğu tarzı aktivite olduğu için, öğrencilerin belirli bir sayıda blok içeren bir sıra veya yığın oluşturması gereken bir görevi vardır. Örnekler:

- Bana yedi beyaz bloktan oluşan bir sıra yap.
- 1'den 10'a kadar her biri farklı renkte bloklardan sıralar yapabilir misin?
- 12 blokla kaç farklı şekil yapabilirsin?
- Bu şekilde kaç blok var?
- Bu sıralardan hangisi en büyük veya en küçük? (sıralama)
- Bu farklı şekillerden hangisinin en çok bloğu var?

Öğretmenler, öğrencilere nesnelere birleştirmeleri için görevler vererek veya bir nesneye belirli sayıda blok eklettirip toplamı saydırarak gerçekten basit toplama ve çıkarma işlemlerini öğretebilirler. Genellikle önce toplama ile başlamak ve sonra çıkarma örneklerine geçmek en iyisidir.



### Örnekler:

- Üç bloktan oluşan bir sıra ve dört bloktan oluşan başka bir sıra yap (Toplamda kaç blok var?)
- 10 bloktan oluşan bir yığın yap. Bu yığına 5 blok daha ekleyebilir misin? Şimdi kaç tane var?
- 10 bloktan oluşan bir çizgi (veya şekil) var, eğer 6 tanesini yok edersen, kaç tane kalır?
- Çarpma - her biri 10 bloktan oluşan üç kule yap ve toplamın ne olduğunu hesapla...

### *Alan ve Hacim*

Bu, geometrik bir oyun olduğu için Minecraft'ta keşfe çok uygun bir başka alandır. Dikdörtgenlerin ve karelerin alanı için temel formülleri öğrenmek, tahmin etmek ve birimleri anlamak. Sonrasında, bir nesnenin yüksekliği ile çarpılarak hacim de takip eder ve çocuklar düzenli bir şekil olmadığında ne olacağını keşfedebilir. Öğrenciler, nesneden bazı blokları çıkararak 3 boyutlu toplamları pratik yapabilirler.

### Örnekler:

- Bu nesnenin yarısını kırmızıya çevirin.
- 1/3'ü mavi, 1/3'ü kırmızı ve 1/3'ü yeşil olan bir kule yapın.
- İşte 20 bloktan oluşan bir sıra... Birkaç bloğu hareket ettirip bunu dört eşit parçaya bölebilir misiniz?
- 20 bloktan az bir kule yapabilir misiniz... Şimdi bunu olduğundan %50 daha uzun yapabilir misiniz?

Minecraft, sınıf kültürü ve eğitim hakkındaki tutumlar üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bilgisayar laboratuvarında Minecraft oynamak, öğrencilerin hafıza depolama kapasitesini artırarak üstbilişi geliştirir. Minecraft ile bloklar dijital olduğu için çocuklar birbirlerinin yaptıklarını bozamaz. Yeni yapılan yapılar, asal çarpanlara dayalı ilginç görünümlü ağaçlar veya uzun bölme işlemi temsil eden desenlerdeki blok yığınları gibi saklanacak eğlenceli şeyler yaratır. Bu, bir nevi kavramsal matematik dünyasıdır. Oyun, içselleştirilebilen ve öğrenenler topluluğunda paylaşılabilir, ilişkilendirilebilir, keyifli bir deneyim yaratır. Öğrenciler inanılmaz derecede etkileşimlidir.



## Konu 2: NANOWARE Sonuçlarının Sosyal Bilimlerde Kullanımı (Tarih, Coğrafya)

Nanoteknoloji önemlidir çünkü dünyayı değiştiriyor. Neredeyse tüm alanlar nanoteknolojiden etkilenmekte ve bundan fayda görebilmektedir. Bu yüzden, örneğin Tarih ve Coğrafya gibi Sosyal Bilimlerde Nanoteknolojiyi incelemenin önemli olduğu söylenebilir.

### Tarihte Nanoteknoloji:

- Nanoteknolojinin tarihine dair küçük bir tarihsel arka plan: 4. Yüzyıl: Nanoölçek materyallerin kullanımına dair erken örnekler, Roma sanatçılarının camı altın ve gümüş ekleyerek benzersiz etkiler oluşturduğunu keşfetmesine dayanır. Lykurgos Kupası, ayin kabı, ünlü bir örnektir.
- **Orta Çağ:** Avrupa'nın renkli cam pencereleri, nanomalzemelerin modern zamanlar öncesi kullanımını sergiledi. Zanaatkarlar, canlı kırmızılar ve sarılar üretmek için cama değişen miktarlarda altın ve gümüş kattılar.
- **1959:** Nanoteknolojinin babası olarak kabul edilen ABD'li fizikçi Richard Feynman, "Aşağıda Bolca Yer Var" başlıklı bir konuşmada ana fikir ve kavramları tanıttı. "Nanoteknoloji" terimini kullanmasa da bilim insanlarının bireysel atom ve molekülleri manipüle ettiğini hayal etti.
- **1981:** Modern nanoteknoloji, bilim insanlarının bireysel atomları gözlemlenmelerine ve manipüle etmelerine olanak tanıyan taramalı tünelleme mikroskopunun icadı ile önemli bir adım attı. IBM bilim insanları Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer bu çığır açan icatları için 1986 Nobel Fizik Ödülü'nü kazandı.
- **1980'ler-1990'lar:** Nanoteknoloji, şirketlerin ve hükümetlerin araştırmalara yatırım yapmasıyla ivme kazandı. IBM'den Don Eigler, nanoölçek düzeyde ulaşılabilecek hassasiyeti göstermek için 35 bireysel ksenon atomu kullanarak "IBM" yazısı oluşturma çabasına öncülük etti.
- **2006:** Modern mikroskopi, Güney Asya ve Orta Doğu'da kullanılan Şam çeliğinin karbon nanotüpler içerdiğini ortaya çıkardı. Şam çeliği kılıçlarının efsanevi gücü, dayanıklılığı ve keskin kenar tutma özellikleri nanoölçek materyallere atfedildi.
- **Çeşitli Dönemler:** Çin, batı Asya ve Avrupa'dan sanatçılar, seramiklere, örneğin seramik karo ve kaselere özgün bir parlaklık kazandıran gümüş ve bakır nanoparçacıklarını seramik sırlarında kullandılar. (Kaynak: <https://education.nationalgeographic.org/resource/nanotechnology/> ).

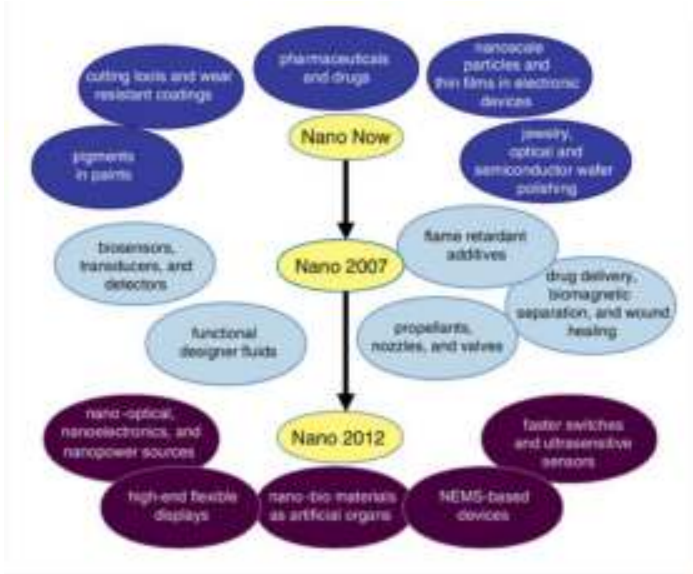
Tarih dersleri genellikle diğer derslerden daha teoriktir. Ancak, bu dersin öğrenciler için çekici hale getirilebileceği bir yol vardır. NANOWARE sonuçlarını sınıfta kullanma yöntemi şu şekildedir:

## 1. Grafikler ve Tablolar Aracılığıyla Öğrenme:

Nanoteknoloji hakkındaki Tarih Dersi, temel kronolojileri, biçimleri ve gerçekleri içeren diyagramlar ve tablolar aracılığıyla çekici hale gelebilir. Her şey kategorize edildiğinde öğrenmek daha kolaydır. Bu etkinlik için ihtiyacınız olacaklar:

- Kağıt
- Makas
- Yapıştırıcı

Öncelikle, aşağıdaki örnekte olduğu gibi ihtiyaç duyulan bilgileri içeren bir diyagram veya tablo oluşturmanız gerekir:



Kaynak: <https://nap.nationalacademies.org/read/10395/chapter/3#6>

Ya da:



Evolution Timeline of Nanoscience and Nanotechnology

Year	Event
4th Century	Lycurgus Cup (Colored glass)
500-1450	Cathedrals (Stained glasses windows)
1450-1600	Deruta Pottery (Iridescent/metallic clusters)
1857	Michael Faraday (Synthesis of colloidal ruby gold nanoparticles)
1900	Gustav Mie (Light scattering nanoparticles)
1928	Edward Szyng (Near-field optical microscope)
1931	Max Knoll and Ernst Ruska (Invention of transmission electron microscope (TEM))
1928	Erwin Müller (Invention of field electron microscope)
1947	William Shockley, Walter Brattain and John Bardeen (Discovery of the semiconductor transistor)
1951	Erwin Müller (Invention of field ion microscope, first to see atoms on the surface)
1953	James Watson and Francis Crick (Discovery of DNA)
1956	Arthur Von Hippel (Molecular Engineering)
1958	Leo Esaki (Electron tunneling)

Kaynak: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6982820/table/molecules-25-00112-t001/?report=objectonly>

Diyagramı veya tabloyu oluşturduğunuzda, bazı sütunları veya boşlukları şu şekilde silebilirsiniz:

Evolution Timeline of Nanoscience and Nanotechnology

Year	Event
	Lycurgus Cup (Colored glass)
500-1450	
	Deruta Pottery (Iridescent/metallic clusters)
	Michael Faraday (Synthesis of colloidal ruby gold nanoparticles)
1900	
1928	Edward Szyng (Near-field optical microscope)
1931	Max Knoll and Ernst Ruska (Invention of transmission electron microscope (TEM))

Gizli cevapları ayrı ayrı yazın ve çıktı alın. Ayrıca, tabloyu veya diyagramın çıktısını alın (her öğrenci için bir kopya). Yazdığınızda, makasla gizli cevapları kesin ve her öğrenciye tabloyu, cevapları ve yapıştırıcıyı verin. Öğrencilerin, hangi tarihin hangi olaya uygun olduğunu düşünmeleri ve her bir gizli cevabı doğru yere yapıştırmaları gerekmektedir.

Bu işlemin sonunda, öğrenciler ve öğretmen, yapılan seçimleri, olası soruları veya yapılan hataları tartışma fırsatı bulacaklar.

### Coğrafyada Nanoteknoloji:

Coğrafya, öğrencilerin her ülke veya kıtadaki Nanoteknolojinin etkisini veya her ülkedeki Nanoteknoloji tarihini incelemeleri açısından Tarih'in bir uzantısı da olabilir.



Örneğin, aşağıdaki uluslar nanoteknolojiye önemli yatırımlar yapmışlardır.

- Birleşik Devletler
- Çin
- Rusya
- Japonya
- Almanya (Kaynak: <https://education.nationalgeographic.org/resource/nanotechnology/> )

Nanoteknoloji hakkındaki Tarih Dersi, araştırma yoluyla çekici hale gelebilir:

## 2. Araştırma Yoluyla Öğrenme:

Öncelikle, öğrencileri iki veya üç gruba veya daha fazlasına bölebilirsiniz (sınıfta kaç öğrenci olduğuna bağlı olarak).

Her grup, bir ülkede veya kıtada nanoteknolojinin etkisini araştırmalı veya bir ülkedeki nanoteknoloji tarihini incelemelidir. Örneğin:

- Takım A: Amerika'da Nanoteknoloji etkilerini araştırın.
- Takım B: Avrupa'da Nanoteknoloji etkilerini araştırın.

Ya da

- Takım A: Almanya'da Nanoteknoloji etkilerini araştırın.
- Takım B: Hollanda'da Nanoteknoloji etkilerini araştırın .

Araştırma, makaleler, videolar, resimler, istatistikler vb. içermelidir. Araştırma sonrasında, her grup bulgularını sınıfta paylaşmak üzere bir sunum hazırlamalıdır.

Her sunumdan sonra, öğrencilerin sorular sorabileceği ve her araştırmanın bulgularını tartışabileceği bir tartışma düzenleyin.





### **Konu 3: NANOWARE Sonuçlarının Fen Bilimlerinde Kullanımı (Astronomi, Fizik, Kimya, Yerbilimleri)**

Yirmi birinci yüzyılın en önemli teknolojik gelişimi olan nanoteknoloji, gelişmekte olan bir teknolojidir ve uygulamaları her geçen gün artmaktadır. Aslında, nanoteknolojiyi anlamak, fizik ve kimya gibi uygulamalı bilimlerin temellerini anlamakla mümkündür. Özellikle kuantum dünyasını anlamak.

Fen Bilimlerinde, örneğin Astronomi, Fizik, Kimya ve Yerbilimleri gibi alanlarda nanoteknolojinin çeşitli uygulamalarını görmek mümkündür. NANOWARE Projesi aracılığıyla öğrenciler, uygulamalı ve zihinsel etkinlikler yoluyla fiziksel bilimlerde nanoteknolojinin uygulamaları hakkında bilgi edinme fırsatı bulacaklar ve nanoteknolojinin disiplinlerarası bir bilim dalı olduğunu yakından görecekler ve nanoteknolojinin her bilim dalıyla ilişkili olduğunu fark ederler.

Astronomi araştırmalarında, astronomlar uzak nesnelere gelen ışığı algılamak ve ölçmek için nanoteknolojiyi kullanarak nano sensörler geliştirirler. Nanoteknoloji, astronomide uzay araştırmaları için geliştirilen nanouydularında da kullanılmaktadır. Günümüzde, daha güçlü ve hassas teleskoplar ve aletler yaratmak için nanomalzemeler kullanılmaktadır.

Fizik (örneğin kuantum fiziği), nanoteknolojinin temeli olduğu için nanoteknolojinin gelişiminde ve anlaşılmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Nanoteknolojide fizik, nanometre ölçekli malzemelerin ve sistemlerin tasarımı, üretimi ve karakterizasyonu için gerekli olan anlayış, araçlar ve tekniklerin temelini sağlamada önemlidir. Öncelikle, fizik nanometre ölçekli malzemelerin ve sistemlerin davranışlarını yöneten temel prensipleri sağlar. Yüksek yüzey alanı, artırılmış reaktivite ve artırılmış termal ve elektriksel iletkenlik gibi nanometre ölçekli malzemelerin benzersiz özelliklerini bu prensiplerle açıklamak mümkündür. Fizik, nanometre ölçekli malzemelerin ve sistemlerin üretimi ve karakterizasyonu için gerekli araçları ve teknikleri de sağlar. Örneğin, fizik temelli görüntüleme teknikleri olan transmisyon elektron mikroskobu (TEM) ve taramalı prob mikroskobu (SPM) nanometre ölçekli yapıları görselleştirmek ve analiz etmek için kullanılır. NANOWARE projesi kapsamında yer alan içerik çerçevesinde, öğrenciler bu görüntüleme tekniklerini yakından tanıma fırsatı bulurlar.



Nanoteknoloji ve kimya arasındaki ilişkiden bahsettiğimizde, kimyanın bir dalı olan ve ana araştırma konusu bu nano boyutlu yapılar arasındaki kimyasal tepkimeler, kimyasal yapılar ve bağlar olan Nano kimya ile karşılaşırız. Bir nanoparçacığın elektronik, manyetik, kimyasal, optik, mekanik ve fiziksel özelliklerinin nano boyutu ile nasıl ilişkili olduğunu ortaya koyar. Nano kimya, nanometre ölçeğinde nanomalzemelerin sentezi ve karakterizasyonu ile ilgilenir. Temelde, atomların ve moleküllerin nanometre ölçeğinde nasıl davrandığını ve tepki gösterdiğini inceler. Günlük hayatta karşılaştığımız Nano kimyanın en yaygın örneklerinden biri UV koruyucu güneş kremleridir. Güneş kremlerinde çinko oksit nanopartikülleri kullanılır. Bu nanopartiküller UV ışınlarını emerek cildimizi UV hasarına karşı korur. Nano kimyanın günlük hayatımızın bir parçası haline gelen diğer yaygın bir örneği genellikle çinko veya titanyum nanopartikülleri içeren el yıkama ajanları/dezenfektanlar/bandajlardır. Bu nanopartiküller antimikrobiyal özellikler gösterir. Bir başka örnek ise içecek şişeleridir. Oksijen, karbon dioksit ve neme karşı dirençlerini artırmak için nano kil kaplama uygulanır.

Günümüzde, nanoteknolojinin çevresel kirleticileri tespit etme ve temizleme konusunda çeşitli uygulamaları bulunmaktadır. Bu uygulamalar arasında temiz içme suyu sağlama, hava kalitesini iyileştirme, yeni enerji kaynakları geliştirme ve yaşadığımız çevreden tehlikeli ve toksik maddeleri uzaklaştırma yer alır. Nanoteknolojinin diğer önemli uygulamaları, tüm insanları ilgilendiren en önemli konulardan biri olan enerji alanındadır. Nanoteknolojinin enerjinin etkin kullanımı, depolanması ve üretimi ile ilgili konularda da uygulamaları vardır.

NANOWARE proje sonuçları, öğrencilere nanoteknolojiyi yakından tanıma ve bu konuda bilgi, düşünme becerileri ve farkındalıklarını geliştirme fırsatı sunar. Ayrıca, Minecraft oyunu sayesinde öğrenciler edindikleri bilgileri dijital ortamda kullanabilecek ve böylece dijital becerileri geliştirecektir. NANOWARE proje sonuçları sayesinde öğretmenler nanoteknoloji hakkında zengin bir kaynağa sahip olurlar.



## Konu 4: NANOWARE Sonuçlarının Doğa Bilimlerinde Kullanımı (Biyoloji, Kimya, İnsan Anatomisi)

NANOWARE sonuçları, Doğa Bilimleri'nde (Biyoloji, Kimya, İnsan Anatomisi) kullanılarak öğrencilere fizik, kimya ve biyoloji alanlarında pratik çalışmalar yapma ve olası bilimsel deneyleri anlama fırsatları sunar.

Öğrenciler doğal dünya hakkında sorular sormayı, sorularına cevap bulmak için deneyler kurmayı, sonuçları gözlemlemeyi ve kaydetmeyi ve ardından sonuçlar çıkarmayı öğrenirler. Bu metodoloji, laboratuvar olanaklarının bulunmadığı durumlarda bilimsel düşüncüyü öğretmek için kullanılabilir. NANOWARE yaklaşımı, öğrencilerde bilimsel düşüncüyü geliştirmenin yanı sıra yeni öğretim araçları da sağlar.

NANOWARE etkinliklerinde öğrenciler sorun-hipotez formüle ederler, birincil okuma kaynakları olarak literatürü gözden geçirirler, subjektif/objektif veriler arasında ayırım yaparlar ve bu verilerin soruna olan yararlarını değerlendirirler, uygulanabilir mevcut anketleri, etki çalışmalarını veya modelleri incelerler.

NANOWARE etkinlikleri geliştirerek öğrenciler şunları yapabilirler:

- Kaynakları ayırt etmek ve her bir türü ne zaman kullanacaklarını anlamak
- Bilimsel araştırmayı özetlemek, analiz etmek ve yansıtmak
- Araştırma planlarını geliştirmek ve akranlarıyla paylaşmak
- Tam deney prosedürlerini geliştirmek, laboratuvarda deney yapmaya başlamak
- Verileri düzenlemek, grafikte göstermek, tartışmak ve istatistiksel olarak analiz etmek
- Sonuçlarını yazmak ve tartışmak
- Araştırmalarını özetleyen sözlü bir sunum hazırlamak; sunum, bir dijital sunum programı ile hazırlanacak (PowerPoint, Keynote, Google Presentation vb.)
- İlgili hesaplama formüllerini bulmak
- Konunun dahil edilmesi için gerekli sınıf seviyesini belirlemek amacıyla kaydedilen verileri karşılaştırmak
- Çalışmalarını akranlarına, öğretmenlerine ve topluluğa sunmak (yarışmalarda, bölgesel bilim fuarında)
- Bilimsel sorgulamanın kavramlarını, ilkelerini ve süreçlerini uygulamak.



NANOWARE değerlendirmesi şunları içermelidir:

- Sınıf içi sunumlar
- Çevrimiçi tartışma forumu
- Verilere dayalı mantıklı bir sonuç çıkarılması
- Çeşitli yarışmalar

Öğretmenler, araştırma ve keşif öğrenmesinde öğrenci merkezli etkinlikleri desteklemek için Nanobilim metodolojilerini teşvik ederler. Ayrıca, nanoteknolojinin toplumdaki önemini anlayabilmek için öğrenciler STEM becerilerini aktarırlar.

NANOWARE dersleri, genç öğrencilerin bilim, teknoloji, mühendislik, matematik, açık hava bahçesi ve okuryazarlığı tematik bir birim olarak keşfetmelerini sağlamak için oluşturulmuştur. Öğrenciler, bir ekipman parçasında uzmanlaşabilir ve bunu sınıfın geri kalanına öğretebilirler.

Öğretmenler, öğrencileri NANOWARE konusunu keşfetmeye ve nanobilimin faydaları hakkında bilgi araştırmaya davet edeceklerdir. Tartışma başlatmak ve dinleyicileri etkileşimde tutmak için etkinlikler hazırlamalıdır.

NANOWARE materyalleri modelini kullanarak, öğrencilerin eleştirel düşünme yeteneği ve bilim süreci becerilerini sürekli olarak geliştirebilmeleri için bir dizi düşünme süreci aracılığıyla kendi bilgilerini oluşturmaları beklenmektedir; böylece gelecekte uluslararası iş piyasasında rekabet edebilmek için kendilerini hazırlayabilirler.

Biyomedikal alanının birçok bölümünde nanomalzemelerin uygulanması olağanüstü ilerleme göstermiş ve nanotıpın geleceği için birçok fırsat sunmuştur. Bunlar arasında, polimerik ve seramik nanopartikül sistemleri çok yönlü nanotaşıyıcılar olarak kanıtlanmış ve sayısız biyomedikal uygulama sergilemiştir. PNPlar, viral enfeksiyonlar, kanser, kardiyovasküler hastalıklar ile pulmoner ve üriner sistem enfeksiyonları gibi geniş bir hastalık yelpazesinde tanı ve tedavide önemli bir rol oynamaktadır. Bunlar sadece ilacı hedef noktaya taşımakla kalmaz, aynı zamanda hastalıklı dokuyu tedavi etmede ilaçların etkinliğini de artırır.

Benzer şekilde, seramik nanopartiküller de diş hekimliği, ortopedi, kanser ilacı taşıma ve doku mühendisliği alanlarında birçok uygulama sergilemektedir. İyi biyouyumluluk, biyoçözünürlük, osteoindüktivite, emilim ve hidrofiliklik gibi birçok avantaj sunarlar. Bu nanopartikül sistemlerinin



hazırlanması ve uygulanması ne kadar kolay olursa, öğrencilerin gelecekteki gelişimini de o kadar destekler.

Biyouyumlu seramikler, aynı zamanda biyoseramikler olarak da bilinirler, hem makro hem de nanomalzemelerden oluşur ve gelişimleri son birkaç yılda hızlanmıştır. Biyoseramikler, başlıca kemik, diş ve diğer tıbbi uygulamalar için kullanılır. İnorganik malzemeler, seramik ve metalik nanopartiküller olarak sınıflandırılabilir.

Araştırmacılar, ilacı nanopartiküle yükleme şekline bağlı olarak ilaç taşıma için çeşitli nanopartikül hazırlama yöntemleri geliştirmişlerdir. Öğrencilerin, potansiyel biyomedikal uygulamalarını moleküler seviyede anlamaları, sağlık ve tıp alanlarında önemli içgörüler sağlayacaktır.

Öğretmenler, öğrencileri NANOWARE konusunu keşfetmeye ve nanoteknolojinin faydaları hakkında bilgi araştırmaya davet edeceklerdir. Tartışma başlatmak ve dinleyicileri etkileşimde tutmak için etkinlikler hazırlamalıdır. Öğrenciler, öğretmenin sunumunu ve vaka sunumunu takip edecekler, argümanlar geliştirecekler, nanobilimin etkilerini öğrenmenin avantajlarını ve dezavantajlarını bulacaklardır.

Öğrenciler bilgi üretmeyi ve değerlendirmeyi, kavramları ve fikirleri açıklamayı, olasılıkları araştırmayı, alternatifleri düşünmeyi ve sorunları çözmeyi öğrenirler. Eleştirel ve yaratıcı düşünme, öğrencilerin okulda ve okul dışı hayatlarında tüm öğrenme alanlarında, mantık, akıl yürütme, beceriklilik, hayal gücü ve yenilik gibi becerileri, davranışları ve yatkınlıkları kullanarak geniş ve derin düşüncelerini gerektiren etkinliklerin ayrılmaz bir parçasıdır.

Bilim süreci becerileri, gözlem, tahmin, iletişim, sınıflandırma ve ölçümdür. NANOWARE öğrenme materyalleri, hem deneysel hem de teorik ölçeklerde belirli uygulamalar için hassas ayarlar yapılabilen daha çeşitli malzemelerin geliştirilmesi olasılığını artıracaktır.

STEM, günlük hayatta karşılaşılabilecek sorunlara yeni çözümler bulmaya yardımcı olan bir öğrenme alanıdır. Kariyer ilgisi, bilim başarısı ve motivasyonu yüksek olan öğrenciler yıllar boyunca STEM alanlarına katılmaya devam ederken, kariyer ilgisi, bilim başarısı ve motivasyonu düşük olan öğrenciler zamanla daha fazla ayrılmaya meyillidir.

Ortaokul öğrencilerinin bilim ve matematiğe olan tutumları ve ilgileri, gelecekteki kariyer seçimlerini de etkileyecektir. Ortaokul öğrencilerinin STEM alanlarındaki ilgi ve kariyer hedeflerini belirlemek, STEM iş gücünün geleceğini hazırlamak açısından çok önemlidir.



## Konu 5: NANOWARE Sonuçlarının Yaratıcı Derslerde Kullanımı (Resim, Müzik, vb.)

### 1. Resimde Nanoteknoloji:

Boya yenilikleri alanında, nanomalzeme entegrasyonu, verimliliği artırmak ve yeni işlevler sunmak için kullanılır. Çeşitli nano-geliştirilmiş boya çeşitleri zaten piyasaya sürülmüş olup, avantajları ve potansiyel tehlikeleri konusunda son zamanlarda detaylı incelemeler yapılmaktadır. Nano-boyaların geliştirilmesinin başlangıç aşamalarında faydaları ve dezavantajları analiz etmek, riskleri azaltmak ve fırsatları değerlendirmek için hayati öneme sahiptir.

Nanoteknoloji, bozulmuş bağlayıcılar nedeniyle oluşan dökülen boya sorunlarına yönelik çözümler sunarak sanat eserlerinin korunmasına yardımcı olur. Kullanımı kolay olmasına rağmen, geleneksel sentetik polimerler, yüzeylere zarar vererek ve zamanla bozularak sanat eserlerine zarar verebilir. Restoratörler, Mayapan, Cholula ve Nazareth'teki Müjde Bazilikası (Annunaciation Basilica) gibi duvar resimlerinden sorunlu polimerleri çıkarmak için ester ve yüzey aktif maddeler içeren su bazlı mikroemülsiyon sistemlerine yönelmişlerdir. Nanometre boyutundaki ester kaplar, dökülen kaplamalarla etkili bir şekilde etkileşerek, orijinal boya yoğunluğunu bozmadan onların çıkarılmasını kolaylaştırır.

Sanat restorasyonlarında, kalsiyum hidroksit ve silika gibi sert, stabil inorganik nanopartiküllerin yanı sıra nanodamla emülsiyonları kullanılmaktadır. Küçük boyutları ve güçlü yüzey etkileşimleri nedeniyle kalsiyum hidroksit nanopartikülleri, gözenekli yüzeylere etkili bir şekilde nüfuz eder. Bu partiküller, nesne gözenekleri içinde atmosferik karbondioksit ile reaksiyona girer ve mekanik özellikleri geri kazandırmak için kalsiyum karbonata dönüşür. Bu süreç, orijinal sanat eserlerinin gelecekteki keyif için korunmasını sağlar. Nanoteknoloji, sanat restorasyonu ve korunması için heyecan verici olanaklar sunmaktadır. Ancak, yaygın kullanıma geçilmeden önce çevresel ve sağlık etkileri dikkatlice değerlendirilmelidir. Silika bazlı taş eserlerden nanopartikül salınımını kontrol etmek için implantasyon teknikleri kullanılır, bu da yüzeylere stabil bir şekilde bağlanmasını sağlar. Nanopartiküllerin silika bazlı gruplarla işlevselleştirilmesi, taşlarla füzyonu kolaylaştırır. Sanat restorasyonunda nanoteknolojinin gelecekteki gelişimi büyük bir potansiyel taşımakta ve yakından gözlemlenmeyi gerektirmektedir.

### Sanat Gözlemi için Sınıf Aktiviteleri

#### 1. Lahana ile pH Kağıdı Yapımı

(Kaynak: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://susnano.wisc.edu/wp-content/uploads/cabbage-paper-instructions2.pdf](https://susnano.wisc.edu/wp-content/uploads/cabbage-paper-instructions2.pdf))

Bu deneylerde öğreneceğiniz bilim kavramları:



## 1. Asit/baz/pH

## 2. Bitkiler kimyasal içerirler ve renk, diğer kimya kavramları için bir gösterge olabilir.

Arkaplan: Bazı meyveler, sebzeler ve çiçekler neden bu kadar canlı renklere sahip, hiç düşündünüz mü? Cevap KİMYASALLAR! Bitkiler, kendilerini zararlı böcekler ve bakterilere karşı korumak, belirli otoburları (bitki yiyenler) yemelerini teşvik etmek ya da caydırmak ve bitkiyi zararlı güneş ışığına ve aşırı sıcaklıklara karşı korumak için çeşitli doğal pigmentler içerir! İnsanlar olarak, bitki renklerinin güzelliklerinden daha fazlasını takdir edebiliriz. İlk olarak, bu farklı renklerdeki meyve ve sebzeleri yemek, birçok farklı besin (sizin için sağlıklı olan kimyasallar için başka bir kelime) yediğinizi gösterir. Bitkiler, bazıları renkli olan çeşitli vitaminler, mineraller ve antioksidanlar içerir. Çeşitli bitki pigmentleri vardır, ancak en bilinenlerinden bazıları karotenoidler (kırmızı, turuncu ve sarı renkler), antosiyaninler (kırmızı, mavi ve mor) ve elbette klorofil (yeşil)dir. Ancak insanlar olarak, bitki renklerini bitkilerin kimyasal özelliklerini göstermek için de kullanabiliriz. Örneğin, bir muz düşünün. Muz kabukları parlak yeşilden sarıya ve koyu kahverengine kadar renk değiştirebilir. Belirli bir renkteki muz tercih ettiğinizde, farklı bir olgunlaşma aşamasında olan bir muz seçmiş olursunuz. Olgunlaşma sırasında meyvede birçok kimyasal değişiklik meydana gelir—daha yumuşak hale gelir (tüm hücrelerin duvarlarının yapısındaki değişiklikler), daha tatlı hale gelir (nişastanın şekere kimyasal dönüşümü) ve renk değişikliği meydana gelir (klorofilin parçalanması ve antosiyanin veya karotenoid üretimi). Kimya kavramlarını göstermek için sürekli olarak renk kullanırız! Tıpkı sizin gibi, bilim insanları da laboratuarda araştırma yaparken farklı kimyasal özellikleri göstermek için renk kullanabilirler.

İhtiyaç duyacağınız malzemeler:

- Kırmızı lahana
- Keskin bir bıçak
- Kesim için bir yüzey
- Su
- Ocak ve tencere
- Kağıdı kurutmak için vir tepsi ya da kap
- Kağıt
- Beyaz sirke
- Karbonat
- Bardaklar





- Boya fırçası ya da bir başka boyama aleti
- Opsiyonel: temiz bardaklar

### Talimatlar:

1. Kırmızı lahanaya edin.
2. Kırmızı lahanayı olabildiğince ince dilimleyin.
3. Daha sonra, bir tencere veya yüksek kenarlı bir tavada, dilimlediğiniz lahanayı lahananın yarısını kaplayacak kadar su ile birleştirin (yaklaşık eşit miktarda lahanaya ve su).
4. Arada bir karıştırarak yaklaşık 10 dakika kaynatın. Lahanaya parlak mor rengini kaybedecektir ve su mor renge dönecektir. Bunlar lahanadan çıkan antosiyaninlerdir. Kimyaya laboratuvarında bu işleme ekstraksiyon denir çünkü antosiyanini lahanadan suya çekiyorsunuz. Daha fazla mor renk elde etmek için bu işlemi daha uzun süre kaynatabilirsiniz, ancak bir süre sonra verim azalır.
5. Lahanayı ve suyu soğumaya bırakın.
6. Lahananın ekstraktı oda sıcaklığına ulaştığında, kaynatılmış lahanadan mor veya maviye çalan suyu toplayın. Sıvıyı ve katıyı ayırmak için ince metal bir süzgeç kullanabilir veya bir spatula yardımıyla lahanayı geride tutarak yavaşça dökebilirsiniz.
7. Kağıdı boyamak için geniş, düz bir yüzey, örneğin bir sandviç saklama kabı veya bir fırın tepsi (eğer çok miktarda lahanaya suyunuz varsa) en iyi sonucu verir. Boyama için her türlü kağıt işe yarar. Evinizde su renkli kağıt varsa, bu kağıt daha fazla antosiyanin pigmentini hapsederek daha yoğun bir renk değişimi sağlar.
8. Kağıdınızı morumsu pigment sıvısına batırın. (Not: eğer lahanaya ekstraktınız mor değilse, büyük ihtimalle daha mavi renkte, bu haliyle kullanmak yine de uygundur. Ancak görsel sonucu iyileştirmek için biraz sirke karıştırarak arzu ettiğiniz mor rengi elde edene kadar devam edebilirsiniz.) 5 saniyeden daha uzun süre bekletmek renk yoğunluğunu artırmaz, bu yüzden hızlı bir dalış yeterlidir. Islak kağıdı kurumaya için bir kenara koyun. Kağıt tamamen kurumadan kullanılmamalıdır, bu yüzden kurutma sırasında her iki tarafın da kuru olduğundan emin olmak için arada bir çevirmeniz gerekebilir. Eğer boyama işlemi tamamlandıktan sonra bile daha yoğun bir renk değişimi istiyorsanız, kağıtlara lahanaya suyu püskürterek devam edebilirsiniz.
9. Kağıt kuruken bardaklardan birini az miktarda sirke ile doldurun (başlangıç için birkaç yemek kaşığı yeterli olacaktır) ve bir başka bardağı da su ve karbonat ile doldurun (yaklaşık çeyrek





bardak su için birkaç yemek kaşığı karbonat). Karbonat suda yeterince çözünmez (çözünürlük prensibi. Örneğin, sofr tuzu suda oldukça çözünürdür, ancak karabiber çözünmez). Karbonat ve suyu iyice karıştırın. Sonunda karbonat suyun dibine çökecektir ve bu bir sorun değildir. Bardaklardan birinde asit vardır, yani sirke. Diğeri de baz içerir, yani karbonat.

10. Kağıt kuruken renk değıştirme özelliklerini araştırmaya başlayabilirsiniz! Kalan lahana suyunu alın ve birkaç küçük bardağa dökün. Her bir bardağa farklı miktarlarda asit (sirke) ve baz (karbonat) ekleyin ve pembeden maviye bir gökkuşuğı yapmaya çalışın! Renkler koyu olursa, bir miktar su ekleyerek istediğiniz açıklığı elde edebilirsiniz.
11. Kağıt kuruduğunda ve mor rengini aldığında bir fırça ya da başka bir resim yapma aletini alın ve önce sirkeye batırarak kağıdı boyamaya başlayın. Rengin mordan pembeye döndüğünü göreceksiniz. Daha sonra fırçayı karbonatlı bardağa daldırın ve kağıdı boyayın. Bu kez farklı bir renk değışimi göreceksiniz, bu defa kağıdın rengi mordan daha yeşile ya da maviye dönecek. Lahana suyunu suya eklediğinizde mora nazaran daha mavi ise, suyunuz bazik olabilir. Eğer lahana suyunuz mor olduğu halde kağıda temas ettirdiğinizde maviye dönüyorsa, kağıdınızın da bazik özellikler taşıdığı anlamına gelir!
12. Şimdi istediğiniz resmi yapabilirsiniz!

## 2. Holografik Çikolata (5+ yaş)

(Kaynak: [chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://susnano.wisc.edu/wp-content/uploads/Chocolate\\_SciFest-Sept9.pdf](chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://susnano.wisc.edu/wp-content/uploads/Chocolate_SciFest-Sept9.pdf) )

Bu deneyin sonunda yenebilir sanat yapacaksınız!

### Malzemeler:

- Yağ
- Su
- Sabun (ya da alternatif olarak yumurta sarısı)
- Kapaklı boş su şişesi

### Yönergeler:

1. Şişeye bir miktar su koyun.
2. Suyu yağ ekleyin.
3. İki katmanı karıştırmak için şişeyi çalkalayın.
4. İki katmanın karışıp karışmadığını gözlemleyin.



5. Şişeye biraz sabun ya da yumurta sarısı ekleyin.

6. Karıştırmak için şişeyi çalkalayın.

7. İki katmanın karışıp karışmadığını gözlemleyin.

Gözlemimiz şöyledir: aynı şeyi mi gördünüz? • İki katmanın ayrı olmadığını gözlemledik, birbirlerine karıştılar – Emülsiyon oluşturduk!

Devam edin:

1. Izgara filmini, çikolatanızın olmasını istediğiniz şekil ve boyutta kesin.

2. Izgara filmini yağlı kağıdın üzerine "oluklu" tarafı yukarı gelecek şekilde yerleştirin. (Hangi tarafın oluklu olduğunu anlamak için, her iki tarafı da tırnağınızla hafifçe kazıyın. Eğer yüksek perdeli bir ses duyarsanız, o taraf olukludur.)

3. Çikolatanın dörtte birini küçük parçalara doğrayın.

4. Doğranan miktarın yarısını küçük bir kaseye aktarın.

5. Çikolata kasenizi mikrodalgada 5-10 saniye aralıklarla ısıtın (mikrodalga gücüne bağlı olarak, küçük aralıklar önerilir). Karışımı gerektiği kadar karıştırın.

6. Çikolata eridikten sonra (yaklaşık 110°F), kasenin içine doğranmış çikolatanın diğer yarısını ekleyin. İyi bir şekilde karıştırın. Katı çikolatanın eklenmesi sıcaklığı yaklaşık 93°F'ye düşürmelidir.

7. Çikolata kasenizi yaklaşık 5 saniye tüm çikolata eriyene kadar tekrar ısıtın.

8. Çikolatayı yağlı kağıdın üzerindeki ızgara filminin üzerine yayın ve katılaşmasını bekleyin.

9. Izgara filmini soyun ve çikolatanızın ışığı nasıl kırdığını görün!

### **Gözlemimiz şöyledir: Aynısını gördünüz mü?**

Çikolata katılaşırken, artık daha önce olduğu kadar lezzetli olan parlak ve renkli bir çikolataya sahip olmalısınız!

### **Açıklama:**

Holografik etkiler, çikolata katılaşırken ızgara filminin üzerindeki minik oluklardan kaynaklanır. Bu pürüzlülük, yüzeyden seken ışığı birçok farklı açıdan bükerek yansıtır - bu olaya kırılma denir. Işık açısının bükülmesi, ışığın dalga boyuyla orantılıdır, bu nedenle görünür elektromanyetik spektrumda kırmızı en uzun dalga boyuna sahipken, mor en kısa dalga boyuna sahiptir ve mor ışık kırmızı ışıktan daha fazla bükülür. Pürüzlü yüzeyin neden olduğu farklı bükülmeler, çikolataya holografik renkler verir.



### 3. Kromatografi

(Kaynak: <chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://susnano.wisc.edu/wp-content/uploads/Chromatography.pdf> )

Tanım: Kromatografi, bir karışımdaki maddelerin ayrılmasıdır. "Kromatografi" kelimesi, Yunanca "chroma" (renk) ve "graphy" (yazma veya kaydetme) kelimelerinden türetilmiştir. Kağıt kromatografisinde, ayrılma genellikle sıvı hareketli faz ve katı sabit faz (burada, kağıt) içerir. Maddelerin sabit veya hareketli faza olan daha büyük yakınlığına bağlı olarak, maddeler ayrılacaktır.

Malzemeler:

- Kağıt
- Makas
- Şeffaf bardak
- Keçeli kalem ya da renkli tükenmez kalem
- Su
- İspirto

Prosedür:

- Kağıdı, bardağa sığacak şekilde bir şerit halinde kesin.
- Bardağa su ve ispirotoyu 1:1 oranında dökün. Derinliği 1 inç olacak kadar dökün.
- Kağıt şeridin üzerine, kağıt bardağa yerleştirildiğinde sıvı tabakanın üstünde kalacak şekilde, suya paralel bir çizgi çizin.
- Şeridi bardağa yerleştirin ve buharlaşmayı yavaşlatmak için bardağın üstünü örtün.
- Mürekkebin ayrıştığını izleyin!



## Konu 6: NANOWARE Sonuçlarının Bilgisayar Bilimlerinde ve Teknoloji Derslerinde Kullanımı

Bilgisayar bilimi, bilgi ve hesaplamanın teorik temellerini ve bilgisayar sistemlerindeki uygulamalarını inceleyen bir alandır. Bilişsel bilimler, dilbilim, matematik, fizik, biyoloji, yer bilimleri, istatistik, felsefe ve mantık gibi çeşitli bilgisayarla ilgili disiplinler, bilgisayar (ilişkili) bilimleri bağlamında ele alınabilir. Dijital öğrenme platformları, oyunlaştırma yazılımları ve dijital veri yapıları, bilgisayar biliminin en tipik yazılım uygulama alanları arasındadır. Tüm bu uygulama alanları, yenilikçi ve teknolojik eğitim için ortaya çıkan araçlardır. Oyunlar insanları etkiler, öğrenmeyi eğlenceli hale getirir ve öğrencileri motive ederek dikkatlerini bir konu üzerinde yoğunlaştırmalarına ve odaklanmalarına yardımcı olur. Oyunlar, öğrencilerin daha iyi odaklanmalarını ve öğrenmelerini sağlar. Bir dersin hikaye olarak biçimlendirilip bir oyuna dönüştürülmesi, çocukların öğrenme performansını önemli ölçüde iyileştirebilir. Bilgisayar oyunları, görselleştirme, deney yapma ve yaratıcılık yoluyla öğrenmeyi geliştirir. Bilgisayar oyunlarındaki görselleştirme, keşif ve problem çözmede önemli bir rol oynar. Bilgisayar tarafından üretilen görselleştirmelerin verimliliği, öğrencilerin moleküler yapı gibi karmaşık bilimsel konuları anlamalarını artırır. Animasyonlar, simülasyonlar, görseller ve oyunlar aracılığıyla yapılan görselleştirme, öğrencilere bir kavramın veya bir sistemin nasıl çalıştığını görselleştirmelerine yardımcı olabilir.

Nanoware Projesinin ana sonuçları şunlardır:

1. Nanoware Eğitim Paketi, Nanoware müfredatını, sözlüğü ve çevrimiçi depoyu, Nanoware Eğitimciler Kılavuzu ve eğitim materyallerini kullanıcılara sunmak için bir Öğrenme Motivasyon Ortamı içerir.
2. Minecraft'ta eğitim zorlukları koleksiyonu ve eğitim zorlukları için kaynak paketlerini ve modları içerecek olan Nanoware Minecraft dünyası. (Minecraft Dünyası, ebeveynler ve öğretmenler için eğitim materyalleri ve kılavuzlar ile desteklenecektir.)
3. Nanoware Paketi'nin uygulayıcıları (ortaklar) ile benimseyenler (okul topluluğu) arasında açık bir iletişim kanalı sürdürmek ve Nanoware paketinin evrimini (düzeltici, iyileştirici, evolutif bakım) yönlendirmek için tasarlanmış bir sanal alan olan Nanoware Sanal Veri Deposu.

Görülebileceği üzere, Nanoware projesinin tüm ana sonuçları bilgisayar bilimlerinin yazılım uygulamalarıdır ve yazılım teknolojilerinin ürünleridir. Başlıca, ilkokul/ortaokul/lise bilim ve teknoloji derslerinde teknolojik öğretim materyalleri olarak kullanılabilirler. Ayrıca, bilgisayar bilimleri ve



teknoloji sınıfları sunan yükseköğretim kurumlarında en iyi bilgisayar yazılımı uygulamaları olarak da referans alınabilir ve incelenebilir.

Bilgisayar bilimi ve özellikle bilgisayar mühendisliği alanında, bilgisayar donanımı (ve ilgili elektronikler), bilgisayar yazılımına paralel bir alt çalışma alanıdır. Bilgisayar donanımı, alt bileşenlerden oluşan bir bilgisayar sisteminin yapısı olarak tanımlanan bilgisayar mimarisi ile yakından ilişkilidir. Çeşitli bilgisayar mimarileri vardır, en son olanları arasında mikrobilgisayarlar (güncel mikrobilgisayarlar/masaüstü bilgisayarlar vb.), tek kartlı mikrobilgisayarlar (tabletler, cep telefonları vb.) ve nano bilgisayarlar bulunur. Nano bilgisayarlar, hesaplamalar yapmak ve verileri manipüle etmek için nanotel, nanotüp veya kuantum noktaları gibi nanometre ölçekli bileşenler kullanır. Taramalı tünelleme mikroskobu, araştırmacıların tekil atomları hassasiyetle gözlemlemesine ve manipüle etmesine olanak tanıdığı için nano bilgisayarların gelişiminde kritik bir kilometre taşıdır. Nano bilgisayarlar, mekanik, elektronik, biyokimyasal veya kuantum nanoteknolojisi kullanılarak çeşitli yollarla inşa edilebilir. Nanoware Projesi'nin ana sonuçları, nanoteknolojiye odaklanan öğretim materyalleri sağlar ve bu materyaller nano bilgisayarların temel avantajlarını ve mevcut/gelecekteki kullanım alanlarını sağlayabilir. Aşağıda, bilgisayar bilimlerinde nanoteknolojiyle ilgili örnek videolara ait bağlantılar bulunmaktadır:

<https://www.youtube.com/watch?v=oCugfZEwj8>

<https://www.youtube.com/watch?v=bAd16XG91Ek>

<https://www.youtube.com/watch?v=2voX3fjMGjA>

<https://www.youtube.com/watch?v=-gdILnzYZEq>



## Konu 7: NANOWARE Sonuçlarının Beden Eğitimi ve Atletizm Derslerinde Kullanımı

Nanoteknoloji, stadyum zeminleri ve duvarlarındaki paslanmayı ve kusurları önleyen nano-filmlerle spor mekanlarını dönüştürmüştür, ayrıca nano-boyalara iç mekanları arındırır ve UV ışınlarına karşı koruma sağlar. Tenis raketleri ve bisikletler gibi spor ekipmanları, artırılmış performans ve dayanıklılık için nanopartikülleri kullanmaktadır. Tekstil endüstrisinde nanoteknoloji, konforundan ödün vermeden çok fonksiyonlu özellikler sunarak spor giyimini devrim niteliğinde değiştirmiştir.

Spor üreticileri, en son teknolojileri kullanarak sporcuların performansını artırmak için sürekli çaba göstermektedir. On yılı aşkın bir süredir, nanoteknoloji birçok spor markası ve şirketinin ürünlerinde anahtar bir bileşen olmuştur. Nanoteknolojinin sporculara rekabet avantajı sağladığı başlıca sporlara bir göz atalım.

Nanoteknoloji, golf dahil çeşitli disiplinlerde spor performansını devrim niteliğinde değiştirmiştir. Etkisi tenisten futbola ve ötesine uzanmakta olup, ekipmanları, güvenlik önlemlerini ve genel sporcu performansını dönüştürmektedir. Spor ekipmanlarına nanoteknoloji entegre edilerek, sporcular rekabet avantajı kazanmakta ve bir zamanlar ulaşılabilir olarak kabul edilen sınırları zorlamaktadırlar.

### **Tekstil Endüstrisinde Nanoteknoloji:**

Nanoteknoloji, tekstil endüstrisi üzerinde büyük bir etkiye sahip olup, bu endüstri esas olarak üç segmente ayrılmaktadır: nanolifler, nanokompozitler ve tekstilin nano bitirme işlemleri. Çapı 100 nm'den küçük olan nanolifler, büyük yüzey alanları ve mükemmel mekanik özellikler sunar, kano, bisiklet ve dağcılık gibi su geçirmez ve rüzgar geçirmez spor malzemeleri ve ayakkabılarda kullanılır. Elektroçekim ve elektrostatik çekim yöntemleri ile üretilen bu lifler, su direnci, nefes alabilirlik ve su buharı geçirgenliği sunar. Nano kil ve karbon nanotüpler gibi nanodolgu maddeleri içeren nanokompozit lifler, fiziksel ve mekanik özellikleri geliştirir, iletkenlik ve antibakteriyel faydalar sunar. Tenis raketleri ve beyzbol sopaları gibi spor ekipmanlarında kullanılır, dayanıklılığı ve performansı artırır. Kumaşlara uygulanan nano bitiş, su direnci, antibakteriyel aktivite ve UV koruması gibi özel özellikler kazandırır. Bu işlem, kumaşın nanopartikül öncülleri veya tekstil materyalinin varlığında sentezlenen nanopartiküllerle işlenmesini içerir. Nano kumaşlar, yüzme kıyafetleri, dalış elbiseleri ve dış giyim gibi spor giysilerinde kullanılır, su geçirmezlik, antibakteriyel etki ve UV koruması gibi özellikler sunar. Bu gelişmeler, sporcuların aktiviteler sırasında kuru kalmasını sağlamak için yüksek nem transfer özelliklerine sahip spor giyim tasarımında önemli bir rol oynar.



### **Spor Zeminlerinde Nanoteknoloji:**

Nanoteknoloji, özellikle stadyum zemin kaplamalarının geliştirilmesine yönelik tekstil endüstrisinde kritik bir rol oynamaktadır, bu kaplamalar sporcu performansını ve güvenliğini önemli ölçüde etkilemekte, aynı zamanda dayanıklılığı ve temizliği artırmaktadır. Spor salonu zeminlerine uygulanan nanomalzemeler, güçlü su ve yağ geçirmez özellikler sunarak temizliği garanti eder. Spor mühendisliği, SiO<sub>2</sub> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gibi nanokarbon ve nanometal oksitleri gibi nanomalzemeler kullanır. Kalsiyum karbonat nanopartikülleri poliüretan liflerle dağıtıldığında, spor çimlerinin uzama ve termal direncini artırır. Nanopartiküllerle işlenmiş koşu pistleri, mükemmel özellikler sergiler; bunlar arasında geri tepme esnekliği, sıkıştırılabilir iyileşme, elastikiyet, sertlik, dayanıklılık ile birlikte alevlenme, küf ve statik elektriğe karşı direnç bulunur. Deneysel kanıtlar, nano ile güçlendirilmiş saha pistlerinin normal poliüretan pistlere kıyasla iki kat mekanik güce sahip olduğunu öne sürmektedir.

### **Spor Giyim ve Spor Ayakkabılarında Nanoteknoloji:**

Nanoteknoloji, özellikle nanolifler, nanokompozit lifler ve nano-cilalı tekstillerin geliştirilmesi yoluyla, çok sayıda özelliği sunarak spor giyimde tekstil endüstrisini devrim niteliğinde değiştirmiştir. Çok sayıda kumaş şirketi, çeşitli spor giysileri oluşturmak için nanoteknolojiden yararlanmışır.

Nanoteknoloji, spor giyim ve ayakkabılarının özelliklerini, birkaç önemli alanda yoğunlaşarak büyük ölçüde iyileştirmiştir:

- Su geçirmez: Nanoteknoloji, suyun geçişini engellerken nem buharı difüzyonuna izin veren su geçirmez nefes alabilir kumaşların geliştirilmesini kolaylaştırmıştır. Elektroçekim teknikleri, mükemmel bariyer ve konfor özelliklerine sahip, ultra ince, esnek membranlar oluşturmak için kullanılmıştır, bu da dış mekan spor giysileri için idealdir.
- Antibakteriyel: Spor giysilerine gümüş nanopartiküllerin eklenmesi, mikroorganizmaların büyümesini ve hoş olmayan kokuları azaltan etkili antibakteriyel özellikler sağlamıştır. Gümüş nanopartikülleri, fiziksel aktiviteler sırasında giyen kişinin konforunu ve hijyenini sağlamak için mikrobiyal hücre zarlarına zarar verir.
- UV Koruma: TiO<sub>2</sub> ve ZnO gibi yarı iletken nanopartiküller, dış mekan sporları sırasında UV radyasyonu ile ilişkili cilt lezyonlarının riskini azaltacak şekilde etkili UV koruması sunar. Fonksiyonel çinko oksit poliüretan nanokompozit lifler içeren katmanlı kumaş sistemleri hem UV koruması hem de antimikrobiyal özellikler sağlar.



- Kendi kendini temizleme: Nanoteknoloji kendi kendini temizleme özelliklerine sahip spor giysileri ve dağcılık çadırlarının üretilmesini sağlamıştır. TiO<sub>2</sub> ve ZnO gibi fotokatalitik nanopartiküller, ışık altında leke ve kirleticileri parçalayarak kendi kendini temizlemeyi kolaylaştırır.
- Sıcak ve Soğuktan Koruma: Tekstiller içine dahil edilen faz değişim malzemeleri (PCM'ler) termal düzenleme sunar; fiziksel aktivite sırasında fazla vücut ısısını emer ve gerektiğinde serbest bırakır, böylece ekstrem hava koşullarında konfor sağlar.
- Nem Yönetimi: Nanoteknoloji, spor giysilerinde nem taşıma özelliklerini geliştirir, teri ve nemi ciltten kumaş yüzeyine aktararak hızlı buharlaşmayı kolaylaştırır. Plazma teknolojisi ve elektroçekilmiş nanolifler, spor aktiviteleri sırasında nem transferini ve konfor seviyelerini iyileştirir.
- Kan Dolaşımını ve Kas İyileşmesini Artırma: Germaniyum ve seramik tozları içeren uzak kızılötesi radyasyon malzemeleri, fiziksel aktiviteler sırasında kan dolaşımını ve kas iyileşmesini teşvik eder, diz bandajları ve dirsek destekleri gibi spor giysilerinde terapötik faydalar sunar (Bilgilendirici kaynak & PPT: <https://slideplayer.com/slide/6100647/> ).

#### **Etkinlik: Araştırma ve Sunum**

- Öğrencileri küçük gruplara ayırın ve her gruba sporlardaki nanoteknolojinin belirli bir yönü, örneğin nanolifler, nanokompozit lifler, nano-cilalı tekstiller veya spor zeminlerinde nanoteknoloji gibi konular atayın.
- Takımlardan, atandıkları konuyla ilgili makaleler, videolar ve araştırma makaleleri gibi kaynaklar için araştırma yapmalarını isteyin ve gruplara konularını derinlemesine araştırmaları için talimat verin, nanoteknolojinin nasıl kullanıldığına, faydalarına ve spor performansı ve güvenliği üzerindeki etkisine odaklanmalarını sağlayın.
- Her grubun bulgularını sınıfla paylaşacakları bir sunum hazırlamalarını isteyin. Sporlarda nanoteknoloji kullanan ürün örneklerini, görsel yardımcıları ve diyagramları kullanmaları için teşvik edin.
- Her sunumdan sonra, öğrencilerin sorular sorabileceği ve sporlardaki nanoteknolojinin sonuçlarını tartışabileceği bir sınıf tartışması düzenleyin.





### 3. Referanslar

- Art Conservation and Nanotechnology. Sustainable Nano. Retrieved from <https://sustainable-nano.com/2017/05/12/art-conservation-and-nanotechnology/>
- Chocolate Experiment. Retrieved from [https://susnano.wisc.edu/wp-content/uploads/Chocolate\\_SciFest-Sept9.pdf](https://susnano.wisc.edu/wp-content/uploads/Chocolate_SciFest-Sept9.pdf)
- Chromatography. Retrieved from <https://susnano.wisc.edu/wp-content/uploads/Chromatography.pdf>
- Evolution of Nanotechnology in Sports Equipment. SportsVenue Technology. Retrieved from <https://www.sportsvenue-technology.com/articles/evolution-of-nanotechnology-in-sports-equipment#:~:text=Nanotechnology%20in%20sports%20equipment%20also,second%20counts%20towards%20the%20victory>
- Evolution Timeline of Nanoscience and Nanotechnology, Table 1, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6982820/table/molecules-25-00112-t001/?report=objectonly>
- How does STEM work? <https://stem.education.tas.gov.au/how-does-stem-work/>
- Locke Edward, Proposed Model for a Streamlined, Cohesive, and Optimized K-12 STEM Curriculum with a Focus on Engineering (2009) <https://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JOTS/v35/v35n2/locke.html>
- Nano at Home (2024, January, 24). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://susnano.wisc.edu/wpcontent/uploads/Chocolate\_SciFest-Sept9.pdf
- National Geographic, Nanotechnology, <https://education.nationalgeographic.org/resource/nanotechnology/>
- National Standards: STEM standards, <http://www.clexchange.org/curriculum/standards/stem.asp>
- New nanotechnology approaches for tuberculosis treatment. Nano Magazine. Retrieved from <https://nano-magazine.com/news/2017/7/7/228q4lr8rr5orforgaord750aqs26b>



- Paint.org. (2024, January, 24). Nanotechnology in the World of Paints and Coatings. CoatingsTech Magazine. Retrieved from <https://www.paint.org/coatingstech-magazine/articles/nanotechnology-in-the-world-of-paints-and-coatings/>
- Sampson, R. J., & Loeffler, C. (2016). Punishment's place: The local concentration of mass incarceration. *Criminology*, 54(2), 248-281. <https://doi.org/10.1177/1528083715601512>
- SlidePlayer. (2024). Nanotechnology in sports [PPT]. Retrieved from <https://slideplayer.com/slide/6100647/>
- Small Wonders, Endless Frontiers: A Review of the National Nanotechnology Initiative (2002), Chapter: 1. The Importance of Nanoscale Science and Technology, <https://nap.nationalacademies.org/read/10395/chapter/3#6>
- The New York Times Learning Network. (2001, April 6). When Arts, a Craft. Retrieved from <https://archive.nytimes.com/learning.blogs.nytimes.com/2001/04/06/when-arts-a-craft/>
- Why STEM practices should be taught across the entire curriculum (November 2017), <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871187122000037>

#### Videolar:

<https://www.youtube.com/watch?v=oCugfZEwgj8>

<https://www.youtube.com/watch?v=bAd16XG91Ek>

<https://www.youtube.com/watch?v=2voX3fjMGjA>

<https://www.youtube.com/watch?v=-gdILnzYZEq>