

# Görünenin Ötesinde:

Öğrencilerin Temel Kimya  
Konularıyla İlgili Kavram  
Yanılgıları



Vanessa Kind

Çevirenler

Ruhan Benlikaya,  
Özlem Karakoç Topal, Nevzat Konrat



# Görünenin Ötesinde:

Öğrencilerin Temel Kimya  
Konularıyla İlgili Kavram  
Yanılgıları

Vanessa Kind

Çevirenler

---

Ruhan Benlikaya,  
Özlem Karakoç Topal, Nevzat Konrat



**GÖRÜNENİN ÖTESİNDE: ÖĞRENCİLERİN TEMEL KİMYA KONULARIYLA İLGİLİ  
KAVRAM YANILGILARI**

**VANESSA KIND**

Çevirenler: Ruhan Benlikaya, Özlem Karakoç Topal, Nevzat Konrat

Bu kitap, Vanessa Kind'ın izniyle, *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas* (2<sup>nd</sup> Edition)'dan Türkçeye çevrilmiştir.

Genel Yayın Numarası: 398  
E-ISBN: 978-625-94545-4-2  
1. Basım Mart 2024

EFLATUN Basım Dağıtım Yayıncılık Danışmanlık Yatırım ve Tic. Ltd. Şti.©2024  
Efil©2024

Bu kitabın tüm hakları saklıdır.  
Herhangi bir şekil ya da yöntemle çoğaltılamaz.  
Sertifika No: 45550

**Genel Yayın Yönetmeni:** Serenay Dıraz  
**Grafik Tasarım:** Ferhat Önder  
**Kapak tasarımı:** Dr. Öğr. Üyesi Esra Aydın (BAUN Güzel Sanatlar Fakültesi)



**EFİL YAYINEVİ**

EFLATUN Basım Dağıtım Yayıncılık Danışmanlık Yatırım ve Tic. Ltd. Şti.  
Bağcılar Mahallesi Şemsettin Günaltay Caddesi 283. Sokak Ata Apartmanı  
No: 9/7 06670 Çankaya/Ankara Türkiye  
Tel : (+90) 312 442 52 10  
GSM : (+90) 541 232 00 46  
www.efilyayinevi.com

• [instagram.com/efilyayinevi](https://www.instagram.com/efilyayinevi)

• [twitter.com/efilyayinevi](https://twitter.com/efilyayinevi)

*21 Şubat 2022 Yılında Aramızdan Ayrılan  
Sayın Nevzat Konrat'ın Anısına...*

## TEŞEKKÜR

*Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas (Görünenin Ötesinde: Öğrencilerin Temel Kimya Konularıyla İlgili Kavram Yanılgıları)* başlıklı raporun Türkçeye çevrilmesine izin veren Sayın Prof. Vanessa Kind'a, basım öncesi çevirinin anlaşılabilirliğiyle ilgili dönütleri için Balıkesir Üniversitesi (BAUN) Necatibey Eğitim Fakültesinden Sayın Dr. Öğr. Üyesi Güliz Şahin'e ve Kimya Öğretmeni Sayın Dr. Anıl Öztekin'e, kitap kapağının tasarımı için BAUN Güzel Sanatlar Fakültesinden Sayın Dr. Öğr. Üyesi Esra Aydın'a, kitabın basıma hazır haline gelmesinde emeği geçen Efil Yayınevi Genel Yayın Yönetmeni Sayın Serenay Dıraz ve ekibine teşekkür ederiz.

# ÖNSÖZ

2001-2002 yıllarında BAUN Necatibey Eğitim Fakültesi Kimya Eğitimi Bölümünde açılacak olan “Kimyada Yanlış Kavramalar” dersi için içerik hazırlanması gerekiyordu. Görünenin Ötesinde: Öğrencilerin Temel Kimya Konularıyla İlgili Kavram Yanılgıları raporunun 1. baskısını o zaman yine birlikte çevirmiştik. Ders yıllarca bu rapor temelinde yürütüldü. 2004 yılında 2. baskısı yayınlandığından çok sonra habermiz oldu. Hastalıklar, pandemi ve afetler derken çevirinin yayın aşamasına gelmesi biraz zaman aldı. Kitap olarak çevirdiğimiz bu rapor, temel kimya konularında çeşitli öğretim düzeylerindeki kavram yanılgılarını, nedenlerini, konulara özgü öğrenme zorluklarını ve etkinlik önerilerini kapsamaktadır. Birçok kavram yanılgısı çok temel düzeyde örnekleriyle ve nedenleriyle açıklandığı için bu yanılgıları düzeltmek isteyen eğitimcilerin işini kolaylaştırmaktadır, bizlerin öyle oldu... Bu nedenle bu kitabın özellikle akademisyenlerin yanı sıra öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının da çok rahat anlayabileceği ve faydalanabileceği temel bir kaynak olacağını düşünmekteyiz.

Vanessa Kind’in raporunun Türkçeye çevrilmesine izniyle eklediğimiz birkaç dipnot<sup>(4, 7, 9, 13, 14, 17)</sup> dışında sadık kaldık. Maddenin Tanecikli Yapısı ile ilgili 2. bölümde “tanecikler arasında bağlar veya kuvvetler vardır” başlığına, Hal Değişimleri ile ilgili 3. bölümde “çekimler” ya da “çekme kuvvetleri” gibi tabirler yerine “moleküller arası bağlar” teriminin kullanılması üzerine yapılan öneri sonrasında Kimyasal Bağlar ile ilgili 10. bölümde “diğer moleküller arası bağlar”, “dipol-dipol bağları” vb. ifadelere aynen raporda olduğu gibi yer verilmiştir. Bu nedenle kitabın bütünsel bir bakış açısıyla ele alınması ortaya çıkabilecek olası kafa karışıklıklarının önüne geçecektir. Ayrıca 3. bölümde geçen “geri dönebilirlik” kavramı ile anlatılmak istenen, “suyun dondurulabileceği ve tekrar eriyip suya dönüşeceği” ifadesinde açıkça görülebildiği gibi “döngü” kavramıdır. Kitapta yer alan “son zamanlarda”, “bu konu çok az sayıda araştırmacının dikkatini çekmiştir”, “hiç çalışma yapılmamıştır” gibi ifadeleri raporun 2004 yılına ait olduğunu unutmuyarak değerlendirmek uygun olacaktır.

Kitap ile ilgili yayınevi arama sürecinde ekibimizin değerli üyesi Sayın Nevzat Konrat’ı akciğer kanserinden kaybettik. Onu, kitaptaki “devinim, uzam, veçhe” gibi güzel dokunuşlarıyla her zaman hatırlayacağız. Nurlar içinde yatsın...

Mart, 2024  
Ruhan Benlikaya & Özlem Karakoç Topal

## TÜRKÇE ÇEVİRİ İÇİN ÖNSÖZ

*Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*'ın (Görünenin Ötesinde: Öğrencilerin temel kimya kavramlarıyla ilgili kavram yanlışları) ortaya çıkışı, öğrencilerin kavramsal olarak zor olan konuları anlamalarına yönelik uluslararası araştırmalara, fen öğretmenlerinin dikkatlerini çekmenin en iyi yolunu bulmak amacıyla 1990'ların sonlarında, Londra'daki Kraliyet Kimya Topluluğuyla (Royal Society of Chemistry) yapılan tartışmalara dayanmaktadır. Öğrencilerin yanlış anlamaları ya da "kavram yanlışları" öğrenme için ciddi bir engel olabilir, ilgiyi sınırlayabilir ve ilerlemeyi engelleyebilir.

Kitabın ilk baskısını öğrencilerin on bir kimya konusuyla ilgili kavram yanlışları üzerine yapılmış olan araştırmaların bir derlemesi olarak hazırladım. Kitapta ele alınanlar: maddenin halleri, tanecik kuramı, hal değişimleri, element, bileşik ve karışımları ayırt etme, fiziksel ve kimyasal değişim, açık ve kapalı sistemlerdeki kimyasal olaylar, asitler, bazlar ve nötralleşme, stokiometri, kimyasal bağlar, termodinamik ve kimyasal denge konularıydı.

*Beyond Appearances*'ın ilk baskısı 2000 yılında çevrim içi olarak yayımlandı. 2004 yılında Mexico City'deki National Üniversite'den José Antonio Chamizo Guerra, Orta ve Güney Amerika'da yayımlanmak üzere çalışmanın İspanyolcaya çeviri haklarını talep etti. 2000-2004 yılları arasında konuyla ilgili araştırmamı sürdürmüştüm. Elde ettiğim verileri ilk çalışmaya dâhil ederek ve ücretsiz olarak erişilebilir durumda [BeyondApp2nded.doc (rsc.org)] olan 2. baskıyı hazırladım. Bu baskı şimdi de Balıkesir Üniversitesi'nden Profesör Ruhan Benlikaya önderliğinde Türkçeye çevrildi.

*Beyond Appearances*'ın dayanağı, 11-18 yaşlarındaki öğrencilerin birçoğunun, söz konusu soyut fikirleri öğrenmeye çabalarırken kimya konuları hakkında kavram yanlışlarına sahip olma olasılıklarıdır. Bu çalışma en önemli kavram yanlışları hakkındaki araştırmaları -eğer varsa- bunların kaynaklarına ilişkin göstergelerle birlikte açıklamakta ve tartışmaktadır. Kimyayı oluşturan kavramların iyi bir şekilde ve kimyasal olarak doğru anlaşılmasını sağlamak öğretmenler için kolay değildir. Öğretmenleri desteklemek için çoğu bölümün sonunda etkin-

lik önerileri bulunmaktadır. Bunlar eğitsel ortamlarda denenmiş ve test edilmiştir. Aynı zamanda daha da geliştirilebilir önerilerdir. Son tartışma gelecekteki araştırmalar için önerilerde bulunur.

*Beyond Appearances*'ın ilk baskısından yirmi yıldan fazla bir süre sonra çalışmanın kimya öğretmenleri için yararlı ve değerli olmaya devam etmesinden gurur duyuyorum. Umarım bir öğretmen olarak faydalı bulursunuz.

Profesör Vanessa Kind

School of Education University of Leeds

Temmuz, 2023



# İÇİNDEKİLER

## BÖLÜM 1

<b>1. MADDENİN HALLERİ.....</b>	<b>3</b>
1.1. Naif bir madde görüşü.....	3
1.2. Gazlar .....	4
1.3. Maddenin özelliklerine ilişkin naif düşünceler.....	5
1.4. Öğretime yönelik çıkarımlar .....	6

## BÖLÜM 2

<b>2. ÖĞRENCİLERİN MADDENİN TANECİKLİ YAPISI HAKKINDAKİ DÜŞÜNCELERİ .....</b>	<b>8</b>
2.1. Her madde ayrık taneciklerden oluşur.....	8
2.2. Tanecikler sürekli ve gelişigüzel bir devinim içindedirler .....	10
2.3. Tanecikler arasındaki uzam “boş”tur.....	10
2.4. Tanecikler arasında bağlar veya kuvvetler vardır .....	11
2.5. Temel zorlukların özeti.....	12
2.6. Önerilen etkinlikler .....	13

## BÖLÜM 3

<b>3. ÖĞRENCİLERİN HAL DEĞİŞİMİ İLE İLGİLİ DÜŞÜNCELERİ.....</b>	<b>16</b>
3.1. Gazların davranışları .....	16
3.2. Buharlaştırma .....	17
3.3. Yoğunlaşma.....	20
3.4. Erime .....	20
3.5. Donma.....	21
3.6. Temel zorlukların özeti.....	22
3.7. Önerilen etkinlikler .....	23

## BÖLÜM 4

### 4. ÖĞRENCİLERİN ELEMENTLER, BİLEŞİKLER VE KARIŞIMLAR ARASINDAKİ FARKLILIKLAR HAKKINDA DÜŞÜNCELERİ..... 25

- 4.1. Farklılıkların ayırt edilmesi .....25  
4.2. Öğretime yönelik çıkarımlar .....28

## BÖLÜM 5

### 5. KİMYASAL TEPKİMELERİN TANITIMI ..... 29

- 5.1. “Kimyasal tepkime” .....29  
5.2. O halde “Kimyasal değişim” nedir? .....31  
5.3. Madde nedir? Kimyasal terminolojiyi anlamak.....32  
5.4. Temel zorlukların özeti.....34  
5.5. Önerilen etkinlikler .....36

## BÖLÜM 6

### 6. ÖĞRENCİLERİN BELİRLİ KİMYASAL OLAYLAR HAKKINDAKİ DÜŞÜNCELERİ: KAPALI SİSTEMLER..... 40

- 6.1. Kapalı bir kap içindeki fosfor ve oksijen .....40  
6.2. Çökelme.....42  
6.3. Çözünme .....43  
6.4. Efervesan tabletin su içinde çözünmesi .....44  
6.5. Temel zorlukların özeti.....46  
6.6. Önerilen etkinlikler .....46

## BÖLÜM 7

### 7. ÖĞRENCİLERİN AÇIK SİSTEMDEKİ KİMYASAL OLAYLAR HAKKINDAKİ DÜŞÜNCELERİ ..... 49

- 7.1. Pas oluşumunun kaynağı .....49  
7.2. Bakır ve oksijen arasındaki tepkime.....50

7.3. Çelik (ya da demir) talaşının yanması.....	51
7.4. Mumun yanması .....	53
7.5. Bütanın yanması.....	55
7.6. Benzinin yanması.....	55
7.7. Temel zorlukların özeti.....	57
7.8. Önerilen etkinlikler .....	58

## BÖLÜM 8

<b>8. ÖĞRENCİLERİN ASİTLER, BAZLAR VE NÖTRLEŞME İLE İLGİLİ DÜŞÜNCELERİ .....</b>	<b>60</b>
8.1. Asitler, bazlar ve nötrleşme ile ilgili kavram yanılgıları.....	60
8.2. Temel zorlukların özeti.....	63
8.3. Önerilen etkinlikler .....	64

## BÖLÜM 9

<b>9. ÖĞRENCİLERİN STOKİYOMETRİ İLE İLGİLİ ZORLUKLARI.....</b>	<b>66</b>
9.1. Zorlukların bir nedeni: “Mol”ü tanımlama .....	66
9.2. Öğrencilerin matematiksel becerileri .....	67
9.3. Öğrencilerin tepkimeye giren madde miktarı ile ilgili düşünceleri .....	68
9.4. Araştırmacıların molün öğrenilmesine ilişkin önerileri.....	69
9.5. Temel zorlukların özeti.....	70
9.6. Önerilen etkinlikler .....	71

## BÖLÜM 10

<b>10. ÖĞRENCİLERİN KİMYASAL BAĞLARLA İLGİLİ DÜŞÜNCELERİ.....</b>	<b>74</b>
10.1. Kovalent bağlar.....	74
10.2. İyonik bağlar .....	76
10.3. Moleküller arası bağlar .....	80

10.4. Temel zorlukların özeti.....	83
10.5. Önerilen etkinlikler .....	84

## BÖLÜM 11

### 11. ÖĞRENCİLERİN TERMODİNAMİK HAKKINDAKİ DÜŞÜNCELERİ..... 88

11.1. Kimyasal bağlar oluştuğu zaman enerji açığa çıkar.....	88
11.2. Kimyasal tepkimelerde enerji korunur .....	89
11.3. Kimyasal tepkimelerde entropi bir maksimuma doğru artar ..	90
11.4. Temel zorlukların özeti.....	91
11.5. Önerilen etkinlikler .....	92

## BÖLÜM 12

### 12. ÖĞRENCİLERİN KİMYASAL DENGE KONUSUNDAKİ DÜŞÜNCELERİ..... 95

12.1. Kimyasal dengeyi öğrenmede ortaya çıkan sorunlar .....	95
12.2. Temel zorlukların özeti.....	99
12.3. Önerilen etkinlikler .....	100

## BÖLÜM 13

### 13. TARTIŞMA ..... 102 |

13.1. “Görünenin Ötesi”ne gitmek.....	102
13.2. 16 yaş öncesi kimya öğretimi için tutarlı ve güvenilir yöntemler geliştirin.....	102
13.3. Matematiksel becerileri geliştirmek .....	103
13.4. Gelecek araştırmalar için öneriler .....	104

### KAYNAKÇA ..... 105 |

### ÖZ GEÇMİŞLER ..... 117 |

## Giriş

“Görünenin Ötesinde” adlı bu çalışma öğretim ile ilgili önemli bir ihtiyacın giderilmesi amacıyla yazıldı. Öğrencilerin kimya derslerinde sıklıkla kavram yanlışlığına düştükleri öteden beri bilinen bir gerçektir ve buna yönelik olarak yapılmış bilimsel çalışmalar vardı. Londra’daki Kraliyet Kimya Derneği, yapılan bu çalışmaların derlenmesi gerektiği tespitinde bulundu. Söz konusu çalışmalar incelendiğinde kimya ile ilgili on bir konunun kavramsal açıdan öğrenciler için sorun teşkil ettiği görülüyor. Bu konuları şöyle sıralayabiliriz: maddenin halleri, tanecik kuramı, hal değişimleri, elementler, bileşikler ve karışımları birbirinden ayırt etme, fiziksel ve kimyasal değişim, açık ve kapalı sistemlerde kimyasal olaylar, asitler, bazlar ve nötrleşme, stokiometri, kimyasal bağ, termodinamik, kimyasal denge.

Bu çalışmanın halen internet üzerinden de erişime açık olan ilk baskısı yayımlandıktan sonra, bu yanlışlıkların önüne nasıl geçileceği üzerinde daha çok düşünme ve birçoğunu derslerde kullandığım yeni fikirler geliştirme fırsatını buldum. İkinci baskıyı yazma kararına, Meksiko’daki Ulusal Üniversiteden Jose Antonio Chamizo Guerrero’nun nazik çağrısı vesile oldu. İlk baskıyı İspanyolcaya çevirip Meksika’da yayımlamak istiyorlardı ama o baskıyı yazdığım tarihten bu yana dört yıl geçmişti. Bu yüzden özgün metni, öğretim stratejileri ve temel zorluklar üzerinde yapılan çalışmalarla birleştirerek güncellemeye karar verdim. İkinci baskı böyle ortaya çıktı.

“Görünenin Ötesinde”, 11-18 yaş arasındaki birçok öğrencinin, kimyayı oluşturan soyut fikirlere ısınmadıkları sürece, yukarıda belirtilen kavram yanlışlıklarına düşmelerinin olası olduğu ön kabulüne dayanıyor. Çalışmada en önemli yanlışlıklar betimleniyor ve bu yanlışlıklar mümkün olduğu ölçüde nereden kaynaklandıklarını gösteren belirtilerle birlikte tartışılıyor.

Kimyanın içerdiği kavramların iyi düzeyde ve kimyasal bakımdan doğru biçimde anlaşılmasını başarmak, öğretmenler için önemli bir sınavdır. Eğer bu husus ciddiye alınmazsa kimya pek çok kişi için gizemli bir alan olarak kalacaktır. Birçok bölümün sonunda bazı etkinliklerin önerilmesinin sebebi budur. Bu etkinlikler daha geliştirici fikirler sağlamayı amaçlamakla birlikte çoğu bir dizi eğitim ortamında denenmiş ve test edilmiştir.

En sondaki değerlendirme bölümünde gelecekteki çalışmalar için önerilere yer verildi. Diğer konuların yanında önemli bir ihtiyaç da işe yarayan yöntemi paylaşabilmek adına öğretmenlerin nasıl ğretim yaptıklarına dair bir kavrayış tesis etmek ve bunun pratiğini giderek daha çok geliştirmektir.

Vanessa Kind, 2004

# BÖLÜM 1

## 1. MADDENİN HALLERİ

### 1.1. Naif bir madde görüşü

Öğrencilerin günlük hayattaki deneyimleri, maddenin üçten daha fazla hali olduğunu düşünmelerine neden olur. Hayes (1979) bunu şu şekilde ifade etmiştir:

*“Maddenin demir, su, odun, et, taş, kum vb. farklı çeşitleri vardır ve bunlar katı, sıvı, toz, ezme, jel, hamur (slime), kâğıt benzeri farklı fiziksel hallerde bulunurlar. Demirin katı, suyun sıvı, kumun toz olması gibi her madde çeşidinin genellikle belli bir hali vardır, ancak bu bazen değişebilir. Örneğin pek çok madde eğer yeterince ısıtırsanız eriyecektir... ve diğerleri yanacaktır. Herhangi bir sıvıyı yeterince soğutursanız donacaktır. Her katı toz haline getirilebilir... Bir tozu katı hale getirmenin bilinen standart bir yolu yoktur.*

*Bazı katılar çürürler yani yavaş bir şekilde yararsız başka bir maddeye dönüşürler ya da olgunlaşırlar yani yavaş bir şekilde başka (yararlı) maddelere dönüşürler.” (s. 242-70)*

Stavy ve Stachel (1985), “katı” ve “sıvı” kavramlarının 5-12 yaş çocuklar tarafından nasıl algılandığını inceledi ve Hayes’in görüşünü destekleyen kanıtlar buldular. Çocuklar metallerin ve ahşabın tipik katılar olduğunu düşünmekteydiler. Onlara göre sertlik ve bükülmezlik özelliği taşımayan cisimler katı sayılamayacağı için bu imgeye uymayan katıları sınıflandırmak zordur. Söz konusu araştırmacılar, 12 ve 13 yaşındaki öğrencilerin %50’sinin hamur, sünger, kum ve şeker gibi sert olmayan katıların metal para, bardak ve tebeşirden farklı olduğunu düşündüklerini buldular. Çocuklar şunu demek ister gibiydi:

*“Katının halini ya da şeklini değiştirmek ne kadar kolaysa, onu katı olarak sınıflandırmak da o kadar zordur.” (s. 418)*

Su, diğer olası sıvılarıyla karşılaştırıldığında standart bir “sıvı”dır. Çocuklar akıtılabilen tozların da sıvı özelliklerini taşıdığını, fakat bir ıslaklık hissi vermediklerini buldular ve bu yüzden onları ayrıca sınıflandırdılar. Çocuklar suyu tipik bir sıvı olarak görüyorlar. Stavy ve Stachel, genel olarak çocukların yeni karşılaştıkları sıvıları katılara göre

çok daha kolay sınıflandırdıklarını keşfettiler. Belki de bunun nedeni sıvıların fiziksel özellikleri bakımından çok daha az çeşitlilik gösteriyor olmasıdır.

Yaklaşık 14 yaşına gelinceye kadar çocukların madde hakkında akıl yürütmek için yalnızca duyuşsal bilgiye dayandıkları görülmektedir. Maddenin özelliklerine ilişkin sorular cevaplanırken tanecikli yapı gibi soyut fikirler hemen kullanılmaz. Bu yüzden çocuklar da maddelerin sürekli olduğunu düşünmekte ısrar ediyorlar. Millar (1989), kendi madde kuramları onlara çok tutarlı ve mantıklı geldiği için çocukların tanecikli yapı fikrini kullanmaya gereksinim duymadıklarını öne sürmektedir. Bu iddia, öğrencilerin fikirlerinde değişiklik oluşturmaya yönelik çıkarımlar içermektedir.

## 1.2. Gazlar

Hava gibi yaygın biçimde deneyimlenen gaz karışımları görünmez oldukları için çocuklar gazları tanımlamakta bilhassa güçlük çekerler. Stavy (1988), bu görünmezliğin, çocukların spontane olarak bir gaz kavramı oluşturmalarını engellediğini ileri sürer. Daha önceki bir çalışmasında çocukların katıları ve sıvıları sezgisel olarak öğrendikleri tespitinde bulunan aynı araştırmacı, gazların özelliklerine ilişkin bilgi edinmek için ise onların öğretime ihtiyaç duydukları sonucuna varmıştır. Gazların Hayes'in tanımlamasında yer almaması da dikkat çekicidir.

Sére (1986), öğretime başlamadan önce 11 yaşındaki çocukların gazlara ilişkin düşüncelerini araştırdı ve bu çocukların gazları futbol topu, lastik tekerlek ve vantuz gibi nesnelerin kullanımı ve işlevi ile ilişkilendirdiklerini fark etti. "Sıcak hava yükselir" (ancak "soğuk hava alçalır" değil) ve "hava her yeredir" gibi ifadeler yaygın olarak kullanılmaktaydı. Ayrıca, "hava her yere yayılmak ister" örneğinde olduğu gibi, hava sıklıkla canlı olarak tanımlanmaktaydı. Bu fikirlerin esin kaynağı olarak cereyana ve rüzgâra maruz kalmak kadar evlerde kullanılan havalandırma sistemleri de gösterilebilir.



### 1.3. Maddenin özelliklerine ilişkin naif düşünceler

*“Madde kaybolabilir ama onun tadı ve kokusu geride kalır.”*

Maddenin davranışları hakkında çocukların ne düşündüklerini inceleyen Piaget ve Inhelder (1974), onların bu konudaki naif görüşlerini aşağıdaki gibi grupladılar:

- a. “Maddenin kalıcı hiçbir görünüşü yoktur. Şekerin suda çözünmesinde olduğu gibi madde gözden kaybolduğunda yok olmuş demektir.
- b. Madde, çeşitli rastlantısal özelliklerin bağımsız bir şekilde bulunabileceği bir yapıya sahiptir. Madde ‘kaybolabilir’ ancak özellikleri ondan tamamen bağımsız olarak varlığını sürdürebilir (şeker çözüldüğünde tadının kalması gibi).
- c. Kütle maddenin doğasına özgü bir özellik değildir. Maddenin herhangi bir kütlesi olmayabilir.
- d. Çözünme gibi basit fiziksel dönüşümler geri dönebilir olarak düşünülmemelidir.” (akt: Stavy, 1990a, s. 247)

Araştırma sonuçları bu ifadeleri desteklemektedir. Örneğin Russell ve arkadaşları (1989 ve 1990) yaşları 5 ile 11 arasında değişen çocuklardan, güneşli bir günün bitiminde büyük bir su tankındaki su seviyesinin azalmasının nedenini açıklamalarını istediler. Çocukların yaklaşık %45’i, “kaybolan” suyun nereye gittiğini açıklama gereği görmeden yalnızca kalan suya odaklandı. Bu çocuklara göre madde basitçe var olmayı sonlandırmıştı (‘a’ ifadesi).

Stavy (1990a), 9-15 yaş aralığındaki öğrencilerin kütle ve maddenin korunumu ile ilgili bilgi ve becerilerini inceledi. Çalışmada öğrencilere propanonun kapalı bir tüpte buharlaşması gösterildi. 9-10 yaş grubunun yaklaşık %30’u propanonun kaybolduğu sonucuna vardı (‘b’ ifadesi). 10-12 yaş grubunun %30’u da madde ortadan kaybolmuş olsa da kokusunun geride kaldığını düşünüyordu.

Prieto ve arkadaşları (1989) tarafından yapılan çalışmanın sonucuna göre 14 yaş grubunun %44’ü bir maddenin çözüldüğü zaman ortadan kaybolduğunu düşünürken, %23’ü bu olguyu hiçbir açıklama yapmadan yalnızca “ortadan kaybolmak” biçiminde nitelendirdi. Bu yaş gru-

bunun Stavy'nin (1990a) çalışmasında yer alan %40'ı ise propanonun görünmez bir hale geçtiği için kütlesinin olamayacağı düşüncesindeydi ('c' ifadesi).

Stavy (1990a) çalışmasında, maddenin tanecikli yapısı ile ilgili konular işlendikten sonra 15 yaşındaki öğrencilerin %65'inin propanonun buharlaşmasını geri dönebilir bir olay olarak düşündüklerini ve 13-14 yaşındaki öğrencilerde ise bu oranın %25 seviyelerinden %60'lara çıktığını tespit etmiştir ('d' ifadesi).

#### 1.4. Öğretime yönelik çıkarımlar

##### *Maddenin hallerinin öğretime naif görüşün etkisi*

Hayes ile Piaget ve Inhelder tarafından tanımlanan maddeye ilişkin naif görüşler, çocukların madde üzerinde akıl yürütmelerinde, öğretim için önem taşıyan şu üç kritik özelliğe dikkat çekmektedir:

- a. Çocukların akıl yürütmesi -bazı durumlarda duyuşal akıl yürütmeyi bazen de mantıksal akıl yürütmeyi kullanabilirler- tutarlı değildir.
- b. Maddenin görünür olmadığı durumlarda duyuşal deneyim ağır basmaktadır, bunun bir sonucu olarak da,
- c. 15 yaş ve üzerindeki pek çok öğrenci matematik gibi diğer alanlarda mantıksal düşünebildikleri halde madde hakkında hâlâ duyuşal akıl yürütmeye başvurmaktadır.

Tetkik edilen madde görünür kaldığında çocukların daha farklı şekilde akıl yürüttüklerini belirleyen Stavy'nin (1990a) çalışması da bu noktaları desteklemektedir. Propanon buharlaştığında görülemeyen bir gaz haline geçer, buna karşın iyot buharlaşırken görülebilen mor renkli bir gaz oluşturur. 9-15 yaşları arasındaki çocuklar, propanonla ilgili problemdeki gibi katı iyodun kapalı bir tüpe yerleştirilip ısıtılması durumunda nelerin olup bittiğine dair düşüncelerini açıkladılar. Bu defa çocukların %30-50'si maddenin kütlesinin değişmediğini fark ederken %70-95'i maddenin kendisinin korunduğunu düşündü. Bunlar, daha önce bahsedilmiş olan propanonla ilgili soruya verilen cevap oranları ile ters düşmektedir.

Stavy'nin çalışması, tanecik kuramını derslerinde gören 15 yaşındaki öğrencilerin %30-40'ının tanecik problemlerini çözmede hâlâ bu naif fikirleri kullandıklarını göstermektedir. "Çocukların Fen Bilimlerini Öğrenmeleri Projesi"nde (Children's Learning In Science, CLIS project) de benzer sonuçlar bulunmuştur. Çocukluktan itibaren uzun bir deneyim sürecinde edinilmiş olan bu naif madde görüşünün çocuklar tarafından terk edilmesi kolay değildir ve bu durum onların madde üzerinde tutarlı bir biçimde düşünmelerine engel olmaktadır. Bu yüzden her ne kadar bu çocuklar madde ile ilgili mantıksal ve soyut düşünmeyi şart koşan soruları doğru cevaplamak için gerekli niteliklere sahip olsalar da söz konusu naif görüşleri onları hatalı düşüncelere yöneltmektedir.

Maddeye ilişkin naif bir görüşte ısrar etmenin olası sonuçları, tanecik kuramının öğretilmesiyle ilgili tartışmada da belirtileceği gibi oldukça geniş kapsamlıdır ve bu sorunun giderilmesine yönelik öneriler ikinci bölümün sonunda verilmiştir.

## BÖLÜM 2

### 2. ÖĞRENCİLERİN MADDENİN TANECİKLİ YAPISI HAKKINDAKİ DÜŞÜNCELERİ

Bu konuda çok sayıda araştırma yapılmıştır <sup>1</sup>. Bu araştırmalardan elde edilen bulgular, tanecik fikrinin yeterince kavranmadığını, hatta farklı yaş gruplarından öğrencilerin yaklaşık %25'inin cevaplarında yalnızca maddenin sürekliliği fikrini kullandığını göstermiştir.

Bu bölümde, maddenin tanecikli yapısının dört temel ifadesi hakkında öğrencilerin düşünceleri ile ilgili kavram yanılgıları tartışılmaktadır:

- Her madde ayrı taneciklerden oluşur.
- Tanecikler sürekli ve gelişigüzel bir devinim içindedirler.
- Tanecikler arasındaki uzam boştur.
- Tanecikler arasında bağlar ya da kuvvetler vardır.

#### 2.1. Her madde ayrı taneciklerden oluşur

Öğrencilerin madde hakkındaki naif görüşü, “görmek inanmaktır” ilkesine dayanır. Tanecikler “çıplak gözle görülemedikleri” için maddenin davranışını açıklayan işlevsel bir model içinde var olmaları da gereksizdir. Novic ve Nussbaum (1981), temel öğrenme problemini tanımlarken şöyle diyorlar:

*“...bir öğrenci kendisini maddenin sürekli ve durağan bir yapıda olduğu düşüncesine iten dolaysız algılamaları aşmak zorundadır. Fiziksel dünyaya ilişkin eski naif görüşünü, bilim insanları tarafından benimsenen yeni bir modeli de kapsayacak biçimde uyarlamalıdır. Bu modeli içselleştirmek hem kavramsal hem algısal nitelikteki temel bilişsel zorlukları da aşmayı gerektirir.” (s. 187)*

---

1. Öğrencilerin maddenin tanecikli yapı teorisiyle ilgili düşüncelerine dikkat çeken çalışmalardan bazıları: Dow ve diğ. (1978), Brook ve diğ. (1984), Gabel (1993), Novick ve Nussbaum (1978 ve 1981), Mitchell ve Kellington (1982), Ben-Zvi ve diğ. (1986 ve 1987), Gabel ve diğ. (1987), Holding (1987), Johnson (1998), Meheut ve Chomat (1990) Sequeria ve Leite (1990), Haidar ve Abraham (1991), Johnston ve Driver (1991) Pereira ve Elisa (1991), Westbrook ve Marek (1991), Scott (1992), Benson ve diğ. (1993) and Lee ve diğ. (1993).

Araştırma sonuçları, öğretim yoluyla çocukların düşüncelerinde değişiklik yaratmanın gerçekten de mümkün olduğunu gösteriyor. 1978 yılında yaptıkları çalışmada Novick ve Nussbaum, 13-14 yaş grubunda olanların öğretim sonrasındaki gazlara ilişkin kavrayışlarını irdeledi ve yaklaşık %60'ının tutarlı biçimde tanecik fikrini kullandığını buldular. Bu oran, 18 ve üzerindeki yaşlarda %90'nın üzerine çıktı. 15 yaşındaki öğrencileri kapsayan CLIS projesinde (Brook, Briggs ve Driver, 1984), öğrencilerin maddenin üç halini içine alan sorulara verdikleri yanıtlarda, örneklemin yarıdan fazlasının, uygun şekilde tanecik fikrini kullandığı belirtilmiştir. Son zamanlarda, Novick ve Nussbaum'un çalışmasından esinlenerek yapılan öğretimde daha da yüksek oranlara ulaşılmıştır. Johnson (1998a), 11-14 yaş aralığındakilerin tanecik fikirlerini kavrama düzeylerini belirlemek için mülakata dayalı olarak uzun bir zaman diliminde gerçekleştirdiği çalışmasında, otuz üç öğrencisinden çoğunun iki yılı aşan bir sürede, madde konusunda bilimsel olarak doğru yanlar içeren bir tanecik modeline geçtiklerini tespit etmiştir.

Tanecik fikrini kullanmayan öğrenciler, bunun yerine maddelerin kütleli özelliklerini kullanabilirler. Örneğin, CLIS çalışmasında (Brook ve diğerleri, 1984), buz bloğunun sıcaklığındaki değişme ile ilgili soruya verilen cevap aşağıdaki gibidir:

*“Sıcaklık  $-1^{\circ}$  C'a yükselirse; buz, buz bloğunun giderek küçülmesine neden olarak erir.” (s. 57)*

Ve bir seyahat sırasında bir araba tekerleğinin basıncı hakkında varılan yargı şöyledir:

*“Bir araba hareket halindeyken tekerlekleri ısınmaya başlar ve bu, basınca neden olur.” (s. 35)*

Brook ve arkadaşları, maddenin yapısının sürekli olduğunu düşünen öğrencilerin verdiği cevapları “düşük-düzy makroskopik cevaplar” olarak adlandırıyorlar. Maddenin taneciklerden oluştuğunu anlayan birçok öğrenci, naif düşüncelerinden tamamen vazgeçemez. Bu yüzden, kütleli özellikleri taneciklerin kendisine atfeder:

*“Tanecikler hallerini (katıdan sıvıya) değiştirebilir, patlayabilir, yanabilir, genleşebilir, biçim ve renk değiştirebilir ya da büzüşebilirler.” (Happs, 1980, s. 9-14)*

Griffiths ve Preston (1992) küçük çaplı çalışmalarında benzer düşüncelere rastladılar. 18 yaşındaki öğrencilerin yaklaşık yarısı, su buharındaki moleküllerin, buza kıyasla daha büyük olduğunu düşünüyordu. Bu tür bir açıklama, maddenin tanecikli doğasını tam olarak anlama düzeyi ile naif düşünce düzeyi arasında bir “ara evre” gibi görünmektedir. Her ne kadar bazı öğrenciler bilimsel bir görüşü benimseyebilse de pek çok kişi bu ara evreden daha ileri gidemeyebilir.

## 2.2. Tanecikler sürekli ve gelişigüzel bir devinim içindedirler

Yapılan araştırmalar, sıvılardaki ve gazlardaki gelişigüzel tanecik devinimini anlamakta güçlük çekildiğini göstermektedir. Örneğin, Westbrook ve Marek (1991), yaklaşık 100 üniversite öğrencisini kapsayan ve bu öğrencilerden hiçbirinin boya difüzyonunu taneciklerin gelişigüzel devinimine atfetmediği bir çalışma gerçekleştirdiler.

16 yaş ve üzeri öğrenciler gaz taneciklerinin bir kap içinde eşit oranda dağıldığını kabul eder gibi görünseler de (Novick ve Nussbaum, 1981), “Bu tanecikler neden dibe çökmüyor?” diye sorulduğunda içlerinden ancak yarısı bu taneciklerin sürekli devinim içinde olduğunu ifade etti.

## 2.3. Tanecikler arasındaki uzam “boş”tur

Novick ve Nussbaum (1978, 1981), 13-14 yaşlarında İsraili ve 10-20 yaşlarında Amerikalı öğrencilerle yaptıkları çalışmalarında bu kavrayışı araştırdı ve tanecikler arasında boşluk olduğu tasavvurunun, öğrencilere hatırı sayılır ölçüde zorluk çıkardığını gösterdiler. Bu araştırmadaki daha genç olan grubun %25’i, her ne kadar tanecikler birbirinden bağımsız olsa da aralarındaki uzamın ya:

*“Toz ve diğer tanecikler; oksijen ve azot gibi diğer gazlar; hava, toprak, mikroplar; belki bir sıvı; bilinmeyen buharlar...”* (Novick ve Nussbaum, 1978, s. 276)

ile dolu olduğunu ileri sürdü ya da böyle bir uzamın mevcut olmadığını şu sözlerle ifade etti:

*“Bu tanecikler sıkışık bir ortamda bulunurlar—aralarında uzam yoktur” veya “Hiçbir yer tamamıyla boş değildir.”* (s. 276)

“Tanecikler arasında ne vardır?” sorusunu, 16 yaşındaki öğrencilerin yaklaşık %40’ı “buhar ya da oksijen” diye yanıtlarken %10-15’i “kirletici

bir madde” biçiminde cevap verdi. Yine bu uzam-doldurucu modele başvuran üniversite öğrencilerinin (Benson ve diğerleri, 1993) yaklaşık %33’ü “gaz taneciklerinin kendi aralarındaki göreceli miktardaki uzamı ciddi bir biçimde göz ardı etti” (s. 596).

Her yaştan öğrenci uzamı tasavvur etmekte zorlanmakta ve onu sezgisel yordamla bulduğu bir şey ile doldurmaktadır. Kendi naif madde görüşlerini oluştururken katılara ve sıvılara dair görünür ve duyuşsal bilgiye dayandıkları için, öğrencilerin, tanecikler arasında “hiçbir şey” olmadığını ileri süren bir modeli kabullenmekte zorlanmaları şaşırtıcı değildir.

#### **2.4. Tanecikler arasında bağlar veya kuvvetler vardır**

Öğrenciler, gazların davranışını açıklarken sürekli devinim olgusundan ziyade tanecikler arasındaki kuvvetler fikrine başvurma eğilimindedir. Novick ve Nussbaum (1978) tarafından yürütölen bir araştırmada 13-14 yaşındaki öğrencilerden kısmen boşaltılmış bir matara içindeki havayı gösteren bir resim çizmeleri istenmişti. Öğrencilerin büyük bir kısmı havayı mataranın kenarlarında ya da bir kütle halinde dibe çökmüş olarak çizdi. Havanın çok küçük taneciklerden oluştuğunu betimleyen diğerleri ise, tanecikleri öbekler halinde ya da mataranın yalnızca bir kısmını kaplar biçimde gösterdi. Bu resimler için yapılan açıklamalar arasında, “Tanecikler çekim kuvvetleri tarafından yerlerinde tutuluyor...” ifadesi de vardı (Novick ve (Novick ve Nussbaum, 1978, s. 277). Aynı araştırmacıların 1981 yılında yaptıkları çalışma ise, 16 ve üzeri yaşlardaki öğrencilerin yaklaşık %20’sinin, tanecikleri mataranın dibine düşmekten “tanecikler arasındaki itme kuvvetlerinin” alıkoyduğu düşüncesinde olduklarını ortaya koyacaktı. İtme ve çekme kuvveti düşüncesi, bir gaz içindeki tanecik hareketini kavramanın güç olduğunu teyit eder biçimde durağan tanecikleri kastetmektedir. “Çekme kuvvetleri” önerisi “öbeklenme” modelini desteklerken itme kuvvetleri fikri ise taneciklerin eşit dağılımını açıklamaktadır. Bir öğrencinin 14 ile 16 yaş arasındaki dönemde bir düşünceyi bırakıp diğerini benimseydiğini gösteren herhangi bir çalışma mevcut değildir. Gelgelelim, taneciklerin eşit olarak dağıldığı kabul edildiğinde çekme kuvvetleri fikrine gerek kalmadığı için, öğrenci bunun yerine yeni bir açıklama, örneğin itme kuvvetlerini kullanabilir. Bu fikirlerin yanı sıra mutlaka başka fikirler de vardır.

Brook, Briggs ve Driver (1984) çalışmalarında, 15 yaşındaki öğrencilerin önemli bir oranının, hava basıncını açıklayabilmek için gaz tanecikleri arasındaki çekme kuvvetlerini kullandığını tespit ettiler. Bazı öğrenciler, bu kuvvetlerin yeğinliğinin sıcaklığa bağlı olduğu düşünce-sindeydi. 15 yaş grubundaki diğer öğrenciler, bir madde katı haldeyken onun tanecikleri arasında kuvvetlerin mevcut olduğu fikrine katılmadılar (s. 74). Bu çalışmada, öğrencilerin, söz konusu kuvvetlerin gaz tanecikleri arasında da var olduğunu düşündüklerini gösteren herhangi bir bilgi yer almamaktadır. Gelgelelim, aralarında Engel Clough ile Driver (1986) ve Stavy'nin (1998) de olduğu araştırmacılar, öğrencilerin bu düşünceleri problemlere tutarlı olarak tatbik edemediklerini, bu yüzden aynı öğrencinin gaz tanecikleri arasında mevcut olarak düşünebildiği kuvvetleri, katı haldeki bir maddenin tanecikleri için tasavvur edemediğini bildirdiler.

Çekme ve itme kuvvetleri hakkında fikir yürüten öğrenciler, maddenin halleri ve kimyasal bağlanma gibi her ikisi de tanecikler arasındaki etkileşimle ilgili olan konulara dair bilimsel doğruluğa sahip düşünceleri öğrenmekte zorlanabilirler.

## **2.5. Temel zorlukların özeti**

Tanecik kuramı ve madde hakkında dört temel kavram yanlıgısı bulunmaktadır:

### **2.5.1. “Madde süreklilik arz eder”**

16 yaşındaki öğrencilerin küçük bir oranının, fiziksel ve kimyasal olayları açıklamada, geliştirilmiş tanecik modelini kullanması olasıdır. Maddenin sürekliliği modeli zihinlere öylesine güçlü bir biçimde yerleşmiştir ki öğretime rağmen bu naif görüşü terk etmeyen pek çok öğrenci yalnızca ilkel tanecik modelini kullanma eğilimindedir. Örneğin, 16 yaş grubundan bazı öğrenciler, gaz tanecikleri arasındaki uzamın ya mevcut olmadığını ya dolu olduğunu ya da ısıya maruz kalınca taneciklerin genişlediğini düşünüyor. Gaz taneciklerinin eşit oranda dağıldığını anlayan diğer öğrenciler, bu durumu açıklarken taneciklerin duran olduğunu ima edercesine, aralarında itme kuvvetlerinin mevcut olduğunu ileri sürüyor. Öğrencilerin çok küçük bir kısmı ise öğretilen tanecik fikrini hiç kullanmıyor, tanecik davranışı ile ilgili sorulara düşük-düzey makroskopik yanıtlar vererek madde ile ilgili naif görüşlerini bütünüyle sürdürüyor.



### 2.5.2. “Tanecikler arasındaki uzam doludur”

Novick ve Nussbaum (1978), şu sonuca vardılar:

*“Bu çalışmadaki öğrenciler tarafından tanecik modelinin en az zmsenen yanları, onların duyuşal madde algılarıyla en çok elişenlerdir.” (s. 280)*

Tanecikler arasında boş bir uzamın olduğuna dair tasavvur aslında sorunludur çünkü destekleyici duyuşal kanıttan yoksundur. Stavy (1990a) ile Benson ve arkadaşları (1993), görsel kanıtın öğrencilerin düşüncelerini değiştirmede yardımcı olabileceğini, çünkü naif modelin yetersizliğinin ancak o zaman belirgin bir hale geleceğini ileri sürdüler.

### 2.5.3. “Bağlar ya da kuvvetler taneciklerin nasıl hareket ettiğini açıklar”

Öğrenciler, gaz tanecikleri arasında çekme kuvvetlerinin bulunduğunu düşünebilir ve bu durumun gaz taneciklerinin niçin beklendiğini açıkladığı sonucuna varabilirler. Bir ğrenci daha sonra gaz taneciklerinin eşit oranda dağılımını itme kuvvetleri üzerinden açıklamak için bu düşüncesini değiştirebilir. Çelişkili bir biçimde, bir madde gaz halde iken kuvvetler mevcut olabilir ama katı halde iken olmayabilir. Bu düşünceler, kimyasal bağlanmayı anlamada öğrencilere güçlük çıkaracaktır.

### 2.5.4. “Tanecikler biçim değiştirebilirler”

Öğrenciler taneciklere makroskopik özellikler atfederler. Örneğin, tanecikler patlayabilir, yanabilir, bzşebilir, genleşebilir ve/veya şekil değiştirebilir. İlkel düzeydeki bu akıl yürütme bir kimyasal tepkimenin doğasını anlamaya engeldir.

## 2.6. Önerilen etkinlikler <sup>2</sup>

İngiltere’de tanecik modeli ile ilgili resm ğretim, ilk olarak KS3 (11-14 yaşları) döneminde başlamaktadır. Bu ğrencilerin ön bilgileri genellikle ilkokuldan kazanılan maddelerle ilgili bir dizi fikirden oluş-

---

2. Buradaki etkinlikler ilk olarak Barker’da (2001a) yayımlanmıştır.

maktadır. Öğretim, konuyu farklı açılardan ele alarak ve kavram yanlışlarının “güvenli” bir ortamda ifade edilmesi için fırsatlar sunarak çocukların fikirlerinin gelişmesine izin vermelidir.

### **2.6.1. Sorun hakkında “samimi” olun**

Taneciklerin çıplak göze görünmezliğinin, zihnimizin maddeleri süreklilik içinde görmesi anlamına geldiğini açık yüreklilikle kabullenin. Bilim insanlarının dahi yakın zamanlara kadar tanecikleri kavrayamadıklarını öğrencilere açıklayın: 19. yy’ın başlarında atom düşüncesi kabul edilmeden önce yaklaşık 2000 yıldır bu konu üzerinde çalışıyorlardı.

Buradan yapılması gereken çıkarım, eğer bilim insanlarının bu “keşfi” yapmaları bu kadar uzun sürdüyse, çocuklarımızın da düşüncelerini bir gecede değiştirmelerini beklemenin yersiz olduğudur. Çocuklar taneciklerin mevcudiyetini kolaylıkla kabul edebilirler fakat bu modelin maddenin davranışına ilişkin içerimlerini özümsemeleri epey bir zaman alacaktır.

### **2.6.2. Tanecikleri görselleştirin**

Taneciklerin ne ölçüde küçük olduğu hakkında çocuklara bir fikir vermek için onlara böcek ve normalde göremediğimiz bakteri, virüs gibi küçük varlıkların mikroskop görüntülerini gösterin. Bu organizmaların veya unsurların nelerden meydana geldiğini onlara sorun. Atomların bunlardan daha küçük olması gerekir! Atomlara bakmak için kullanılabilen özel bir mikroskop olan atomoskop fikrini ortaya atın ya da atomları görebilecek moleküler gözlüklere sahip olduklarını farz etmelerini isteyin. Atomlar acaba neye benzerdi? Çocuklara düşüncelerini sorun, bunun için çizimlerden de yararlanabilirsiniz. Ardından taramalı tünelleme mikroskopunu (Scanning Tunneling Microscope, STM) gerçek bir “atomoskop” olarak takdim edin. STM ile elde edilen resimleri gösterin. Çocukları bir bakır levhaya bakmaya davet edin ve baktıkları bu yapıyı oluşturan atomları tasavvur etmelerini isteyin. Onlardan, bu levhanın uçtan uca yaklaşık 80 kilometrelik bir mesafeyi kaplayacak biçimde sündürüldüğünü gözlerinde canlandırmalarını ve bir futbol, tenis ya da golf topunu kılavuz olarak kullanmak suretiyle levhadaki atomların büyüklüğünü tahmin etmelerini isteyin. Herkes tahminini söyledikten sonra söz konusu levhadaki bir atomun çapının

yaklaşık 1 cm'ye karşılık geleceğini belirtin (İngiltere'de "Maltesers" adı verilen şekerlemeler tam da bu büyüklüktedir). Bu kadar küçük olduğunu muhtemelen hiç kimse tahmin edemeyecektir.

### **2.6.3. Tanecik fikirlerini diğer konularla bütünleştirin**

Tanecik kuramı genellikle ayrı olarak öğretiliyor. Bu da diğer durumlarda öğrencilerin tanecik davranışını anlamasını zorlaştırıyor. Kimyasal tepkimeleri veya maddenin bir halden diğerine geçişini anlatırken tanecik terminolojisini kullanın; örneğin, yalnızca kütsel maddelere göndermede bulunan element isimlerini kullanmaktan çok "sodyum tanecikleri" ve "klor tanecikleri" gibi ibareleri tercih edin. Şimdilik bu kadarı yeterli olacaktır, atomlar ve moleküller arasındaki farklılıklar daha sonra sunulabilir. Bunu tanecik modelleri veya görüntüleri ile destekleyin. Taneciklerden ziyade kütsel materyallere vurgu yapan sözcük denklemleri yerine ilk fırsatta basit sembol denklemlerini kullanın.

### **2.6.4. Tanılayıcı sorulara başvurun**

"İnik bir bisiklet lastiğine veya bir futbol topuna hava basarsanız kütseli artar mı, azalır mı, yoksa aynı mı kalır?" gibi sorularla öğrencilere açıklama gerektiren durumlar sunarak onların düşüncelerini keşfedin. Öğrenciler doğru olduğunu düşündükleri cevabı seçmelidir. Daha sonra bu deneyi uygulayın. Kütselin artacağını göstermek için hassas bir terazi gerekir. Öğrenciler genellikle "gazların kütseli yoktur" gerekçeyle buradaki kütselin aynı kalacağı yönünde yanıtlar verecek, kütselin arttığını görünce de şaşıracaklardır. Bu yüzden, taneciklerin kütselinin olduğu fikrini aşılıyarak onların düşüncelerini uyarlamalarına yardımcı olun.

Bunun gibi örnekler, tanecik hareketi hakkında düşünmeyi teşvik edecek düzeyde genişletilebilir. Sıcak bir günde uzun süre güneşe maruz kalan bir lastiğin veya futbol topunun içindeki basınca ne olacağını sorun. Kütselin artıp artmayacağını tekrar sorun. Bu kez gaz ilavesi yapılmadığı için kütselde bir değişiklik yoktur ama söz konusu lastik ya da top sanki hava basılmış gibi sertleşmiştir. Öyleyse bu değişikliğin nedeni nedir? Uygun sorular ve cevaplarla öğrencileri, içindeki basıncın yükseldiği ve bunun sebebinin artan tanecik hareketi olduğu düşüncesine doğru yönlendirmeye çalışın.