

Ankara University  
Faculty of Engineering  
Optics Lab IV  
Spring 2009

## Calculating the Index of Refraction of Air

### Lab Group: 1

Teoman Soygül  
Sinan Tarakçı  
Seval Cibiceli  
Muhammed Karakaya

March 3, 2009

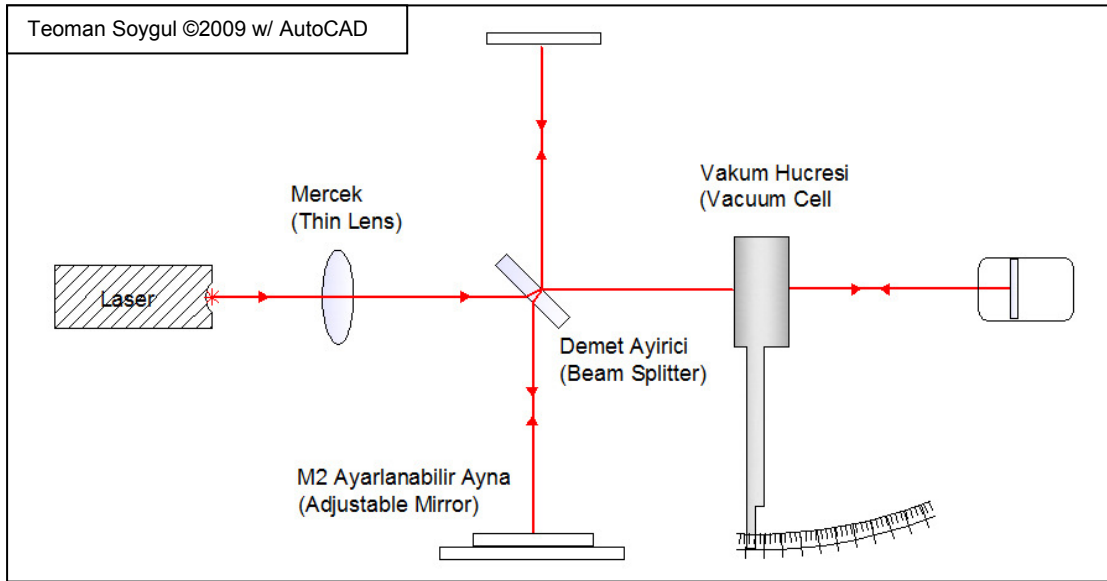
# Havanın Kırılma İndisinin Belirlenmesi

## Deneyin Amacı

Bu deneyin amacı, Michelson'ın interferometresini kullanarak havanın kırılma indisini belirlemektir.

## Önbilgi

Interferometre kullanılarak oluşturulan girişim desenlerinin karakteristiği, bu deseni oluşturan ışınlar arasındaki faz ilişkisine bağlıdır. Bu faz farkının yaratmak için ışınlardan birinin veya her ikisinin aldığı yolu değiştirmek veya geçtikleri ortamları farklılaştırmaktır. Bu deney için ikinci metod aşağıdaki deney düzeniyle birlikte kullanılacaktır.

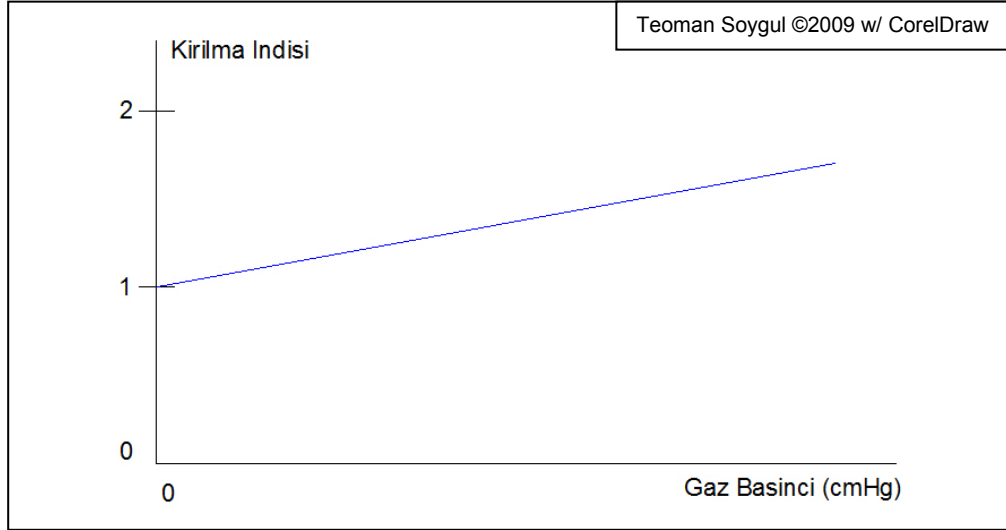


Şekil 1 Deney düzeni.

Belirli bir frekanstaki ışın için, dalga boyu  $\lambda$  aşağıdaki formül ile belirlenir.

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

Burada  $\lambda_0$  isigin vakum icinde dalga boyunu,  $n$  ise isigin icinde bulunduğu maddenin kırılma indisinin belirtir. Dúşuk basınclarda, gazın kırılma indisi basınc ile lineer olarak değisim gosterir. Bu nedenle, deneysel olarak asagıdaki gibi bulunan grafiğin egimi bulunarak havanın kırılma indisi belirlenebilir.



Şekil 2 Kırılma indisi – Basınc grafiği.

Yukarıdaki grafiğin egimi kullanılarak kırılma indisi,

$$\frac{n_i - n_f}{P_i - P_f} = \frac{N\lambda_0}{2d(P_i - P_f)}$$

denklemini çözülerek hesaplanabilir. Bu deney sonucunda beklentimiz, gaz basıncı 0'a yaklaştıkça  $n$ 'in 1'e yaklaştığı, gaz basıncı arttıkça  $n$ 'in 1'den yukarı doğru çıkmasıdır.

### Deneyde Kullanılan Araç Gereçler

Interferometre, lazer, lazer düzenleyici, interferometre aksesuarları, döndürülebilir ibre, vakum hücresi, vakum pompası.

## Deneyin Yapılışı

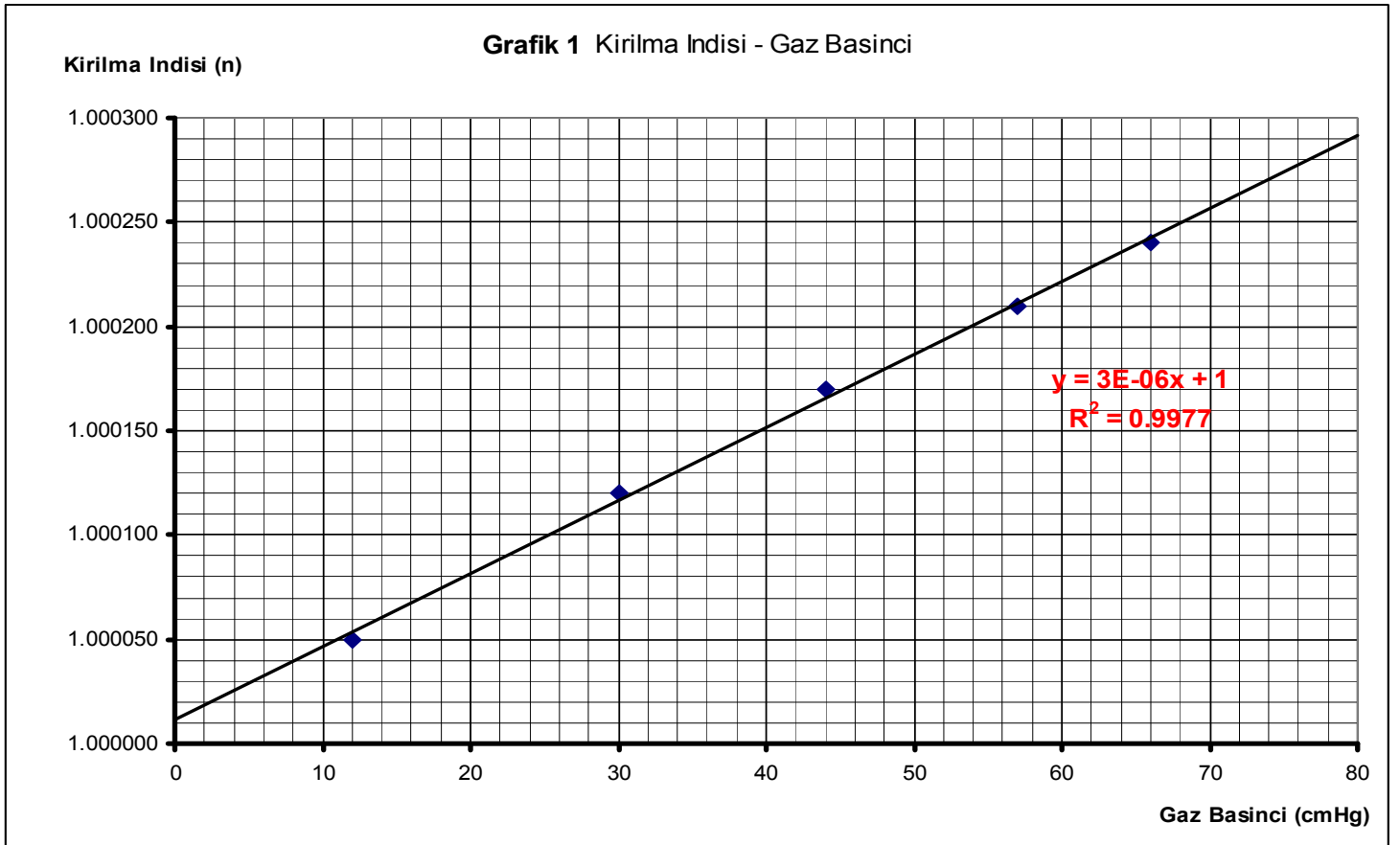
- 1) Interferometre Michelson kipinde **Sekil 1**'deki gibi kurulur.
- 2) Vakum hucresinin on camı lazer isinina tam dik olacak sekilde yerlestirilir. Bu olcumler icin ilk konum olur.
- 3) Vakum hucresinin icindeki hava tam olarak atmosfer basinci ile esitlenir.
- 4) **Pi** vakum pompasının gostergesinin baslangic degeridir. Bu deger kaydedilir ve yavasca hava vakumlanmaya baslanır. **N** sayida sacak sayılarak ulasilan basinc degeri **Pf** olacaktır.
- 5) İstenilen **N** degerleri icin yukaridaki prosedur tekrar edilir. Basinc hesabında  $P_{absolute} = P_{atmospheric} - P_{gauge}$  olduguna dikkat edilir.

## Bulgular ve Analiz

<b>Tablo 1</b> Interferometrede Vakum Hucresi ile Kirilma Indisi Olcumu		
<b>Gecilen Sacak Sayisi <math>\Delta N</math></b>	<b>Pi (cmHg)</b>	<b>Pf (cmHg)</b>
<b>2</b>	76	66
<b>3</b>	66	57
<b>4</b>	57	44
<b>5</b>	44	30
<b>6</b>	30	12

**Tablo 1** uzerindeki **Gecilen Sacak Sayisi  $\Delta N$** , **Pi (cmHg)** ve **Pf (cmHg)** degerleri, deney sonucunda olculerek alinmis degerlerdir. Bundan sonra gelen butun veri tablolari ve grafiklerdeki degerler, yukaridaki olcumler sonunda varilan teorik cikarimlardir (ornegin formulatik ve grafiksel hesaplanan degerler).

<b>Tablo 2</b> Olculen Basinc Degerleri Icin Hesaplanan Kirilma Indisi Degerleri	
<b>P (cmHg)</b>	<b>n (teorik hesaplanan kirilma indisi)</b>
<b>66</b>	1.000240
<b>57</b>	1.000210
<b>44</b>	1.000170
<b>30</b>	1.000120
<b>12</b>	1.000050



<b>Tablo 3</b> Grafikten Hesaplanan Atmosferik ve Vakum Kirilma Indisleri	
<b>P (cmHg)</b>	<b>n (<i>grafiksel hesaplanan kirilma indisi</i>)</b>
<b>76</b>	1.000275
<b>0</b>	1.000010

**Tablo 2** üzerindeki veriler **Grafik 1**'in çizilmesi için daha önce ölçüm yolu ile elde edilen verilerden formül kullanılarak çıkarılmıştır. **P (cmHg)** değeri, geçilen sacak sayısına ( $\Delta N$ ) karşılık ölçülen basınç değerini gösterir. **n (teorik hesaplanan kırılma indisi)** değeri ise bu basınç değerine karşılık gelen gazın kırılma indisidir. Bu değerler, basınç-kırılma indisi grafiğinin eğimini hesaplamaya yarayan formülün sadeleştirilmesi ile elde edilmiştir.

$$\frac{n_i - n_f}{P_i - P_f} = \frac{N\lambda_0}{2d(P_i - P_f)} \Rightarrow (n_i - n_f) \times 2d = N\lambda_0 \Rightarrow$$

$$(1.000263 - n_f) \times 0.06 = \Delta N \times 632.8 \times 10^{-9} \Rightarrow n = 1.000263 - \frac{(\Delta N \times 632.8 \times 10^{-9})}{0.06}$$

$$\text{Örneğin } n_{66\text{cmHg}} = 1.000263 - \frac{(2 \times 632.8 \times 10^{-9})}{0.06} = 1.000240 \text{ gibi...}$$

Burda  $n_i = 1.000263$  değeri, havanın **76cmHg** basınç altında gerçek kırılma indisidir. Aparatımız vakumlu olduğu için, basınç değerleri bundan başlayarak aşağı doğru ölçülmüştür.  $\Delta N$  değerleri kullanılarak istenilen basınç değerine karşılık sayılan girişim desen geçisi kullanılarak kırılma indisi hesaplanmıştır. Bu **Tablo 2** kullanılarak da **Grafik 1** çizilmiştir.

**Grafik 1** üzerinde görülen  $y = 3E-06x+1$  değeri, excel tarafından hesaplanan grafik eğiminin  $3 \cdot 10^{-6}$  yani **0.000003** olduğunu gösterir. Aynı eğim verilen formül ile hesaplanacak olursa,

$$\frac{n_i - n_f}{P_i - P_f} = \frac{N\lambda_0}{2d(P_i - P_f)} = \frac{(2 + 3 + 4 + 5 + 6) \times 632.8 \times 10^{-9}}{0.06 \times (76 - 12)} = 0.000003 = 3 \times 10^{-6}$$

degeri bulunur ve bunun da grafik uzerinden hesaplanan egim ile ayni oldugu gorulur.

**Tablo 3** uzerindeki degerler, **Grafik 1** uzerinde cizilen *trendline*'in **0cmHg** ve **76cmHg** degerlerine kadar uzatilmasi ile bulunmustur. **76cmHg** icin kirilma indisi **1.000275** olarak bulunurken (gercekte **1.000263**), **0cmHg** icin kirilma indisi **1.000010** olarak bulunmustur (gercekte **1.000000**).

## Yorum

**Tablo 3** uzerindeki **n (grafiksel hesaplanan kirilma indisi)** degerleri, **1.000275 @ 76cmHg** ve **1.000010 @ 0cmHg** olarak bulunurken gercekte bu degerler **1.000263 @ 76cmHg** ve **1.000000 @ 0cmHg** seklinde dir. Burdan, grafik uzerinden hesaplanan degerlerin gercekten bir miktar sapmis oldugunu gorebiliriz. Her iki deger de, gercek degerlerinden yukarida cikti gi icin, bu deney sisteminde bulgulari tek yonde etkileyen sistemati k hatalarin varligindan so z edilebilir. Michelson interferometresi icin sonuclari etkileyen en onemli sistemati k hata, kalibrasyon eksikligidir. Halihazirda kullani lan vakum aparatinin on ve arka camlarindaki puruzler – lekeler vb. nedeniyle etkilenen kirilma indisi degerlerimiz, interferometreyi dogru kalibre etme ve kalibreli halde koruyabilmenin zorluklari nedeniyle de bir miktar daha hata payi kazanmistir. Ozellikle havanin kirilma indisinin hesaplanmasi deneyinde, interferomenin merceginin bir miktar yerinden oynatamiz, ilk iki sacak deseni gecisini sayarken muhtemelen fazladan bir sacak gecisi saymamiza neden olmustur (mercek kipirdadiktan sonra sacak girisimleri netlegini kaybetmis ve saymak oldukca zorlasmistir).

**Grafik 1** uzerinde gorulecegi uzere, butun veri noktalar i *trendline*'a cok yakindir. Zaten bu nedenle grafigin istatistiki hatasini belirten **R<sup>2</sup>** degeri, ancak %1 lik bir hataya denk gelmektedir ki bu da bu deney icin istatistiki hatalarin sistemati k hatalarin yaninda oldukca onemsiz oldugu gostermektedir. Teorik olarak formulle hesaplanan grafik egiminin (**0.000003**) ve grafik uzerinden Excel ile hesaplanan egimin (**0.000003**) ayni olusu da istatistiki hatalarin etkisinin bu deneyde pek onemli olmadigini gosterir.

Bu deneyin basında beklentimiz, basınc ile kırılma indisi arasında lineer bir ilişkinin var olduğunu göstermekti. Boyle bir ilişkinin varlığı halinde alınan basınc ölçümlerine karşılık hesaplanan kırılma indisi değerlerinin tek bir çizgi üzerinde çıkması beklenir. Bu deney için bu durumun geçerli olduğu **Grafik 1** üzerinde rahatlıkla görülebilir. Hemen bütün ölçümler tek bir çizgi üzerinde veya bir miktar sapma ile çok yakınında çıkmıştır. Zaten Excel'in yaptığı regresyon analizi ile de bu grafiğin formülü  $y = 0.000003x + 1$  olarak bulunmuştur. Bu bir doğru grafiği denklemdir. Bu nedenle, deney basındaki beklentimiz gerçekleşmiştir.

Bu deney ile, gazların kırılma indisinin basınca bağlı olduğu gösterilmiştir. Eğer benzeri bir deney gazların kırılma indisinin sıcaklığa bağlı olduğunu göstermek için yapılacak olsaydı, demet ayırıcının hemen arkasına konulan vakum hücresi yerine içindeki gazın basıncını sabit tutarak sıcaklığını değiştiren bir alet kullanılarak rahatlıkla sıcaklık-kırılma indisi arasındaki ilişki gözlemlenebilirdi.