



## Fresnel Eşitlikleri ve Yansıma Teorisi Deney Raporu

**Ad Soyad;** Celal Ekrem Torun - 0411230037

**Danışman:** Arş. Gör. Ömer Göksel ERBAŞ

Fizik Bölümü, İstanbul Üniversitesi

Beyazıt, Fatih, İstanbul, Türkiye

5 Mart, 2025

### 1. Amaç

Bu deneyin amacı, düzlem polarize ışığın bir yüzeye farklı açılarda yansıtılmasıyla meydana gelen polarizasyon dönüşümünü incelemek ve yansıyan ışık şiddetini ölçmektir. Ayrıca, elde edilen deneysel sonuçları Fresnel formülleriyle karşılaştırarak teorinin geçerliliğini test etmek ve yüzeyin kırılma indisini belirlemektir. Bu doğrultuda, dikey ve yatay polarize ışığın farklı geliş açılarında yansıma davranışlarını gözlemleyip, Brewster açısını deneysel olarak tespit etmek de deneyin amaçları arasındadır.

### 2. Teorik Bilgi

Işık, elektromanyetik dalgalar olarak modellenabilir ve bu dalgaların polarizasyonu, elektrik alan vektörünün yönü ile tanımlanır. Bir ortamdan diğerine geçişte, ışık hem yansıma hem de kırılma davranışı sergiler. Bu davranışlar, Fresnel eşitlikleri tarafından matematiksel olarak ifade edilir.

#### 2.1. Fresnel Eşitlikleri

Fresnel eşitlikleri, polarize ışığın bir yüzeyden yansıması ve kırılması sırasında meydana gelen şiddet değişimlerini açıklar. Bu eşitlikler, gelen ışığın polarizasyonuna bağlı olarak iki farklı formda ifade edilir:

##### 2.1.1. Dikey (s-polarize) Işık İçin

Gelen ışığın elektrik alan vektörü, geliş düzlemine dik olduğunda, yansıma katsayısı aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$r_s = \frac{n_1 \cos \theta_i - n_2 \cos \theta_t}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t}$$

Buna bağlı olarak, yansıma şiddeti:

$$R_s = |r_s|^2 = \left( \frac{n_1 \cos \theta_i - n_2 \cos \theta_t}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t} \right)^2$$

##### 2.1.2. Yatay (p-polarize) Işık İçin

Gelen ışığın elektrik alan vektörü, geliş düzlemine paralel olduğunda, yansıma katsayısı:

$$r_p = \frac{n_2 \cos \theta_i - n_1 \cos \theta_t}{n_2 \cos \theta_i + n_1 \cos \theta_t}$$

Yansıma şiddeti:

$$R_p = |r_p|^2 = \left( \frac{n_2 \cos \theta_i - n_1 \cos \theta_t}{n_2 \cos \theta_i + n_1 \cos \theta_t} \right)^2$$

Burada:

- $n_1$ : İlk ortamın kırılma indisi (genellikle hava için  $n_1 \approx 1$ )
- $n_2$ : İkinci ortamın kırılma indisi
- $\theta_i$ : Geliş açısı
- $\theta_t$ : Kırılma açısı (Snell Yasası ile  $n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t$  olarak hesaplanır)

#### 2.2. Brewster Açısı

Brewster açısı, yatay polarize ışığın (p-polarize) yansıma katsayısının sıfır olduğu açıdır. Bu durumda, yansıyan ışık tamamen dikey polarize olur. Brewster açısı şu şekilde hesaplanır:

$$\theta_B = \arctan \left( \frac{n_2}{n_1} \right)$$

#### 2.3. Snell Yasası

Işığın bir ortamdan diğerine geçişinde kırılma açısını veren Snell Yasası:

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t$$

#### 2.4. Optik Yoğunluk ve Kırılma İndisi

Bir malzemenin optik yoğunluğu, ışığın o malzeme içindeki hızını belirler. Kırılma indisi, ışığın boşluktaki hızının malzeme içindeki hızına oranıdır:

$$n = \frac{c}{v}$$

Burada:



- $n$ : Kırılma indisi
- $c$ : Işığın boşluktaki hızı ( $3 \times 10^8$  m/s)
- $v$ : Işığın malzeme içindeki hızı

### 3. Deneyin Yapılışı

1. Deney düzeneği kuruldu: ışık kaynağı, polarizör, cam yüzey ve fotodetektör yerleştirildi.
2. Işık kaynağından çıkan ışın bir polarizör yardımıyla önce dikey (s-polarize) sonra yatay (p-polarize) olarak polarize edildi.
3. Cam yüzey, ışık kaynağına göre  $0^\circ$  ile  $80^\circ$  arasında değişen açılarda konumlandırıldı.
4. Her bir açıda ve polarizasyon durumunda, yansıyan ışığın şiddeti fotodetektör yardımıyla ölçüldü.
5. Elde edilen şiddet değerleri kaydedildi ve bu değerler kullanılarak grafikler oluşturuldu.
6. Brewster açısını belirlemek için, p-polarize ışığın yansıma şiddetinin minimum olduğu açı tespit edildi.
7. DeneySEL sonuçlar, Fresnel eşitlikleri kullanılarak hesaplanan teorik değerlerle karşılaştırıldı.

### 4. Ölçüm Sonuçları

Açı ( $^\circ$ )	Dikey Polarizasyon (I)	Yatay Polarizasyon (I)
0	37	124.3
10	3.3	120
15	2.5	120
20	2	110
25	2.3	96
30	2.5	120
40	2.3	80
45	2.6	43
50	2.5	5
52.5	2.3	4
55	2	1.1
57	2.4	2.3
58	4.3	1.4
60	2.2	2.6
65	6.6	28
70	9.7	105
75	15.2	126
80	19.7	125

Table 1: Farklı geliş açıları için dikey ve yatay polarize ışık şiddetleri.

Polarizasyon Açısı ve Işık Yoğunluğu

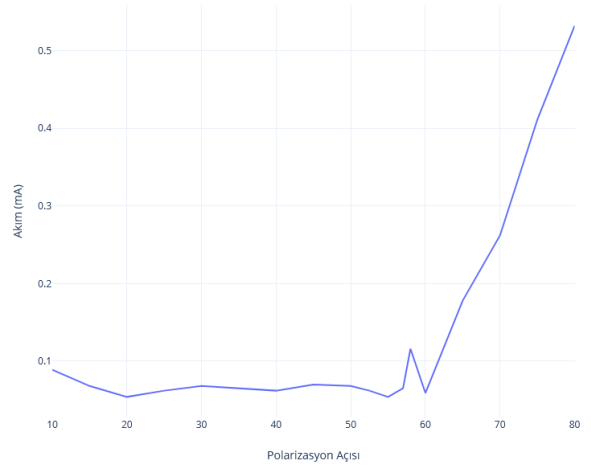


Figure 1: Dikey Polarizasyon için Yansıma Şiddeti - Açı Grafiği

Polarizasyon Açısı ve Işık Yoğunluğu

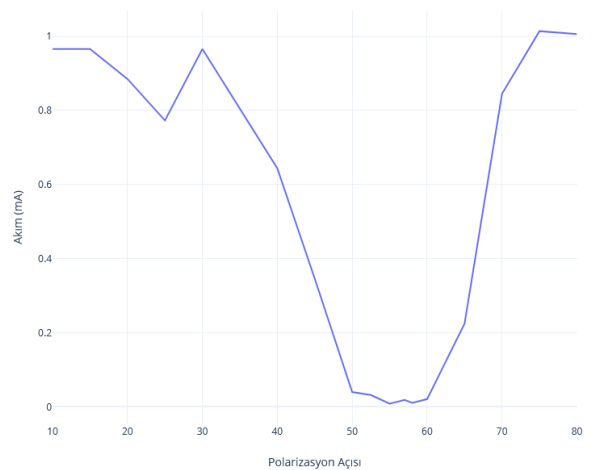


Figure 2: Yatay Polarizasyon için Yansıma Şiddeti - Açı Grafiği

Polarizasyon Açısı ve Işık Yoğunluğu

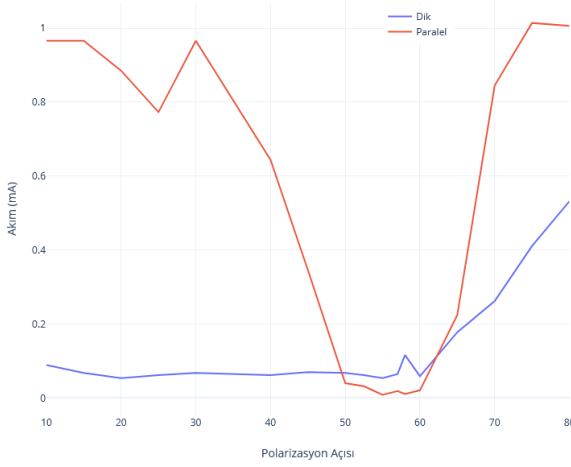


Figure 3: Dikey ve Yatay Polarizasyon için Yansıma Şiddetlerinin Karşılaştırma Grafiği

## 5. Hesaplamalar

Aşağıda, elde edilen veriler üzerinde yapılan hesaplamalar ve analizler sunulmuştur.

### 5.1. Brewster Açısının Tespiti

Yatay polarize ışık için yansıma şiddetinin minimum olduğu açı, Brewster açısını vermektedir. Deneysel verilere göre, yatay polarize ışığın en düşük şiddet değeri 1.1 olarak 55° açıda ölçülmüştür. Bu durumda:

$$\theta_B \approx 55$$

### 5.2. Kırılma İndisinin Hesaplanması

Brewster açısı kullanılarak, cam yüzeyin kırılma indisi şu şekilde hesaplanabilir:

$$n_2 = n_1 \cdot \tan(\theta_B)$$

Havanın kırılma indisini  $n_1 = 1.00$  kabul ederek:

$$n_2 = 1.00 \cdot \tan(55) = 1.00 \cdot 1.428 = 1.428$$

### 5.3. Teorik Yansıma Şiddetlerinin Hesaplanması

Dikey polarize ışık için yansıma şiddeti:

$$R_s = \left( \frac{\cos \theta_i - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_i}}{\cos \theta_i + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_i}} \right)^2$$

Yatay polarize ışık için yansıma şiddeti:

$$R_p = \left( \frac{n^2 \cos \theta_i - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_i}}{n^2 \cos \theta_i + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_i}} \right)^2$$

Burada  $n = \frac{n_2}{n_1} = 1.428$  olarak alınmıştır.

### 5.4. Normalleştirilmiş Şiddet Değerleri

Ölçülen şiddet değerleri, maksimum şiddet değerine bölünerek normalleştirilmiştir:

Açı (°)	Dikey (Norm.)	Yatay (Norm.)	Teorik Dikey	Teorik Yatay
0	1.00	0.99	0.034	0.034
10	0.09	0.95	0.037	0.031
20	0.05	0.87	0.046	0.024
30	0.07	0.95	0.064	0.016
40	0.06	0.63	0.092	0.009
50	0.07	0.04	0.137	0.003
55	0.05	0.01	0.170	0.001
60	0.06	0.02	0.212	0.004
70	0.26	0.83	0.332	0.037
80	0.53	0.99	0.534	0.232

Table 2: Normalleştirilmiş şiddet değerleri ve teorik hesaplamalar.

## 6. Tartışma ve Sonuç

Bu deneyde, düzlem polarize ışığın cam yüzeyden yansıması incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Fresnel eşitlikleriyle karşılaştırılmıştır. Deney sonuçlarından elde edilen temel bulgular şunlardır:

### 6.1. Brewster Açısı

Deneysel verilere göre, yatay polarize ışığın minimum yansıma gösterdiği Brewster açısı yaklaşık 55° olarak bulunmuştur. Bu açıda, yatay polarize ışık neredeyse hiç yansımamakta ve yansıyan ışık tamamen dikey polarize olmaktadır. Bu gözlem, Fresnel teorisini doğrulamaktadır.

### 6.2. Kırılma İndisi

Brewster açısından yola çıkarak cam yüzeyin kırılma indisi 1.428 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, tipik cam malzemeler için literatürde verilen 1.40-1.55 aralığındaki değerlerle uyumludur.

### 6.3. Polarizasyon Etkisi

Deney sonuçları, ışığın polarizasyon durumunun yansıma şiddetini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Dikey polarize ışık, tüm geliş açılarında belirli bir yansıma şiddeti gösterirken, yatay polarize ışık Brewster açısında neredeyse hiç yansıma göstermemiştir. Bu durum, Fresnel



teorisinin öngördüğü gibi, yatay polarize ışığın Brewster açısında yansıma katsayısının sıfır olması ile açıklanabilir.

## 6.4. Teorik ve Deneysel Değerlerin Karşılaştırılması

Normalleştirilmiş deneysel şiddet değerleri ile Fresnel eşitliklerinden hesaplanan teorik değerler arasında genel bir uyum gözlenmiştir. Özellikle Brewster açısı civarında yatay polarize ışığın davranışı, teorik beklentilerle örtüşmektedir. Ancak bazı açılarda gözlenen sapmalar, ölçüm hataları ve deney düzeneğindeki kusurlardan kaynaklanabilir.

## 6.5. Hata Analizi

Deneydeki olası hata kaynakları şunlardır:

- Açı ölçümündeki hassasiyet sorunları
- Polarizörün tam olarak dikey veya yatay polarizasyon sağlayamaması
- Işık kaynağının tam olarak düzgün ışık üretmemesi
- Cam yüzeyin pürüzlülüğü veya kirlilik faktörleri
- Fotodetektörün doğrusal olmayan yanıtı

## 7. Genel Değerlendirme

Bu deney, Fresnel eşitliklerinin ve polarizasyon ilkelerinin doğrulanması açısından başarılı olmuştur. Elde edilen sonuçlar, optik yüzeylerden yansımanın polarizasyona ve geliş açısına bağlı olduğunu açıkça göstermiştir.

Dikey polarize ışık için, geliş açısı arttıkça yansıma şiddetinin önce azaldığı, sonra arttığı gözlenmiştir. Yatay polarize ışık için ise, geliş açısı arttıkça yansıma şiddetinin azaldığı, Brewster açısında minimum değerine ulaştığı ve sonra tekrar arttığı görülmüştür.

Cam yüzeyin kırılma indisi 1.428 olarak hesaplanmış ve bu değer standart cam için beklenen aralıkta bulunmuştur. Bu sonuç, Brewster açısı kullanılarak optik malzemelerin kırılma indisinin belirlenebileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, deney, Fresnel eşitliklerinin ve polarizasyon ilkelerinin doğruluğunu desteklemektedir.

## Kaynaklar

- [1] Hecht, E., “Optics”, 5. Baskı, Pearson Education, 2017.

- [2] “Fizik 3 Laboratuvarı Deney Kitabı” İstanbul Üniversitesi, 2023.