

## Deney 3

### Fiber Optiğin Işık Kaynakları

#### Amaç

1. Işığın fiziksel özelliklerini çalışmak
2. Bir optik fiber içerisinde kılavuzlanan ışığın rotasını çalışmak
3. Işığı kullanarak ses sinyalini bir fiber optik kablo üzerinden iletmek.

#### Tartışma

Bir çalışma alanı ve teknoloji olarak Fiber Optik, vericiler gibi ışık kaynaklarından; alıcılar gibi ışık duyarlı elemanlardan ve iletilen ışığın içinden geçerek alıcıya ulaştığı ışık borularından veya fiberlerden oluşur.

Tüm bir fiber optik sisteminde güç kaynakları, konektörler ve cihaz muhafazaları gibi diğer elemanlar da bulunur. Tüm bunlar ancak tamamlanmış bir fiber optik sisteminde yer aldığından ötürü bu elemanlardan bazılarını daha sonra inceleyeceğiz. Şimdilik, bir sistemin fiber optik kısmının anlaşılabilmesi için size yardımcı olmak konusuna odaklanacağız.

Başlangıç olarak ışığın tanımı ve neden bir optik fiber içinden kılavuzlandığı konusuyla başlayacağız. Işığın optik materyallerle etkileşimi konusunu anlatırken biraz matematiksek açıklamalara değineceğiz, fakat bunu da kısa tutacağız. Tablo 3-1 de bilinen fiziksel sabitlerin değerleri ve sembolleri verilmiştir.

Tablo 3-1 Ortak Fiziksel Sabitler

Sabit	Değer	Sembol
Işık Hızı	$3 \times 10^8$ m/s	C
Planck sabiti	$6.626 \times 10^{-34}$ J-s	H
Elektron yükü	$1.6 \times 10^{-19}$ C	E
Boltzmann sabiti	$1.38 \times 10^{-19}$ J/°K	K

## Işık Spektrumu

Optik Fiber çalışmaları optiğin temel prensiplerine ve ışığın maddde ile etkileşimine bağlıdır. Fiber optiği anlamının birinci yolu ışığı gözden geçirmektir. Webster ışığın yaygın olarak kabul edilmiş iki tanımını yapmıştır: (1) “Görünürlüğü mümkün kılan şey”, veya (2) “Görsel alıcıların harekete geçmesiyle ortaya çıkan duyu”.

Bununla birlikte fiber optik iletimi üçüncü ve daha içerikli bir tanımlamayı daha sıklıkla kullanır. Bu da, “Işık kızılötesi, görünür ve ultraviyole dalgaboylarındaki elektromagnetik ışımaya veya enerjidir”.

Fiziksel açıdan, ışık iki karakter ile temsil edilebilir: Elektromagnetik dalgalar veya fotonlar. Bu da çok önemli olan “modern fiziğin dalga-partikül ikilik teorisi” ile açıklanır. Bu teorinin özeti şöyledir. Işığın birçok özelliği onu elektromagnetik dalga olarak düşünerek açıklanabilir. Şekil 3-1 de gösterildiği gibi ışık tüm elektromagnetik spektrumun küçük bir parçasıdır.

Işık birçok bilinen radyo dalgasından frekans olarak daha büyük ve dalgaboyu olarak daha küçüktür. Görünür ışığın dalgaboyu 380nm den (renk olarak koyu morotesi) 750 nm ye (koyu kızılötesi) kadar uzanır. Birçok fiber optik sistemi 800nm ile 1550 nm arası kızılötesi ışığı kullanır. Bu bölge genellikle yakın kızılötesi (yakın IR) olarak adlandırılır. Daha sonra incelenecek olan Plastik Fiber en iyi 660 nm bölgesinde – kızıl bölge – çalışır.

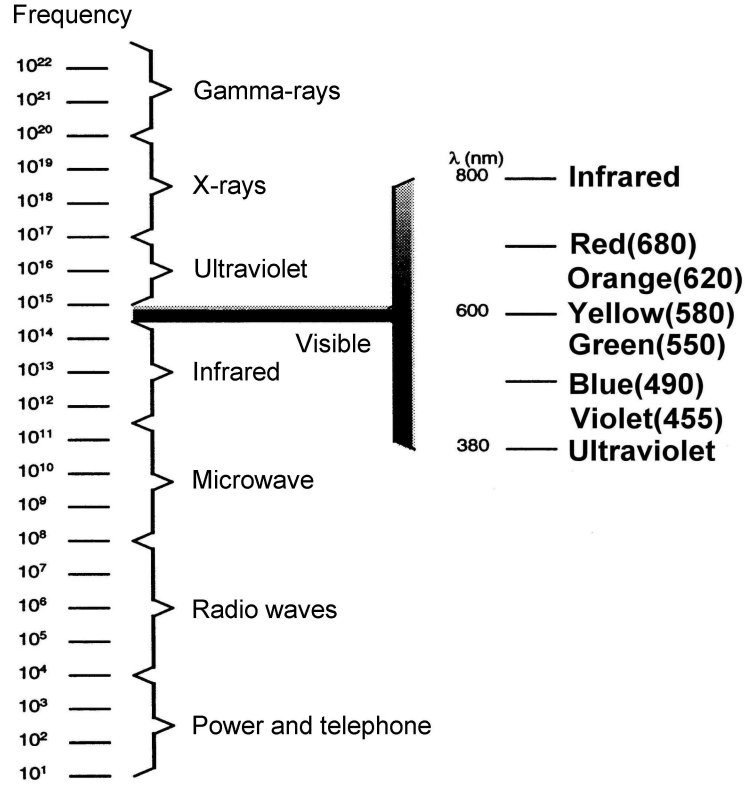
Işık genellikle dalgaboyu ile karakterize edilir. Dalgaboyu ne kadar küçük olursa frekans o kadar yüksek olur. Eğer birisini bilerseniz, diğerini saptayabilirsiniz. Matematiksel olarak aralarındaki bağıntı:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$\lambda$  = Işık dalgaboyu

$f$  = Işığın frekansı

$c$  = Vakumlanmış havada ışığın hızı



Şekil 3-1 Elektromagnetik spektrumdaki ışık ve kızılötesi ışınması.

Işık aynı zamanda bazı partikül-benzeri özellikler gösterir. Bir ışık partikülüne “Foton” denir – enerjinin özgül bir birimidir. Bir fonda saklanan enerji, onun frekansına bağlıdır. Frekans ne kadar yüksek olursa enerji de o kadar büyük olur. Bir fonda saklanan enerji “joule” birimiyle ölçülür ve Hertz birimli frekans ile Planck sabitinin çarpımına eşittir. Matematiksel olarak :

$$E = h \times f$$

$h = 6.63 \times 10^{-34}$  J-s, Planck sabitidir.

Fiber optik çalışırken ışığı bir dalga veya bir partikül olarak düşünmemiz bize kolaylık sağlar. Bazen, değişik etkileri anlamak için ışığın bu iki tanımını ayrı ayrı kullanmak gerekebilir. Örneğin, optik fiberin birçok özelliği dalgaboyu ile değişir, bu yüzden dalga tanımı kullanılır. Optik detektör durumunda, bir fotodetektörün ışığa cevabı en iyi partikül teorisi ile açıklanabilir. Işığın dalga teorisi Galileo'nun zamanına kadar uzanır, fakat partikül teorisi yakın geçmişteki Einstein'ın modern fizik teorisindeki gelişmeler ışığında ortaya çıkmıştır.

## Kırılma İndisi

Işık değişik materyallerde değişik hızlarda ilerler. Işık vakumda ve havada  $3 \times 10^8$  m/s olan maksimum hızında ilerler. Işık suyun içinde veya suda ilerlediğinde hızı sırasıyla  $2.5 \times 10^8$  m/s veya  $2 \times 10^8$  m/s dir. Bir ortamdan diğer bir ortama geçen ışık kırılır, çünkü ışığın hızı değişik ortamlarda farklılık gösterir. Bir ortamın kırılımının indisi veya kırılma indisi, “n” bir oran olarak tanımlanabilir.

$$n = \frac{c}{v} = \frac{f\lambda}{f\lambda_n} = \frac{\lambda}{\lambda_n}$$

c = vakumdaki ışık hızı,  $3 \times 10^8$  m/s

v = bir ortamdaki ışık hızı,  $v < c$

$\lambda$  = vakumdaki ışık dalgaboyu

$\lambda_n$  = Bir ortamdaki ışık dalgaboyu,  $\lambda_n < \lambda$

f = ışık frekansı

Bu tanımlamadan gördüğümüz gibi kırılma indisi birden büyük olan bir birimsiz sayıdır. Çünkü, v genellikle c den küçüktür. Ayrıca, vakum için n 1'e eşittir. Değişik materyaller için vakuma göre ölçülen kırılma indisleri Tablo 3-2'de listelenmiştir.

Tablo 3-2 Bazı materyallerin kırınım indisleri.

Malzeme	Kırınım indisi
Hava	1.00029
Su	1.33
Cam	~1.5
Silikon	3.5
Plastik	1.47~1.6
Elmas	2.0

## Işığın Kırılma Kuralları

Işığın kırılması ile ilgili dört kural vardır.

Birinci Kural – Gelen ışın, kırılan ışın ve normal doğrultu aynı düzlemde bulunur.

## İkinci Kural – Snell Kuralı

Şekil 3-2’de gösterilen Huygen’in yapısını düşünün ve iki üçgenden aşağıdaki bulunur :

$$\sin \theta_1 = \frac{v_1 t}{AB} \quad \text{ve} \quad \sin \theta_2 = \frac{v_2 t}{AB}$$

Bu iki denklemi ikiye bölersek aşağıdakini elde ederiz.

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\frac{v_1 t}{AB}}{\frac{v_2 t}{AB}} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

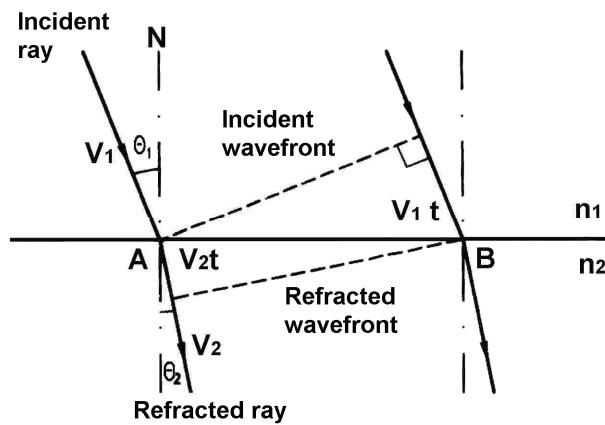
Üstteki denklemden aşağıdaki elde edilir :

$$n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$$

$$n_1 v_1 = n_2 v_2$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

Yukarıdaki  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$  Snell kuralı olarak bilinir.

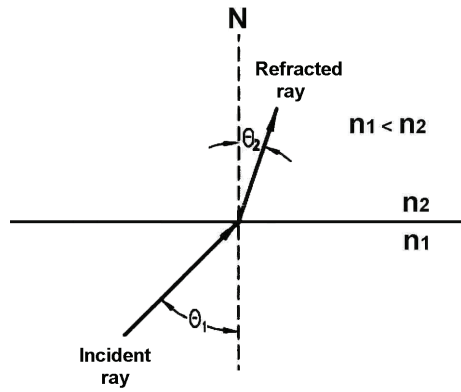


Şekil 3-2 Kırılma kuralını ispatlamak için Huygen’in yapısı.

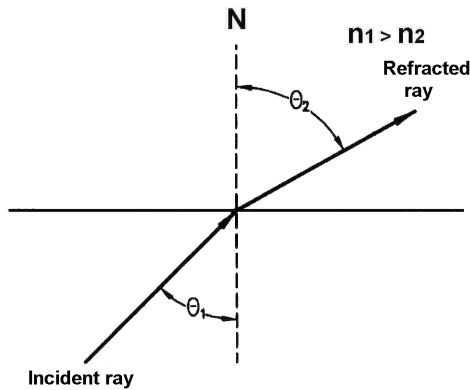
Eğer geliş açısı  $\theta_1 = 0^\circ$  ise, kırılma davranışı gerçekleşmez. Eğer geliş açısı  $\theta_1$  ve kırılma açısı  $\theta_2$  çok küçük iseler,  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$  eşitliği aşağıdaki hali alır :

$$n_1 \theta_1 = n_2 \theta_2$$

Yüksek kırılma indisine sahip bir ortam yoğun ortam olarak adlandırılır. Yoğun bir ortamda ışık daha yavaş bir hızda ilerler. Aksine, daha düşük kırılma indisine sahip bir ortam da nadir ortam olarak adlandırılır ve ışık bu tür ortamda daha hızlı ilerler. Eğer bir gelen dalga nadir bir ortamdan yoğun bir ortama geçerse, kırılma ışını normal çizgisine (N) doğru kırılır ve bu da Şekil 3-3(a) da gösterilmiştir. Bir gelen dalga yoğun bir ortamdan nadir bir ortama geçerse, Şekil 3-3(b) de görüldüğü gibi kırılma ışını normal çizgisinden uzaklaşacak şekilde (N) kırılır.



(a)  $n_1 < n_2$



(b)  $n_1 > n_2$

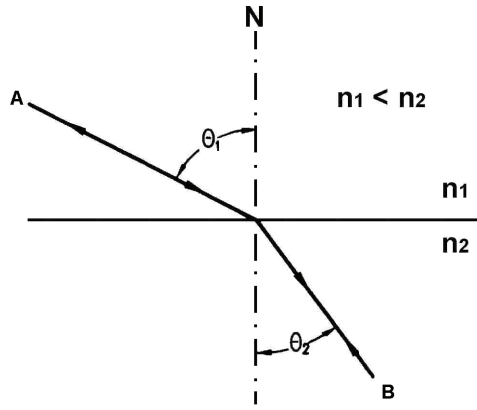
Şekil 3-3 Değişik kırılma indislerinde değişik kırılma açıları.

Üçüncü Kural – Kirici bir ortamdaki ışık ışınının yolu iki yönlüdür.

Örneğin, Şekil 3-4' deki ışın A noktasından B noktasına hareket eder. Eğer, ışın B noktasından harekete başlasaydı, A noktasına varmak için aynı yolu takip edecekti. Bu özellik ile Snell kanunundaki,  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ , 1 ve 2 alt indisleri yer değiştirebilir. Bağlı kırılma indisi,  $n_{12}$ ,  $n_1$  in  $n_2$  ye oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki şekilde ifade edilir :

$$n_{12} = \frac{n_1}{n_2}$$

Burada,  $n_1$  ortam 1 'in kırılma indisi;  $n_2$  ise ortam 2 'nin kırılma indisidir.



Şekil 3-4 İki yönlü ışık yolu

Aynı durumda,  $n_{21}$ ,  $n_2$  'nin  $n_1$  'e oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$n_{21} = n_2 / n_1$$

$n_{12} = n_1 / n_2$  ve  $n_{21} = n_2 / n_1$  eşitlikleri kullanılarak:

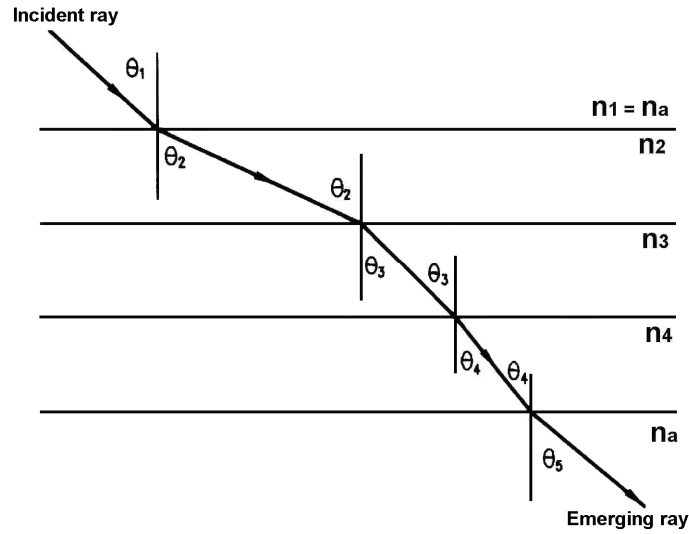
$$n_{12} \cdot n_{21} = 1$$

bulunur.

#### 4. Dördüncü kural – Çevrimsel Kural

Işık, düz materyal kalıbı içerisinde bir ortamdan geçer ve Şekil 3-5' teki gibi yine aynı ortama gelirse, ikinci ortamdaki ışın gelen ışına paraleldir. Snell kanunu kullanılırsa:

$$n_a \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 = n_3 \sin \theta_3 = n_4 \sin \theta_4 = n_a \sin \theta_5$$



Şekil 3-5 Çevrimsel Kanun

Bu yüzden,  $\theta_5 = \theta_1$  'dir.  $n_{12} = n_1 / n_2$  ve  $n_{21} = n_2 / n_1$  eşitlikleri kullanılarak :

$$n_1 / n_2 = n_{12}, \quad n_2 / n_3 = n_{23}, \quad n_3 / n_4 = n_{34}, \quad \dots, \quad n_{(N-1)} / n_N = n_{(N-1)N}$$

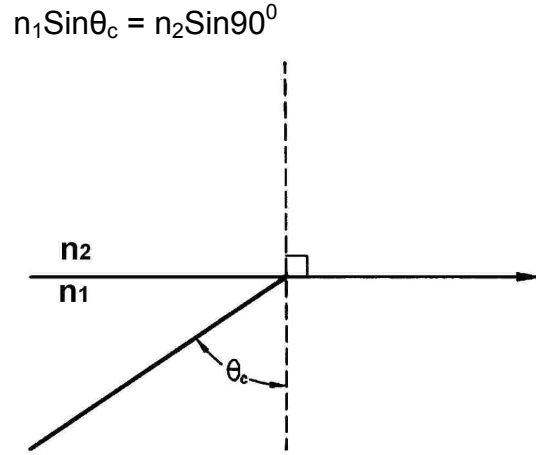
Eğer, ışık vakumdan ilerleyip yine vakuma geçerse,  $n_1 = n_N = 1$  olur. Sonuç olarak:

$$n_{12} n_{23} n_{34} \dots n_{N-1N} = 1$$

#### Tam Yansıma

Eğer ışık yoğun bir ortamdan ( $n_1$ ) nadir bir ortama ( $n_2$ ) geçerse, kırılan ışın normal hattan uzaklaşacak şekilde ve  $\theta_1 < \theta_2$  olduğu için arayüze doğru ilerler. Kırılma açısı  $\theta_2$ , geliş açısı  $\theta_1$  arttığı için artar. Eğer  $\theta_1$  kritik kırılma açısı  $\theta_c$ 'ye eşit olursa, kırılan ışık ışını sınıra paralel şekilde ilerler, böylece Şekil 3-6 'da görüldüğü gibi  $\theta_2 = 90^\circ$  olur. Snell kanununu kullanarak kritik açıyı bulabiliriz.  $\theta_1 = \theta_c$  ve  $\theta_2 = 90^\circ$  olduğu zaman, Snell kanunu kullanılarak:





Şekil 3-6 Tam yansımanın kritik hali.

$$\theta_c = \sin^{-1}(n_2 / n_1) = \sin^{-1} n_{21}$$

Burada,  $n_{21}$ ,  $n_2$ 'nin  $n_1$ 'e oranıdır. Eğer, ortam 2 hava veya vakum ise, kırılma indisi 1'e eşit olur ( $n_2=1$ ), ve yukarıdaki eşitlik aşağıdaki şekilde yazılır :

$$\theta_c = \sin^{-1}(1 / n_1)$$

Bir gelen ışın yoğun bir ortamdan nadir bir ortama kritik açı  $\theta_c$  açısından daha büyük bir  $\theta_1$  açısı ile geçerse ( $n_1 > n_2$ ),  $\theta_2$  kırılma açısı  $90^\circ$  den büyük olur. Bu koşul altında tüm ışık ortam 1'e geri yansır. Bu etkiye tam iç yansıma denir.

Tam iç yansıma, ışık yüksek kırılma indisine sahip bir ortamdan daha düşük kırılma indisli diğer bir ortama geçerken oluşur. Ortamlar arası arayüzde tam yansımanın oluşturduğu minimum geliş açısı,  $\theta_c$ ,  $\sin \theta_c = n_2 / n_1$  ile hesaplanır ( $n_1 > n_2$ ).

Tam yansıma prensibi fiber optik uygulamalarında optik sinyali fiber optiğe kuple etmek için ve uzak bir terminale göndermek için uygulanır.  $\theta_c$  kritik açıdan daha büyük olan geliş açılarında ışık demeti, fiber çekirdeğinin koruyucu ( $n_1$ ) kırılma indisi koruyucu tabakanın kırılma indisinden ( $n_2$ ) daha büyük olduğu için çekirdek koruyucu tabaka arayüzünden tamamen yansır.

## GEREKLİ EKİPMANLAR

1. Modül KL-95001	x2
2. 3 metre optik fiber	x2
3. AC-DC güç adaptörü	x2
4. Mikrofon – Kulaklık seti	x2
5. 10 mm atlayıcı	x4
6. Bağlama ucu	x2
7. 3.5Φ ses arayüz ucu	x2
8. Radyo (Mevcut değil)	x2

## PROSEDÜR

Bu deneyde, yarattığınız sistem bir radyo sinyalinden ses çıkışını bir fiber optik kablo üzerinden ışık kullanarak iletecek ve ışık dalgalarını ses dalgalarına çevirecektir. Bu işlemde A modülü vericidir ve verici LED' inden (TX1) gelen çıkışı kontrol edecektir. Optik fiber LED'den gelen ışığı toplar ve çekirdeği üzerinden modül B'nin alıcısına kılavuzlar. Modül B'nin fotodetektörü (RX1) optik fiber üzerinden aldığı ışığı elektronik sinyale dönüştürür ve sonra kuvvetlendirir.

Bu işlemde prosedür A elektriksel olarak cihazı bağlar ve böylece alıcıda kuvvetlendirilen sinyal Lab modülünün iç hoparlörüne verilir. Prosedür B modül B'yi sadece optik alıcı istasyonu olarak yeniden yapılandırır ve başka bir ses cihazının elektrik sinyallerini ses dalgalarına çevirmesini sağlar.

### Prosedür A

1. İki modülü'de (A ve B) birbirinden 4 – 4.5 metre uzak olacak şekilde iş masasına yerleştirin.
2. Her iki modülün Data Transceiver MODE selektörünü OFF durumuna getirin.

## **Modül A**

3. 3.5Φ ses arayüz ucunun bir telini radyonun kulaklık jakına sokun ve diğer teli ses devresi MIC jakına yerleştirin. Ses devresi MIC çıkışını bağlantı ucu kullanarak verici girişine bağlayın.
4. Radyoyu açın. Bir yayın istasyonuna bağlanın ve ses seviyesini dinlenebilir bir seviyeye ayarlayın.
5. AC-DC güç adaptörü üzerinden DC güç kaynağını modül güç jakına uygulayın. LED1 yanmalıdır.
6. Verici TX1'deki kavrama somununu (Cinch nut) gevşetin. 3 metre optik fiberin bir ucunu TX1 'e sokun ve fiber ucu fiber optik LED'inin iç arka yüzüne kontak edene kadar zarifce itin. Kavrama somununu parmaklarınızla sıkılaştırın. Fazla sıkmayın.
7. 3 metre optik fiberi açın ve modül A ile modül B yi bağlayın.

## **Modül B**

8. Alıcı RX1'deki kavrama somununu gevşetin. 3 metre optik fiberin serbest ucunu RX1' e sokun ve fiber ucu iç arka yüze kontak edene kadar zarifce itin. Kavrama somununu parmaklarınızla sıkılaştırın. Fazla sıkmayın.
9. Alıcının Analog1 çıkışını 10 mm atlayıcı kullanarak SP girişine bağlayın.
10. Alıcı kazanç düğmesini saat 12 pozisyonuna getirin.
11. AC-DC güç adaptörü üzerinden DC güç kaynağını modül güç jakına uygulayın.

Bu noktada Modül B hoparlöründen ses duymalısınız. Bu ses modül A' yı ayarladığınız yayın istasyonun sesi olmalıdır. Eğer değilse, herşeyin doğru olduğunu görmek için bütün talimatları tekrar gözden geçirin.

12. Modül B'nin alıcı düğmesini aşağıya yukarıya doğru ayarlayın ve hoparlörden gelen sese ne olduğunu dinleyin.
13. Modül A'daki radyonun ses kontrolünü ses şiddetindeki değişiklikleri dinlerken aşağı ve yukarı doğru değiştirin.
14. Hoparlörden gelen ses berrak olmayıncaya kadar radyonun ses şiddeti kontrolünü artırın.
15. Aşağıdaki soruları yanıtlayın :
  - a. Modül B'nin alıcı kazancı değiştirildiği için hoparlörden gelen ses nasıl değişir?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  - b. Radyonun ses şiddeti değiştirildiğinde modül B'nin hoparlöründen gelen ses nasıl değişir?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  - c. Ses şiddeti kontrolü çok yükseğe kurduğunuz fiber optik/elektronik ekipmandaki bozulmaya (distorsiyon) ne yol açar?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## **Prosedür B**

Yeniden yapılandırmak için aşağıdaki talimatları Modül B' de tamamlayın.

1. Modül B güç jakına bağlı bulunan AC-DC güç adaptörünü sokun.
2. Alıcı Analog1 çıkışını SP girişine bağlayan 10 mm atlayıcıyı kaldırın.
3. Kullanılmayan 3.5Φ ses arayüz ucunun bir telini alıcı kulaklık jakına; diğer ucu ise radyonun MIC jakına sokun.

4. AC-DC güç adaptörü kordonunu tekrar modül B güç jakına bağlayın.
5. Modül B'nin alıcı kazanç düğmesini saat 12 pozisyonuna getirin.
6. Modül A'daki radyoyu açın. Yayın yapan bir istasyona alıcıyı ayarlayın ve ses şiddetini dinlenebilir bir seviyeye getirin.
7. Receiver Gsin ayar değişimleri sonucu ekipmanınızın ses çıkışında oluşan etkileri deneysel olarak inceleyin.