

DALGA - TANECİK DUALİTESİ

DALGA - TANECİK DUALİTESİ ve DE BROGLİE DALGA BOYU

Işık hakkında ileri sürülen görüşler genel olarak iki farklı model şeklinde savunuldu. Bu modellerden birisine göre ışık tamamen dalga, diğerine göre de tamamen tanecik özelliği göstermekteydi.

Optik olayların açıklanmasında tanecik veya dalga modelinin tek başına yetersiz kalması, fizikçiler arasında yeni bir model arayışına neden oldu. Dalga ve tanecik özelliğinin birlikte olabileceği fikri, başta de Broglie olmak üzere, Heisenberg ve Schrödinger gibi modern fizikçiler tarafından kabul gördü. Tanecikli ve maddesel yapılar için geçerli olan "mekanik" kavramı bu fizikçiler tarafından dalga için de kullanıldı. Böylece **dalga mekaniği** veya **kuantum mekaniği** diye isimlendirilen, fizik biliminin yeni çalışma alanı ortaya çıktı. Bu alanda yapılan çalışmalar, atomun yapısını çok daha net bir şekilde ortaya koyduğu gibi, teknolojik birçok yeniliğe ışık tuttu.

Louis de Broglie 1923'te doktora tezi olarak ışığın doğasını inceledi ve "Işık, tanecik özelliği gösteriyorsa, neden tanecikler dalga özelliği göstermesin?" şeklindeki bir düşünceden yola çıkarak doğadaki simetriye dikkat çekti. Bu görüş o yıllarda herhangi bir deneysel veriye dayanmayan ancak devrim niteliğinde bir fikirdi. De Broglie'ye göre elektronlar tıpkı ışık gibi dalga - parçacık dualitesine sahipti ve her elektrona eşlik eden bir dalga vardı. De Broglie, bu çalışmalardan dolayı 1929 da Nobel Fizik ödülüne layık görüldü.



Louis de Broglie
(1892-1987)

De Broglie, elektronların dalga özellikleri üzerinde çalışma yapıp elde ettiği sonuçları tüm tanecikli yapılar için genelledi. Fotonun dalga boyunu hesaplayabilmek için Planck ve Einstein'a ait enerji eşitliklerini birleştirerek;

$$E_0 = h \cdot \nu \quad E_0 = m \cdot c^2$$

$$h \cdot \nu = m \cdot c^2 \quad \text{şeklinde bir eşitlik oluşturmuştur.}$$

Burada, frekans yerine $\nu = \frac{c}{\lambda}$ yazarak

$$\frac{h \cdot c}{\lambda} = m \cdot c^2 \quad \text{eşitliğini elde etmiş ve gerekli sadeleş-tirmeleri yaparak;}$$

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot c} \quad \text{sonucuna ulaşmıştır.}$$

Bu eşitlik bize hareket eden maddesel parçacıkların dalga gibi davranabileceğini göstermektedir. Aynı eşitlik parçacığın kütlesi m , hızı u olarak ele alındığında;

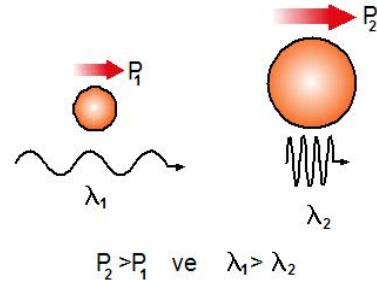
$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{m \cdot u} \quad \text{şeklini alır.}$$

Bu eşitlik **de Broglie bağıntısı** olarak bilinir ve maddenin ikili doğasını açıklar. Buradan kütlesi ve momentumu olan her cisme, bir dalganın eşlik edeceği sonucuna ulaşılır. Hareketli maddesel parçacıklara eşlik eden bu dalgalara mekanik ve elektromanyetik dalgalar-dan farklı olarak **de Broglie dalgaları** veya **madde dal-gaları** denir.

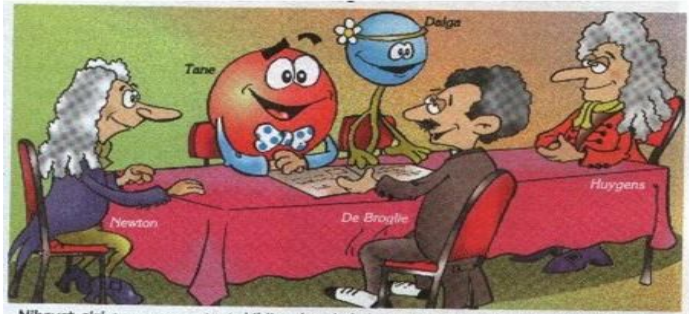
Bu bağıntı, dalga ve tanecik modelini birleştir-miştir. Çünkü momentum (P), tanecikli yapılar için geçerli olmasına rağmen, dalga boyu (λ), dalganın bir özelliğidir.

De Broglie'ye göre, **kütlesi ve hızı ne olursa olsun her maddesel yapı için kendisine eşlik eden dalgadan söz etmek mümkündür.**

De Broglie bağıntısına göre; bir taneciğin momen-tumu ne kadar büyükse, bu taneciğe eşlik eden dalganın dalga boyu o kadar küçüktür.



De Broglie ile başlayan ve daha sonra başka fizikçiler tarafından desteklenen modele göre ışık, herhan-gi bir optik olayda hem tanecik hem de dalga özelliği beraber göstermez; fakat bunların birisi baskın rol oynar. Örneğin, kırınım ve girişim olaylarında dalga özelliği baskın olurken, fotoelektrik ve Compton olaylarında tanecik özelliği daha etkin olmaktadır.



Nihayet sizi şu masaya oturtabildim. Atın bakalım şu imzayı da ömür boyu birlikte olun...

ÖRNEK-1 :

Kütlesi 10^{-29} gram olan bir fotona eşlik eden dalga boyu kaç Å dur?
($h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s ; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

(2,2 Å)

ÖRNEK-2:

Bir elektron $10\ 000$ m/s hızla uçmaktadır. Bu elektrona eşlik eden de Broglie dalga boyu kaç Å olur?

($m_e = 9 \cdot 10^{-31}$ kg ; $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s)

(733,3 Å)

ÖRNEK-3:

Hızı $3 \cdot 10^5$ m/ s olan bir elektrona eşlik eden de Broglie dalga boyu kaç Å dur?

($m_e = 9 \cdot 10^{-31}$ kg ; $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s)

(24 Å)

ÖRNEK-4:

Hızı 40 m/ s olan bir araca eşlik eden de Broglie dalga boyu kaç Å dur?

($m_a = 1,655 \cdot 10^3$ kg ; $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s)

(10^{-28} Å)

ÖRNEK-5:

Görünür ışığın ortalama dalga boyunu 5500 Å kabul ederek momentumunu hesaplayınız?

($h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s)

($1,2 \cdot 10^{-27}$ kg.m/s)

ÖRNEK-6:

$6u$ hızı ile hareket eden m kütleli A parçacığının de Broglie dalga boyu λ_A , $2u$ hızı ile hareket eden $3m$ kütleli B parçacığının de Broglie dalga boyu da λ_B dir. Buna göre,

a) $\frac{\lambda_A}{\lambda_B}$ oranı kaçtır?

b) Aynı yönde giderken iki parçacık esnek olmayan çarpışma yaptıklarında de Broglie dalga boyu λ_B nin kaç katı olur?

a) 1, b) 1/2

1. De Broglie dalga boyu $4,4 \cdot 10^{-9}$ m olan $3 \cdot 10^{-31}$ kg kütleli parçacığın hızı kaç m/s dir?
($h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s)
- A) $3 \cdot 10^6$ B) $2 \cdot 10^6$ C) 10^6 D) $5 \cdot 10^5$ E) $2 \cdot 10^5$
2. $6,6 \cdot 10^6$ m/s hızıyla hareket eden parçacığa eşlik eden de Broglie dalga boyu 10^{-9} m dir.
Buna göre, parçacığın kütlesi kaç gramdır?
($h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s)
- A) 10^{-29} B) 10^{-28} C) $5 \cdot 10^{-28}$ D) 10^{-27} E) $5 \cdot 10^{-27}$
3. Dalga boyu 5000 \AA olan fotonun momentumu kaç kg.m/s dir?
($h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s)
- A) $0,82 \cdot 10^{-27}$ B) $1,32 \cdot 10^{-27}$ C) $1,65 \cdot 10^{-27}$
D) $3,31 \cdot 10^{-27}$ E) $6,62 \cdot 10^{-27}$
4. Dalga boyu 3000 \AA olan fotonun momentumu kaç kg.m/s dir?
($h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s)
- A) $0,94 \cdot 10^{-27}$ B) $1,14 \cdot 10^{-27}$ C) $2,2 \cdot 10^{-27}$
D) $2,8 \cdot 10^{-34}$ E) $3,2 \cdot 10^{-34}$
5. Kütleli 1650 kg olan bir aracın hızı 144 km/h ise bu araca eşlik eden de Broglie dalga boyu kaç Å olur?
($h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s)
- A) 10^{-38} B) 10^{-32} C) 10^{-28} D) 10^{-24} E) 10^{-18}
6. Hızı $4 \cdot 10^5$ m/s olan bir elektrona eşlik eden de Broglie dalga boyu kaç Å dur?
($m_e = 9 \cdot 10^{-31}$ kg ; $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s)
- A) 18,3 B) 21,6 C) 36,6
D) 91,65 E) 183,3
7. De Broglie dalga boyu $3,3 \text{ \AA}$, kütleli $4 \cdot 10^{-31}$ kg olan parçacığın hızı kaç m/s dir?
($h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s)
- A) $2 \cdot 10^5$ B) $3 \cdot 10^6$ C) $5 \cdot 10^6$
D) $1 \cdot 10^7$ E) $1 \cdot 10^5$
8. De Broglie dalga boyu 4 \AA olan $3,3 \cdot 10^{-31}$ kg kütleli parçacığın hızı kaç m/s dir?
($h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s)
- A) 10^6 B) $5 \cdot 10^6$ C) 10^7
D) $2 \cdot 10^7$ E) $4 \cdot 10^7$

9. Momentumları P, 2P ve P/2 olan parçacıkların de Broglie dalga boyları sırasıyla λ_1 , λ_2 ve λ_3 tür.

$\lambda_1 = \lambda$ olduğuna göre, λ_2 ve λ_3 nedir?

	λ_2	λ_3
A)	2λ	$\lambda/2$
B)	$\lambda/2$	2λ
C)	λ	2λ
D)	$\lambda/2$	4λ
E)	λ	$\lambda/2$

10. r ve 2r yarıçaplı yörüngelerde dolanan elektronların açısal momentumları eşittir.

Bu elektronlara eşlik eden de Broglie dalga boyları sırasıyla λ_r , λ_{2r} olduğuna göre, λ_r / λ_{2r} oranı kaçtır?

- A) $\frac{1}{4}$ B) $\frac{1}{2}$ C) 1 D) 2 E) 4

11. De Broglie dalga boyları eşit olan iki parçacık için,

- I. Hızları eşittir.
II. Kütleleri eşittir.
III. Momentumları eşittir.

yargılarından hangileri kesinlikle doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

12. Hızları sırasıyla u_e , u_p , u_f olan bir elektron, bir proton ve bir fotonun de Broglie dalga boyları birbirine eşittir.

Buna göre; u_e , u_p , u_f arasındaki ilişki nedir?

- A) $u_f > u_p > u_e$ B) $u_f > u_e > u_p$
C) $u_f = u_p = u_e$ D) $u_p > u_e > u_f$
E) $u_f > u_p = u_e$

13. Özdeş iki parçacığa eşlik eden de Broglie dalgalarının dalga boyları arasındaki bağıntı $\lambda_1 = 3\lambda_2$ dir.

Bu kütlelerin kinetik enerjilerinin oranı $\frac{E_2}{E_1}$ kaçtır?

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 6 E) 9

14. Momentumlarının oranı $\frac{P_1}{P_2} = \frac{3}{4}$ olan iki maddenin

de Broglie dalga boyları oranı $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ kaçtır?

- A) $\frac{3}{4}$ B) $\frac{3}{2}$ C) 1 D) 2 E) $\frac{4}{3}$

15. Sabit hızla hareket eden 2 kg kütleli cismin kinetik enerjisi 1 joule dür.

Buna göre, cisme hareketi süresince eşlik eden de Broglie dalga boyu kaç m dir?

($h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s)

- A) $3,31 \cdot 10^{-34}$ B) $6,62 \cdot 10^{-34}$
C) $1,665 \cdot 10^{-34}$ D) $2,2 \cdot 10^{-34}$
E) $1,1 \cdot 10^{-34}$