



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

METALÜRJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**OFTALMİK OPTİK CAMLARA UYGULANAN ANTİREFLE
KAPLAMANIN OPTİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

OKAN ÇİÇEK

DANIŞMAN

DOÇ. DR. YASİN ÖZGÜRLÜK

BARTIN-2025



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

METALÜRJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**OFTALMİK OPTİK CAMLARA UYGULANAN ANTİREFLE KAPLAMANIN
OPTİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Okan ÇİÇEK

JÜRİ ÜYELERİ

Danışman : Doç. Dr. Yasin ÖZGÜRLÜK
Üye : Dr. Öğr. Üyesi İsmail KABAÇELİK
Üye : Doç. Dr. Kadir Mert DÖLEKER

BARTIN-2025

KABUL VE ONAY

Okan ÇİÇEK tarafından hazırlanan “OFTALMİK OPTİK LENSLERE UYGULANAN ÇEŞİTLİ KAPLAMALARIN FİZİKSEL VE OPTİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu çalışma, 22.01.2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Yasin ÖZGÜRLÜK

Üye : Doç. Dr. Kadir Mert DÖLEKER

Üye : Dr. Öğr. Üyesi İsmail KABAÇELİK

Bu tezin kabulü Lisansüstü Eğitimi Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mustafa Sabri GÖK

Enstitü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Yasin ÖZGÜRLÜK danışmanlığında hazırlamış olduğum“ OFTALMİK OPTİK LENSLERE UYGULANAN ÇEŞİTLİ KAPLAMALARIN FİZİKSEL VE OPTİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

22.01.2025

Okan ÇİÇEK

ÖN SÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca yaklaşımları, önerileri ve bana katkı sağlayarak tez çalışmamda beni yönlendiren değerli danışmanım Doç.Dr. Yasin ÖZGÜRLÜK hocama en içten saygılarımı ve teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim. Yine çalışmalarımda bana önerileriyle katkı sunan ve yönlendirerek her zaman destek olan değerli Doç. Dr. Tuba ÖZDEMİR ÖGE hocama tez çalışmam boyunca yanımda olduğundan dolayı en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmamda yine benden desteklerini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi İsmail KABAÇELİK ve Dr. Okan ODABAŞ'a ayrı ayrı teşekkür ederim. Eğitim hayatım boyunca her zaman maddi, manevi olarak yanımda olan canım annem Gülüzar ÇİÇEK'e, canım babam Halil İbrahim ÇİÇEK'e ve değerli aileme çok teşekkür ederim.

Okan ÇİÇEK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

OFTALMİK OPTİK CAMLARA UYGULANAN ANTİREFLE KAPLAMANIN OPTİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Okan ÇİÇEK

Bartın Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yasin ÖZGÜRLÜK

Bartın-2025, sayfa: 64

Optik lensler, sağlık, enerji, otomotiv, elektronik, bilişim, savunma gibi pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Sağlık sektöründe gözlerde oluşan refraksiyon kusurlarının düzeltilmesi için geliştirilen ve hammaddelerine göre plastik (organik, polimer) ve mineral (cam) olmak üzere iki ana grupta üretilen optik lenslerin tasarımında arzu edilen özellikler; iyi görme alanı, yüksek kırma gücü, sağlamlık, düşük yoğunluk, UVR koruma sağlaması, görünür ışıkta geçirgenlik değerinin standarda uygun olması, abbe değerinin yüksek olması ve lens aberasyonlarını azaltmak için kaplama özelliklerinin iyi olmasıdır. Bu ihtiyaçlara paralel olarak kullanıcıların ihtiyaçlarına göre oftalmik optik lenslerin yüzeylerine tek tabakalı veya çok tabakalı olarak, çeşitli özelliklere sahip kaplamalar uygulanmaktadır. Bu kaplamalar yansıma önleyici (AR) kaplama, mavi kaplama (blue filtre), sertlik kaplaması, temizlik kaplaması, su itici, ayna kaplaması, renk kaplama, fotokromik kaplama, buharlanma önleyici kaplamalardır. Bunlar arasında Anti-Refle (AR) kaplamalar yansımayı azaltmak, görme kalitesini ve estetiği arttırmak ve bazı çalışmalarda geçirgenliği arttırmak amacıyla sıkça kullanılmaktadır. AR kaplamalar gözlük camlarında oluşan yansımaları

azaltıp ışık geçirgenliğini artırarak gözlük kullanıcılarına daha net bir görüş imkânı sağlamaktadır. Oftalmik optik lenslere uygulanan diğer bir kaplama çeşidi olan mavi kaplamalar veya mavi ışık filtreleri led ekranlardan, elektromanyetik radyasyon kaynaklarından ve diğer kaynaklardan gelen mavi ışığı bloke ederek kullanıcıyı mavi ışığın rahatsız edici etkisinden korurken görüş kalitesini arttırmaktadır. Bu çalışmada, üzerlerine AR kaplamalar uygulanan oftalmik optik lensler oftalmik optik lenslerin optik özellikleri incelenerek ışık geçirgenlikleri tespit edilecektir. Bu amaçla temin edilen farklı indislere sahip oftalmik optik AR kaplamalı lenslerin ışık geçirgenlikleri UV-VIS spektrofotometre ile ölçülecektir. AR kaplamalı lenslerin ışık geçirgenlikleri literatürle kıyaslamalı olarak incelenecektir. Optik ve optisyenlik alanında literatüre katkı sağlaması amaçlanan tez çalışmasından elde edilen çıktılar aynı zamanda göz sağlığının korunmasına yönelik çalışmalara katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: Geçirgenlik, kaplama, oftalmik optik lensler, yansıma önleyici.

Bilim kodu: 91514; 91511

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATION OF OPTICAL PROPERTIES OF ANTIREFLECTIVE COATING APPLIED TO OPHTHALMIC OPTICAL LENSES

Okan ÇİÇEK

Bartın University

Graduate School

Department of Metallurgical and Materials Engineering

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Yasin ÖZGÜRLÜK

Bartın-2025, pp: 64

Optical lenses are widely used in many fields such as health, energy, automotive, electronics, informatics and defence. The desired features in the design of optical lenses developed for the correction of refractive errors in the eyes in the health sector and produced in two main groups as plastic (organic, polymer) and mineral (glass) according to their raw materials are; good visual field, high refractive power, robustness, low density, UVR protection, transmittance value in visible light in accordance with the standard, high abbe value and good coating properties to reduce lens aberrations. In parallel with these requirements, coatings with various properties are applied to the surfaces of ophthalmic optical lenses as monolayer or multilayer according to the needs of the users. These coatings are anti-reflection (AR) coating, blue coating (blue filter), hardness coating, cleaning coating, water repellent, mirror coating, colour coating, photochromic coating, anti-evaporation coating. Among these, Anti-Refle (AR) coatings are frequently used to reduce reflection, improve visual quality and aesthetics and increase transmittance in some studies. AR coatings provide a clearer vision to eyeglass wearers by reducing reflections and increasing light

transmittance. Blue coatings or blue light filters, another type of coating applied to ophthalmic optical lenses, block blue light from LED screens, electromagnetic radiation sources and other sources, protecting the user from the disturbing effect of blue light while improving the quality of vision. In this study, the light transmittance of ophthalmic optical lenses with AR coatings applied on them will be determined by analysing the optical properties of ophthalmic optical lenses. For this purpose, the light transmittances of ophthalmic optical AR coated lenses with different indices will be measured by UV-VIS spectrophotometer. The light transmittances of AR coated lenses will be analysed in comparison with the literature. It is aimed that the outputs obtained from the thesis study, which is aimed to contribute to the literature in the field of optics and opticianship, will also contribute to the studies for the protection of eye health.

Keywords: Anti-reflection coating, coating, ophthalmic optics lenses, transmittance.

Scientific Field Code: 91514; 91511

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	ii
BEYANNAME.....	iii
ÖN SÖZ.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR ÖZETİ.....	2
2.1 Işık ve Optik.....	2
2.2 Optik Camların Kullanım Alanları.....	9
2.3 Camın (SiO ₂) Yapısal Özellikleri.....	10
2.4 Gözün Yapısı ve Kırma Kusurları.....	10
2.5 Camın Kimyasal Yapısı ve Oftalmik Optik Camların Özellikleri.....	13
2.6 Oftalmik Optik Camlarda Kaplamalar.....	23
2.6.1 Sert Kaplama.....	24
2.6.2 Buharlanma Önleyici(Anti-fog) Kaplama.....	26
2.6.3 Antirefle Kaplama.....	27
2.7 Antirefle Kaplama Yöntemleri.....	28
2.7.1 Basınç Altında Isıyla Buharlaştırma Yöntemi.....	28
2.7.1.1 Vakumda Buharlaştırma Tekniği.....	28
2.7.1.2 Elektron Demetli(e-beam) Buharlaştırma Tekniği.....	28
2.7.2 Basınç Altında Soğuk Buharlaştırma Yöntemi.....	29
3. MATERYAL VE METOT.....	30
3.1 GL-8800UP Dijital Fokometre.....	30
3.2 UV-VISIBLE Spektrofotometre.....	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	35
4.1 GL-8800 Dijital Fokometre İle Alınan Ölçümler.....	35
4.2. UV- VISIBLE İle Alınan Işık Geçirgenlik Ölçümleri (T) (%).....	42
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	56
5.1 ÖNERİLER.....	57
KAYNAKLAR.....	58

ÖZGEÇMİŞ	64
-----------------------	-----------

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
2.1:Görünür ışık spektrumu.....	4
2.2:Snell yasasını gösteren basit bir şekil. n_1 ve n_2 farklı iki ortam ve $\theta_1 > \theta_2$	7
2.3:Gelen ışının yüzeye çarptıktan sonra yansımalarının gösterimi	8
2.4:Göze gelen ışık ışınlarının retina üzerine odaklanması.....	11
2.5:Göze gelen ışık ışınlarının retina önüne düşmesi ile miyopi	11
2.6:Göze gelen ışık ışınlarının retinanın arkasına düşmesi ile hipermetropi	12
2.7:Konveks cam	14
2.8:Konkav cam	14
2.9:Silindirik camlarda birbirine ve asal eksene dik konumda olan AB ve CD nesnelerinin görüntülerinden sadece biri kırılır.....	15
2.10:Prizmada ışığın kırılması.....	16
2.11:İki odaklı optik cam	20
2.12:Çok odaklı optik cam	21
2.13:Polarize filtreli cam farkı.....	23
2.14:Ana cam yüzeyine uygulanan sert kaplama	26
3.1:GL-8800 UP dijital fokometre cihazı.....	30
3.2:UV-VISIBLE spektrofotometre cihazının numune haznesi ve ölçüm ekranı.....	31
3.3:UV-VISIBLE Spektrofotometre toplam ışık geçirgenliği.	31
3.4:UV-VISIBLE Spektrofotometre çalışma prosesi.....	32
3.5:Bütünleştirici kürenin yapısı.	33
3.6:UV-VISIBLE Spektrofotometre ışık geçirgenliği ölçümü.....	34
4.1:1.56 kırılma indisli (kaplamasız) “-“ diyoptrili merceklerin dalga boyuna bağlı ışık geçirgenliği grafiği.	42
4.2:1.56 kırılma indisli (kaplamasız) “+“ diyoptrili merceklerin dalga boyuna bağlı ışık geçirgenliği grafiği.	43
4.3:1.56 kırılma indisli antirefle kaplamalı -2.00 diyoptrili merceğin dalga boyuna bağlı ışık geçirgenliği grafiği.....	45
4.4:1.56 kırılma indisli antirefle kaplamalı “+“ diyoptrili merceklerin dalga boyuna	

bağlı ışık geçirgenliği grafiği.....	46
4.5: 1.61 kırılma indisli (kaplamasız) -2.00 diyoptrili merceğin dalga boyuna bağlı ışık geçirgenliği grafiği.	48
4.6: 1.61 kırılma indisli (kaplamasız) “+“ diyoptrili merceklerin dalga boyuna bağlı ışık geçirgenliği grafiği.	50
4.7: 1.61 kırılma indisli antirefle kaplamalı -1.00 diyoptrili merceğin dalga boyuna bağlı ışık geçirgenliği grafiği.....	51
4.8: 1.61 kırılma indisli antirefle kaplamalı “+” diyoptrili merceklerin dalga boyuna bağlı ışık geçirgenliği grafiği.....	53

TABLULAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
No	No
2.1:Malzemesine göre merceklerin abbe değerleri.....	5
2.2:Mineral camlarla organik camların karşılaştırılması.....	18
4.1:GL-8800 dijital fokometre ile örnek numunelerin UV geçirgenliklerinin ölçülmesi	35

1.GİRİŞ

Işık, insan gözünün görmeyi algılaması için gereken bir kaynaktır. Işık ışınlarının içinde bulunan zararlı UV ışınlarının insan gözüne zarara bilinmektedir. Bu zararları engellemek için günümüzde koruyucu güneş camları ve oftalmik camların kullanılma gerekliliği ortaya çıkmıştır. Ayrıca ışınlarının retinanın üzerine düşmemesi sonucunda refraksiyon kusurları ortaya çıkmaktadır. Bu tez çalışmasında, refraksiyon kusurlarının giderilmesinde kullanılan gelişmiş oftalmik optik camların üzerinde bulunan antirefle kaplamalarının ışık ve UV geçirgenlik davranışları detaylı olarak incelenmiştir.

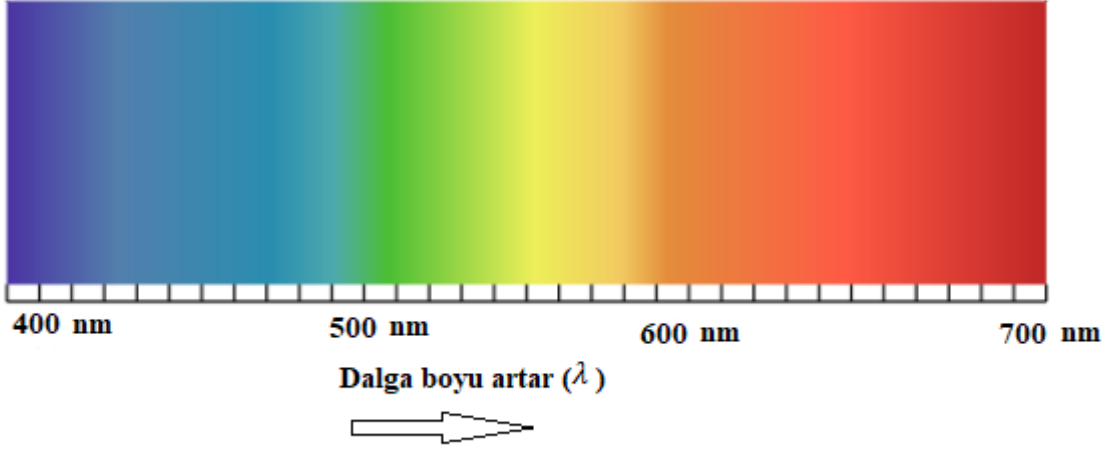
2.LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde oftalmik optik camların ışık ile ilişkisi, yapısı, kullanım alanları, refraksiyon kusurlarında kullanımları ve üzerlerine uygulanan kaplama türleri ile ilgili literatür bilgileri verilmektedir.

2.1 Işık ve Optik

Işık ve optik, fizik biliminde ışın doğasını, yayılımını ve etkileşimini araştıran bir dalıdır. Işık, enerjinin bir formu olmakla birlikte elektromanyetik dalga olarak isimlendirilmektedir. Optik ise ışığın davranışlarını ve özelliklerini ve bu özelliklerin pratik olarak uygulamasını incelemektedir (Band, 2006). Işık, elektromanyetik spektrumun görülebilir kısmına denmektedir. Optik bilimi sadece görülebilir ışıkla değil aynı zamanda ultraviyole (UV) ve kızılötesi (IR) ışık gibi diğer spektrum bölgeleriyle de ilgilenir (Sklar vd., 2012). Dalga-parçacık ikiliğinde ışık hem parçacık hem de dalga özellikleri göstermektedir. Işığın elektromanyetik dalgalar şeklinde yayılması dalga teorisi ile ilgilidir ve parçacık teorisinde ise ışık fotonlardan oluşmaktadır (Milonni, 1984). Işığın boşluktaki hızı ise yaklaşık olarak $3 \times 10^8 \text{m/s}$ 'dir ve bu da aynı zamanda ışığın evrendeki en yüksek hızıdır (Cao vd., 2024). Optik, ışığın davranışları, yansıması özellikleri ve optik araçlarla nasıl kontrol edilebileceği incelemektedir. Geometrik optik ve fiziksel optik olmak üzere iki ana dalda ayrı ayrı ele alınır (Pedrotti vd., 2018). Canlılar gün boyu elektromanyetik radyasyona maruz kalır bu radyasyonlar her yerdedir. Bu elektromanyetik radyasyonların bir kısmı vücudumuzdan geçerken bir kısmı da vücudumuz tarafından emilmektedir. Fakat elektromanyetik radyasyonların büyük bir kısmı tespit edilmemekle birlikte algılanamamaktadır. Gözümüze gelerek korneadan retinaya ulaşan ve emilen elektromanyetik spektrumun bu kısmı renk ve ışık olarak isimlendirilir. Işık, parçacık ve dalga olarak hareket eden radyant bir enerjidir. Bilinen en hızlı ışık hızı 186.000 mil hızdadır. Görünür ışık spektrumu nanometre(nm) ya da bir metrenin milyarda biri olarak ifade edilirken görünür ışık spektrumunun dalga boyları 400nm ve 700nm arasındadır. Bu spektrumda kırmızı ışık 700nm'ye, mor ışık ise 400nm'ye yakın alanda bulunur. 400 nm altında ultraviyole(UV) ışınları, 700nm üzerinde ise kızılötesi(IR) ışınlar yer almaktadır (Say, 2016:7). Diyoptri bir ölçü birimidir. Diyoptri aracılığıyla bir merceğe üzerine gelen ışık ışınlarının merceğten geçtikten sonra bu ışık ışınlarının nereye düşeceğini diyoptri yardımıyla buluruz. Diyoptri formülü ise $D=1/F$ olarak ifade edilir. D diyoptriye f ise merceğin odak uzaklığını ifade etmektedir. Bu şekilde diyoptrisi bilinen bir merceğin üzerine gelen ışık ışınlarının odak uzaklığını hesaplayabiliriz.

Formülü tam tersi olarak düşünecek olursak $F=1/D$ olur. Bu şekilde de odak uzaklığını bildiğimiz bir merceğin diyoptri gücünü rahatça hesaplayabiliriz. Bir lensin eğriliği, lensin malzemesi ve lensin kalınlığı lensin gücünü etkilemektedir. Lens formülü ise $DL=D_1+D_2$ şeklindedir. Burada DL lensin toplam gücünü D_1 lensin ön yüzey gücünü D_2 ise lensin arka yüzey gücünü ifade etmektedir. Lens merkezi ile geometrik optik merkez arasında farka lens desantrasyonu denmektedir. Bu değer milimetre(mm) ifade edilir ve hesaplanır. A+DBL (çerçeve lens büyüklüğü, yatay uzunluk) olarak ya da çerçeve PD (pupilla distance) olarak bilinir. Gözlük kullanıcısının PD'si gözlük çerçevesinden büyükse, merkezden uzaklaşma söz konusu olur. Bu durumda toplam merkezden uzaklaşmayı bulmak için A+DBL değerinden, gözlük kullanımının PD mesafesi çıkarılarak bulunur. Formül olarak ifade etmek gerekirse ; $(A+DBL) - \text{Kullanıcı PD} = \text{Toplam Merkezden Uzaklaşma}/2$ ya da Çerçeve PD $\text{Kullanıcı PD} = \text{Toplam Merkezden Uzaklaşma}/2$ şeklindedir. Eğer iki göz için PD mesafesi ayrı ayrı olarak verildiyse bu işlemler iki göz için ayrı olarak hesaplanmaktadır (Say, 2016:7). Transpoze işlemi optik merceğin düzeltici olan diyoptrik gücünü değiştirmeden reçetede bulunan silindirik gücü deçirmek için uygulanır. Transpoze işlemi üç adımdan oluşmaktadır: İlk adım, reçetede bulunan sferik ve silindirik kısımlar toplanarak birleştirilir. Bu işlem sonunda yeni sferik değer elde edilir. İkinci adım, reçete bulunan silindirik diyoptrik gücün işareti deçştirilir bu işlemde sadece işaret deçşirken sayısal değer yani diyoptrik güç deçştirilmez. Bu işlem sonrasında yeni silindirik diyoptrik güç elde edilir. Üçüncü adım, Aks deçğerinin deçştirilmesi adıımıdır. Eksen 90 derece deçştirilir yeni elde edilen eksen ise 1 ile 180 derece arasında olacaktır. Burada dikkat edilmesi gereken eğer eksen 1-90 derece arasında ise 90 derece eklenirken, 91-180 derece arasında bir deçer söz konusu olursa 90 derece çıkartılır. Bu işlemler sonucunda da yeni eksen yani aks deçeri elde edilir (Say, 2016:7). Gözlük kullanıcısının gözü ile mercek yüzeyi arasında kalan mesafeye verteks mesafesi denir. Verteks mesafesi oldukça önemlidir sebebi ise özellikle yüksek reçetelerde optik merceğin gücünün göze olan uzaklığı hareket ettirilmesi ile deçişmesidir. Yüksek deçğerlerde bu hareket ettirilmesi ile deçişen güç deçişimi sorunlara neden olabilir. Optik merceklerin gücündeki deçişimi, merceklerin göze yakınlığına veya uzaklığına göre hesaplamak için formül ise $DC=mmm \times (P \times P)/1000$ şeklindedir. DC= Diyoptri deçişimi, Mm= Verteks Mesafesi, P= Optik Merceğin gücü (Say, 2016:7).



Şekil 2.1:Görünür ışık spektrumu (Atakan,2022).

Uzun dalga boylarında olan ışınlar daha düşük enerji içerirler ve tam tersi olarak kısa dalga boylarında olan ışınlar ise daha yüksek enerji içerirler. Görünür ışıkta kırmızı bölgenin ucundaki ışınlar 700 nm dalga boyuna ve daha az enerjiye sahiptirler. Görünür ışık spektrumunda bulunan mavi alanın ucundaki ışınlar ise 400nm dalga boyunda olup daha kısa dalga boylarında ve daha yüksek enerjidedirler. Görünür ışık spektrumunda kırmızı rengin dışında kalan alandaki elektromanyetik ışınlar kızılötesi ışınlardır ve gözle görünmezler. Kızılötesi ışınlar sıcaklık etkisi yaratırlar yani ısıtma özellikleri vardır. Restoranlarda pişirilmiş olan yemekleri sıcak tutmak için kullanılan ısıtma lambaları vardır bu lambalar kızılötesi radyasyon yayarlar. Mavi ışık mavi-mor ışık olarak yaklaşık 400-450 nm arasındadır. Görünür ışık spektrumunun yaklaşık olarak üçte biri yüksek enerjili görünür ve mavi ışık bölgesi olarak bilinir. Görünür ışık spektrumunda en küçük dalga boylarına ve en büyük enerjide olan mavi ışıklara mavi-mor ya da mor ışık olarak adlandırılır. Gün içerisinde öğlen zamanlarında güneşten insan gözüne gelen mavi ışık yararlıdır ve uyanık kalmayı sağlar. Bunun yanı sıra çocuklarda refraktif anlamda gelişime iyi yönde etkisi vardır. Mavi ışık, ultraviyole ışıklardan sonra insan gözü için en tehlikeli olan ışıktır. İnsanların günlük hayatında mavi ışığa sürekli maruz kalmasından dolayı dijital ekranlarda mavi ışık filtreleyici farklı uygulamalar geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur (Pelit, 2022). Kırılma indeksi ışığın havadaki hızının kaynak malzemedeki ışık hızına bölünmesi sonucunda elde edilir. Kırılma indeksi malzemelerin yoğunluğunun karşılaştırılmasını sağlayan bir orandır. Merceklerin abbe değerleri lens üretildiği malzemenin optik saydamlığını ölçen bir indekstir. Optik merceğin merkezinden uzağa bakıldığında, lensin üretildiği malzemenin

sebepe olduğu bir dağıtma söz konusudur bu dağıtma derecesiyle ölçülmesiyle abbe değeri bulunur. Bir malzemenin optik olarak saydamlığı ne kadar fazla ise abbe değeri de o kadar yüksektir. Fakat abbe değeri düşükse malzemenin optik saydamlığı da o kadar düşük demektir (Say, 2016:7). Kırılma indisi arttıkça merceklerde inceler ancak kırılma indisi yüksek camlarda görüntü kalitesi yani abbe değeri de düşük olur. Fizikçi olan Ernst Abbe, Abbe değerini aşağıdaki gibi tanımlamıştır.

$$vd = n_d - 1 / n_F - n_C \quad (1)$$

n_d , n_F ve n_C Fraunhofer d-, F- ve C- spektral çizgilerinin sırasıyla 587,6 nm, 486,1 nm ve 656,3 nm dalga boylarında optik camlar için kullanılan malzemelerin kırılma indislerinin değerleridir (Tombuloğlu, 2022).

Tablo 2.1:Malzemesine göre merceklerin abbe değerleri (Tombuloğlu, 2022).

Mercek Malzemesi	Abbe Değeri
Kron (Crown) Cam	59
CR-39	58
Baryum Cam	42
Yüksek İndisli Camlar	36
Flint Cam	30
Polikarbonat	30

Yüksek indeksli olan bazı camlarla birlikte polikarbonat merceklerin abbe sayıları oldukça düşük olduğundan bu optik merceklerin montajları yapılırken optik merkezlemenin iyi bir şekilde yapılması gerekir. Eğer optik merkezleme iyi yapılmazsa gözlük kullanıcılarının görüntü kalitesini olumsuz olarak bu durumdan etkilenir. Refraktometrede bazı dispersiyon denklemleri kullanılır ve belirlenmiş bir dalga boyunda cam materyalinin kırma indisi bu şekilde belirlenebilir. Kırılma indisi ve dalga boyunun dispersiyon denklemi Cauchy denklemidir ve şu şekildedir.

$$n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4} + \frac{d}{\lambda^6} + \dots \quad (2)$$

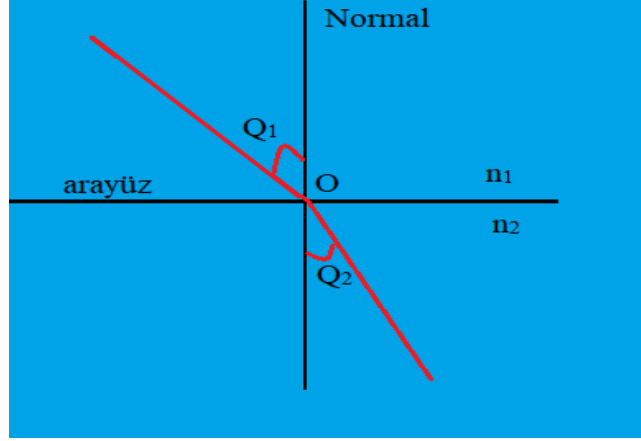
Bu denklemde bulunan ilk iki terimi hesaplama yaparken kullanmak yeterlidir. Bu denklemde bulunan n kırılma indeksi, λ dalga boyu, a, b, c ve d düzeltme katsayılarıdır. Denklemde ilk iki terimi alıp eş zamanlı çözüm yapıldığında;

$$n(\lambda) = n + \frac{n-1}{v} \left(\frac{523.655}{\lambda^2} - 1,5168 \right) \quad (3)$$

şeklinde Cauchy denklemi elde edilir. Cauchy denkleminde olduğu gibi dalga boyunun bir fonksiyonu olan kırılma indisini Sellmeier denklemi de açıklamaktadır. Sellmeier denklemi, Cauchy denklemine göre daha karmaşık bir denklemdir ve daha geniş dalga boyu aralıkları için kırılma indisini açıklar. Sellmeier denklemi;

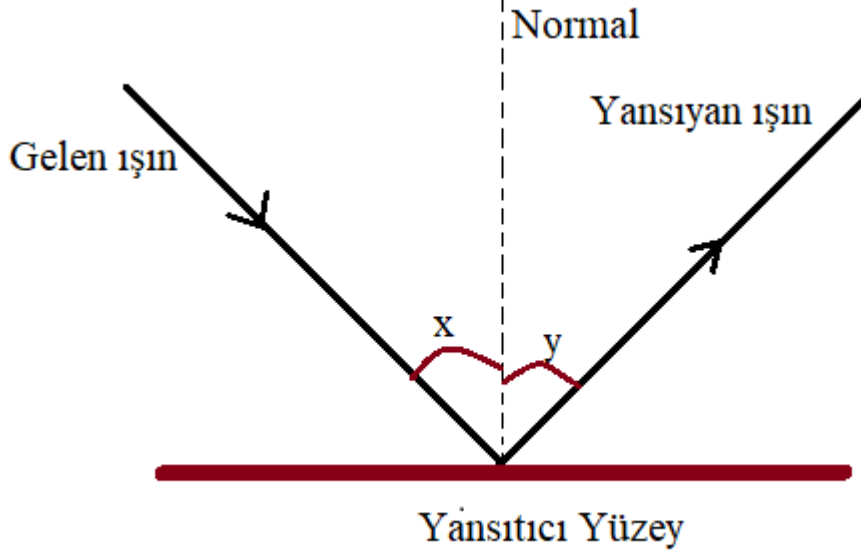
$$n^2(\lambda) = 1 + \frac{b_1 \lambda^2}{\lambda^2 - c_1} + \frac{b_2 \lambda^2}{\lambda^2 - c_2} + \frac{b_3 \lambda^2}{\lambda^2 - c_3} \quad (4)$$

şeklinde. Cauchy denklemi gibi Sellmeier denklemi de dalga boyunun bir fonksiyonu olarak kırılma indisini tanımlar (Tombuloğlu, 2022). Sellmeier denklemi daha kompleks bir yapıda olup, daha geniş bir dalga boyu aralığı için kırılma indisini tanımlar. Sellmeier denklemi; Denklemde ilk iki terimini hesaplamalarda almak yeterlidir, diğer terimler ihmal edilir. Burada n kırılma indeksi, λ dalga boyu, a, b, c ve d düzeltme katsayılarıdır. Daha kullanışlı bir form elde etmek için bu denklemin ilk iki terimini ele alıp, Cauchy denklemlerini eş zamanlı olarak çözdüğümüzde, polikarbonat ve yüksek indeksli bazı tür camların abbe değeri oldukça düşüktür. Dolayısıyla, bu tür camların montajı yapılırken, merkezlemenin çok iyi yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde, kişinin görüş kalitesi olumsuz etkilenir. Çeşitli dispersiyon denklemler kullanılarak refraktometrede, belirli bir dalga boyunda lens materyalinin kırılma indisi belirlenebilir. Ortak dispersiyon denklemi, kırılma indisi ve dalga boyunun bir fonksiyonudur ve Cauchy denklemi olarak adlandırılır (Tombuloğlu, 2022). Geometrik optik, yansıma(refleksiyon) ve kırılma(refraksiyon) olmak üzere iki ana dalda ele alınır (Pedrotti vd., 2018). Işığın bir yüze çarptığında geri dönmesine yansıma(refleksiyon) denmektedir. Işığın geliş açısı ve yansıma açısı yansıma kanununa göre birbirine eşittir ve ışık aynı ortamda hareket eder (Bhattacharjee, 2010). Işığın bir ortamdan başka bir ortama geçerken hızı ve yönü değişmektedir ve buna kırılma(refraksiyon) denir. Snell yasası: $n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$ burada ortamın kırılma indisini 'n' ile gösterilmektedir (Learning, 2021).



Şekil 2.2:Snell yasasını gösteren basit bir şekil. n_1 ve n_2 farklı iki ortam ve $\theta_1 > \theta_2$ (Özer, 2005).

Fiziksel optik, ışığın dalga özelliklerini incelemektedir. Dalga özellikleri ise girişim, kırınım ve polarizasyon olarak incelenir. İki ışık dalgası üst üste geldiğinde kuvvetlenebileceği gibi zayıflayabilir buna girişim denirken, ışığın bir engelin veya açıklığın etrafında yayılmasına kırınım, ışığın belirli bir düzlemde titreşimlerinin sınırlandırılmasına ise polarizasyon denmektedir (Qin, 2012).Optik yansımada, ışığın bir kırılmasında geri dönüş olayını ifade eder. Bu süreç, ışık dalgalarının yüzeylerinin atomlarıyla etkileşimi sonucu gerçekleşir (Facchinetti, G ve Ruostekoski, 2018). Yansımada, şekilli aynalar gibi düzgün yüzeylerde daha düzenli ve tahmin edilebilir bir şekilde gerçekleşirken, pürüzlü yüzeylerde ise daha dağınık bir şekilde gerçekleştirilir. Optik yansımada, geometrik optik "yansımada özellikleri" ile açıklanır. Bu kurallar, gelen ışığın yansımada dik olarak çizilen normali ile yaptığı açı (gelme açısı) ile yansıyan ışığın bu normale yaptığı açının (yansımada açısı) eşit olmasıdır (Nayar vd., 1990).



Şekil 2.3: Gelen ışının yüzeye çarptıktan sonra yansımalarının gösterimi (URL-1,2024).

Gelen ışının normal ile yaptığı açı “x” iken, yansıyan ışının normalle yaptığı açı ise “y” açısıdır. Yansımaya gözlükte bulunan optik merceklerin hem ön hem de arka yüzlerinde ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Yansımaya oranı R ile gösterilirse, Yansımaya miktarı, gözlük camının ön ve arka yüzleri olmak üzere ayrı ayrı hesaplanır. Yansımaya oranı R ile gösterilirse $R = (n_2 - n_1)^2 + K^2 / (n_2 + n_1)^2 + K^2$ formülü ile hesaplanır. Bu formülde n_1 'in hava ortamı olduğu düşünülürse $n_1=1$ olarak kabul edilebilir ve K değeri ise yüzeyin soğurma katsayısıdır. Işıklar gözlük merceklerine geldiklerinde bir bölümü yansırken bir bölümü de göze ulaşmak için kırılıma uğrar ve bir bölümü de gözlük mercekleri tarafından absorbe edilir. Burada absorbe olan ışık ışınlarının bir enerjisi söz konusudur. Bu enerjinin ısı enerjisine dönüşmesi absorpsiyon olarak tanımlanır. Gözlük merceklerinin rengi de absorpsiyonu etkilemektedir. Gözlük merceklerinin renkleri ne kadar koyu olursa absorbe edebilecekleri ışık oranı artmaktadır (Tombuloğlu, 2022).Mavi ışık, kısa dalga boyu (380-500 nm) ve yüksek enerji sayesinde göz sağlığı üzerinde hem faydalı hem de zararlı etkiler yaratmaktadır. Doğal güneş ışığının yanık, LED ekranlar, cep telefonları, tabletler ve bilgisayarlar gibi yapay ışık kaynaklarından da yoğun bir şekilde yayıldığı gözlemlenmektedir (Hipólito ve Coelho, 2024). Uzun süreli ve yüksek yoğunlukta mavi ışığa maruz kalma, retina üzerinde oksidatif strese sebep olabilir ve makula dejenerasyonu riskini artırabilir (Funk vd., 2014). Bunun yanı sıra, dijital cihazlardan yayılan mavi ışık göz yorgunluğu, bulanık görme ve uyku bozukluklarına yol açabilir (Rosenfield, 2016). Katarakt, göz merceğinin opaklaşmasıyla karakterize edilen bir durumdur ve genellikle yaşlanma sürecinin bir sonucu olarak gelişir.

Mavi ışık ile katarakt arasında iki yönlü bir ilişki vardır. Katarakt oluştuğunda, bulanıklaşmış lens mavi ışığı filtrelemeye başlar ve filtrelemeden kaynaklı olarak retinaya ulaşan mavi ışık miktarı ise azalır. Bu durum, potansiyel olarak makula üzerindeki zararlı etkileri sınırlayabilir fakat bu doğal filtreleme mekanizması genellikle görme kalitesinin bozulması pahasına gerçekleşir. Katarakt ameliyatı sırasında göze, göz içi lensler yerleştirilir ve bu lensler genellikle UV ışığını bloke emesinin yanı sıra, mavi ışık filtreli göz içi lenslerde geliştirilmiştir ve bu göz içi lensler uygulanan kişilerde mavi ışığı filtrelemesine rağmen katarakt operasyonundan sonra görme performansını olumsuz etkileyebileceği konusunda bazı endişeler ortaya atılmıştır. Literatürün çoğunluğu mavi ışık filtreli göz içi lenslerle, UV ışık filtreli göz içi lenslerle karşılaştırma yapıldığında çok önemli bir değişikliğin olmadığını ya da varsa bile bu değişikliklerin çok düşük olduğunu göstermektedir (Zhu vd., 2012).

2.2 Optik Camların Kullanım Alanları

Mikroskop, endoskop, oftalmoskop gibi cihazlarda yüksek hassasiyetli optik lensler tıbbi cihazlarda kullanılır (Méndez, 2016). Göz sağlığı konusunda ise gözlük, kontakt lens ve göz içi lenslerde refraksiyon kusurlarını düzeltmek için kullanılır (Lambert vd., 2020). Cerrahi uygulamalarda lazer cerrahisinde, özellikle göz ameliyatlarında, lazer ışınlarını yönlendirmek ve odaklamak için optik lensler kritik bir öneme sahiptir (Fankhauser ve Kwasniewska, 2003). Dental mikroskoplarda ve diğer diş hekimliği optik uygulamalarında kullanılır (Carr ve Murgel, 2010).Güneş enerjisinde fotovoltaik sistemler için güneş ışığını yoğunlaştırmak ve enerji miktarını artırmak için fresnel lensler gibi özel optik lensler kullanılır (Xie vd., 2011). Lazer Teknolojileri: Enerji üretiminde kullanılan yüksek güçlü lazerlerde optik lensler ışığı doğru bir yöne yönlendirir (Beckmann ve Ehrlichmann, 1995).Otonom araçlarda lidar sistemleri ve kameralarla çevre algılama teknolojilerinde optik lenslerin temel çözümleridir. Far ve aydınlatma sistemlerinde adaptif farlar ve LED far sistemleri ışığın düzgün dağıtımını için lensler kullanılır. Güvenlik sistemlerinde geri görüş kameraları ve sürücü destek sistemleri görüntü kapsamını artırmak için lensler kullanılır (Cerri, 2019).Kamera ve fotoğrafçılık alanında akıllı telefon kameralarında, DSLR makinelerinde ve güvenlik kameralarında yüksek çözünürlük sağlamak amacıyla optik lensler kullanılır (Peres, 2017). Projektörlerde ve ekranlarda görüntüyü yansıtmak ve büyütme için özel lensler kullanılır (Pan vd., 2008). Lazer okuyucularda CD, DVD ve blu-ray cihazlarında lazer ışınını odaklamak için lensler kullanılır (Kumar ve Krishnaiah, 2003).Optik hedefleme sistemlerinde dürbün ve gece görüş cihazlarında optik lensler

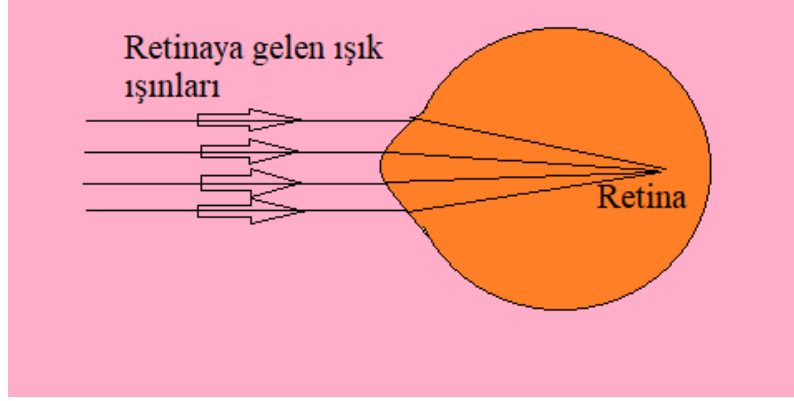
hassasiyeti sağlar (Stoychev ve Hutov, 2024). Yüksek güçlü lazer silah sistemlerinde ışığın yönlendirilmesi ve odaklanması için lensler kullanılır (Anderberg ve Wolbarsh, 2013). Uydular ve insansız hava araçlarında kullanılan optik sistemlerde yüksek çözünürlüklü görüntüleme sağlar (Ali vd., 2022).

2.3 Camın (SiO₂) Yapısal Özellikleri

Cam şeffaf ve kırılğan bir malzemedir. İnsan hayatında birçok alanda kullanılmaktadır. Cam malzemelerin ana bileşenleri ise kumlar(Silikatlar, SiO₂) ve alkalilerden oluşur. Erimiş viskozite halinde bu bileşenler birbiriyle yüksek sıcaklıkta tepkimeye girerler sonrasında hızlı bir şekilde sert yapı oluşturarak soğutulurlar fakat bu süreçte kristal yapı oluşturacak bir süreç bulamazlar. Üretimdeki hızlı soğutma malzemenin amorf yapıda olmasına sebebiyet vermektedir. Bu yapı ise cam malzemeye sertlik ve şeffaflık özelliğini kazandırır. Malzeme soğutulduğunda amorf yapıda katılaşmaktadır. Cam malzemelerin kullanılacakları ve uygulanacakları alanlarına göre istenilen özelliklerin elde edilebilmesi için cam malzemenin bileşenleri ve soğutma hızı değişkenlik gösterebilir. Camın fiziksel ve kimyasal özellikleri ise şu şekilde sıralanabilir; yoğunluk, kırılma enerjisi, sertlik, aşınmaya karşı direnci, termal özellikler, şeffaflık, kırılma indeksi, elektrik iletkenliği, ses yalıtımı özelliği, ısı yalıtımı özelliği ve kimyasal dayanıklılık ve elastiklik özelliğidir. Bu özelliklerin yanı sıra cam malzemelerin ışık geçirgenliği, ışık yansıtma özelliği, emilim ve ışık kırıcılığı özellikleri de optik özellikleri arasındadır. Yoğunluğu ve mohs sertliği ise fiziksel özellikleridir (Aykut, 2019).

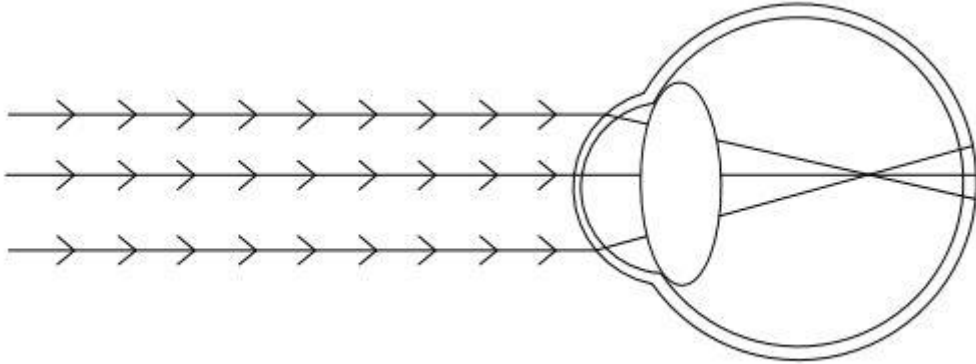
2.4 Gözün Yapısı ve Kırma Kusurları

İnsan gözü orbita içerisinde bulunur ve orbitanın kemikleri tarafından muhafaza edilmektedir. Göz küre şeklindedir ve sadece gözün ön yüzeyi açıkta durmakta bu sayede ışık ışınlarına maruz kalmaktadır. Gözün açıkta duran kısmının en dışında yer alan kısım korneadır. Göz dış tabaka orta tabaka ve iç tabaka olmak üzere üç kısımdan oluşmuştur. Dış tabaka da sklera ve kornea, orta tabaka da koroid, iris siliyer ve kornea iç tabaka da ise retina bulunur (Malkoç, 2006). Bir göze paralel olarak gelen ışık ışınlarının retinanın üzerine odaklanmasına emetrop göz denmekte iken gelen ışınların retina üzerine odaklanmamasına ise ametropik göz denmektedir. Ametropi de göze paralel gelen ışık ışınlarının retinanın önüne düşmesiyle miyopi, retinanın arkasına düşmesi ise hipermetropiye neden olmaktadır. Ve bu refraksiyon kusurları sferik ametropiler olarak adlandırılırken, meridyenlerin farklı diyoptrik güçte olmasına ise asigmatik ametropi denmektedir (Erdoğan ve Güler, 2017).



Şekil 2.4:Göze gelen ışık ışınlarının retina üzerine odaklanması(URL-2, 2022).

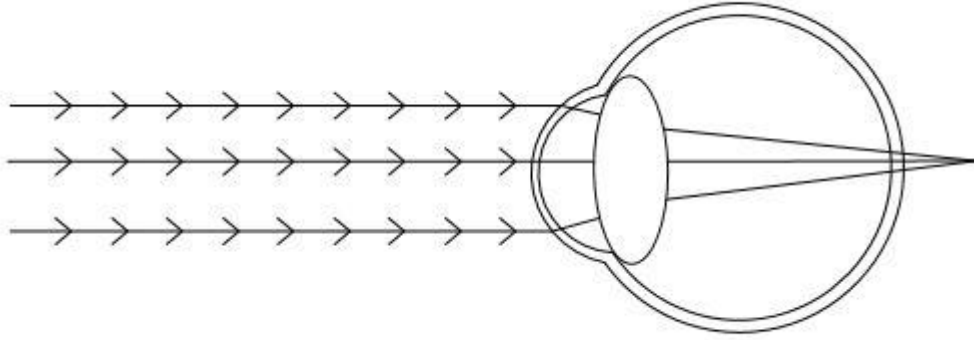
Miyopi sıkça karşılaşılan bir refraksiyon kusurudur ve farklı coğrafik bölgelere ırklara göre değişkenlik göstermenin yanı sıra Asya bölgesinde yaşayan ırklarda miyopi oldukça yüksek bir şekilde görülmektedir (Karaca ve Yılmaz, 2018). Göze gelen ışık ışınları retinanın önüne odaklanmasına miyopi denir (Erdoğan ve Güler, 2017). Miyopi rahatsızlığının düzeltilmesi için ışığın retina üzerine düşürülmesi gerekir. Bu nedenle miyopi kusurunun düzeltilmesi için sferik konkav camlar kullanılmaktadır (Kaşıkçı, 2021).



Şekil 2.5:Göze gelen ışık ışınlarının retina önüne düşmesi ile miyopi(URL-3, 2025).

Hipermetropi de göze gelen ışık ışınları göz küresinin normalden daha kısa olmasından dolayı retinanın arkasına düşmektedir. Bu nedenle ışık ışınları görüntü merkezinin üzerine odaklanmaz. Görüntü merkezi üzerine odaklanmadığından dolayı hipermetropi kusuru ortaya çıkar. Hipermetropi kusurunun tedavi edilmesi için sferik konveks camlar

kullanılarak göze gelen ışık ışınlarının retinanın üzerine odaklaması sağlanır. Bu şekilde hipermetropi rahatsızlığı giderilmiş olur (Kaşıkçı, 2021).



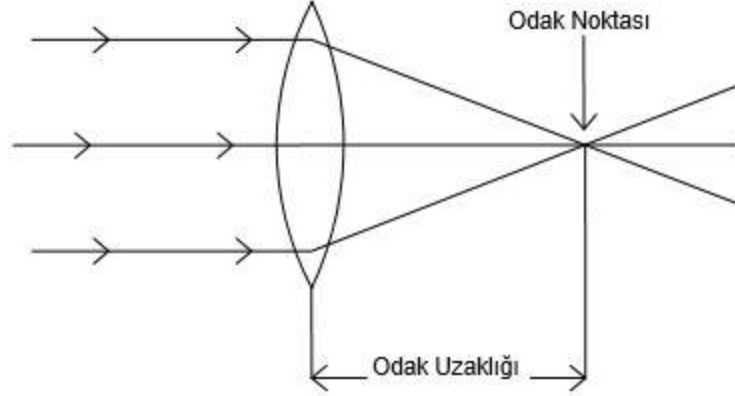
Şekil 2.6:Göze gelen ışık ışınlarının retinanın arkasına düşmesi ile hipermetropi (URL-4, 2025).

Kişilerin yaşlarının ilerlemesiyle birlikte gözlerinin akodomasyon yeteneğinin kaybetmesidir. Gözün akodamasyon yapma yeteneğini kaybetmesiyle birlikte yaşa bağlı olarak göz, yakın nesnelere net bir şekilde odaklanma yapamaz. Çünkü göz merceğinin esnekliği yaş ilerledikçe azalmakta bunu yanı sıra sertleşmenin artması ile gözün uzama ve kısalma yeteneğini kaybetmesi durumu ortaya çıkar. Genel olarak 35 yaş ve üzeri kişilerde presbiyopi rahatsızlığı görülmektedir. Presbiyopi bulguları arasında küçük yazıları zor okumak, okuma yapılacak materyali daha uzakta tutmak, baş ağrısı ve göz yorgunluğu vardır. Presbiyopi yakını görememe rahatsızlığı olduğu için düzeltilmesinde okuma gözlüğü, kontakt lens, bifokal ya da progresif gözlük camı kullanılabilir (Kaşıkçı, 2021). Refraksiyon kusurlarından olan astigmat, gözde bulunan kornea veya lensin şeklinin bozulması sonucunda ortaya çıkan bir kusurdur. Kornea veya lensin şeklinin bozulması sonucunda göze gelen ışık ışınlarının retinaya odaklanmaması sonucunda flu ve bozuk görme kusuruna astigmat denir (Güncel, 2024). Astigmat kusuru olan gözde birbirine dik olan iki meridyenin kırıcılık güçleri farklılık gösterir bu nedenle gözde iki farklı odak noktası oluşur. Tam bir nokta olarak odaklanmanın olmadığı astigmat gözde refraksiyon kusuru düzeltme yapıldıktan sonra nokta formunda olmaktadır (Bulut, 2021).

2.5 Camın Kimyasal Yapısı ve Oftalmik Optik Camların Özellikleri

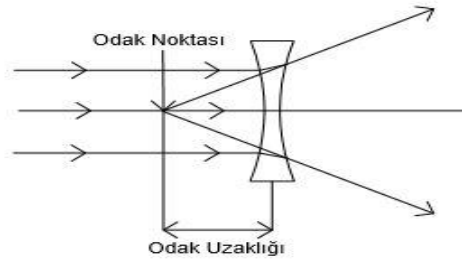
Oftalmik optik camlarda güç birimine diyoptri denmektedir. Oftalmik optik camlar sferik mercekler, silindirik mercekler ve prizmatik mercekler olarak 3 grupta sınıflandırılabilir (Özdemir ve Kabak, 2018). Refraksiyon kusurlarının giderilmesi bu kusurların ortadan kaldırılmasını sağlayan ve gözleri gelen fazla ışıklarla birlikte UV ışınlarından koruyan camlara gözlük camları denir. Optik camlar üzerlerine gelen ışık ışınlarını kırmaya yardımcı şeffaf cisimlerdir. Bu optik camların ışık ışınlarını kırma miktarı ise camların şekillerine yani yüzeylerinin eğriliğine, üretildikleri malzemeye ve içerisinde buldukları ortam şartlarına bağlıdır. Optik mercekler kenar biçimlerine, yüzey biçimlerine kimyasal yapılarına, kırma indislerine, odak sayılarına, renklerine ve büyüklüklerine göre ayrılır. Kenar biçimine göre lensler Konveks(ince kenarlı) ve Konkav(kalın kenarlı) olarak ikiye ayrılır. Yüzey biçimine göre ise VP(numarasız cam), SPH(küresel), CYL(silindirik), PL-SPH(plan silindirik),SPH-CYL(küresel silindirik), CYL-CYL(silindiro silindirik) ve prizmatik mercekler olarak sınıflandırılır. Kimyasal yapılarına göre ise mineral ve organik(plastik) olarak 2'ye ayrılır. Kırma indislerine göre ise mineral($n=1.52$), CR-39 organik cam($n=1.49$) yüksek indisli ($n=1.6/1.71/1.74\dots$), polikarbonat($n=1.59$) ve triveks($n=1.53$) olmak üzere gruplara ayrılabilir. Odak sayılarına göre ise mercekler Tek odaklı, iki odaklı(bifocal), üç odaklı(trifocal), çok odaklı(multi-focal) olarak ayrılırken renklerine göre ise renkli, renksiz, UV etkisi ile kararan(kolormatik, fotokromik) olarak sınıflandırılır. Son olarak büyüklüğüne göre ise 50-55mm(Küçük), 60-65mm(orta) ve 75mm(büyük) olarak ayrılır (Özdemir ve Kabak, 2018).Merkez kalınlığının kenar kalınlığından daha ince olan merceklerle kalın kenarlı mercekler ya da konkav mercekler denir. Tam tersi durumda ise yani merkez kalınlığının kenar kalınlığından daha çok olduğu merceklerle ise ince kenarlı mercekler ya da konveks mercekler denir (Kaşıkçı, 2021). Konveks camlarda dik olarak gelen ışık ışınları kırılarak birbirine yaklaşır ve mercekte kırılan ışık ışınlarının kestiği noktaya odak noktası denir. Konveks camlarda ışınlar kendileri kesiştiği için bu gerçek noktaya odak uzaklığı denmektedir ve (+) olarak kabul edilir. Konkav camlarda ise dik olarak gelen ışık ışınları kırılırlar ve birbirlerinden uzaklaşırlar. Konkav camlarda ışık ışınlarının kendileri yerine uzantıları kesiştiği için odak uzaklığı ise (-) kabul edilir (Özdemir ve Kabak, 2018).Bu mercekler üzerlerine gelen ışık ışınlarını kırarlar ve sonrasında daha yoğun bir biçim verirler. Konveks camlar, pozitif (+) diyoptrili camlardır. Konveks camlar dışbükey camlardır. Planokonveks, bikonveks ve menisküs biçimde olabilirler. Bu camları kullanarak bir nesneye bakıldığında nesnelere daha büyük görünür. Konveks camlar görüntüleri

büyüttüğünden dolayı refraksiyon kusurlarından hipermetropinin tedavisinde kullanılırlar. Konveks camların yatay ekseninde hareket ettirilmesiyle gözlemlenen nesnenin görüntüsü yatay ekseninde hareket yönünün tersi istikametinde ilerler (Özer, 2005).



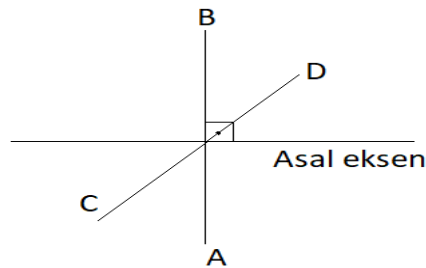
Şekil 2.7:Konveks cam(URL-5, 2020).

Bu mercekler üzerlerine gelen ışık ışınlarını kırarak konveks camların tersine daha dağınık bir biçim verirler. Konkav camlar, negatif(-) diyoptrili ve içbükey camlardır. Bu nedenle miyopi tedavisinde kullanılırlar. Planokav, bikonkav ve menisküs biçiminde olabilirler. Bu camlar kullanılarak bir nesneye bakıldığında ise nesnelere daha küçük gösterirler. Konkav camların yatay ekseninde hareket ettirilmesiyle gözlemlenen nesnenin görüntüsü yatay ekseninde hareket yönü ile aynı istikamette olur (Özer, 2005).



Şekil 2.8:Konkav cam (URL-5, 2020).

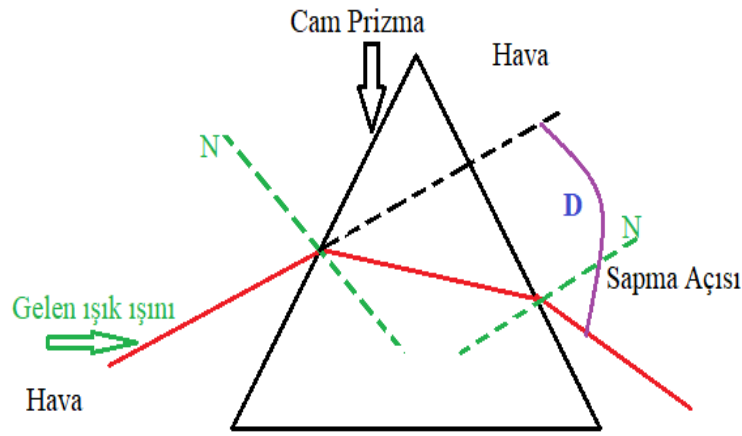
Kenar kalınlığı ve merkez kalınlığı eşit olan yani numaralı olmayan camlara VP numaralı cam denmektedir. Eşit merkez ve kenar kalınlıkları nedeniyle ışık ışınlarını bir noktada toplayamazlar bu sebeple belli bir odak uzaklığı, odak noktası ve diyoptriler yoktur. Camın bu özelliklere sahip olmaması numaralı olmasına sebep olmaktadır (Özdemir ve Kabak, 2018). Retina üzerine paralel gelen ışık ışınlarının, retina üzerine odaklanmaması durumu ametropi olarak adlandırılır (Özpinar, 2011). İnsan gözünde diyoptri sisteminde bulunan meridyenlerin hepsinin aynı olduğu hipermetropi ve miyopi sferik ametropidir (Acer, 2021). Kırıcılıklarının her ekseninde aynı olduğu camlardır. Işık ışınlarının geldiği eksenlerde optik camın diyoptrisi kadar kırılması söz konusu olduğu camlara sferik camlar denmektedir. Bu camlar konveks(yakınsak) ve konkav(ıraksak) camlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Özpinar, 2011). Silindirik camlarda, sferik camlarda ki gibi ışık ışınlarının tüm eksenlerde eşit diyoptrilerde kırılması söz konusu değildir. Silindirik camlarda asal eksene ve bunun yanı sıra birbirlerine dik pozisyonda bulunan AB ve CD ışıklı nesnelerin görüntülerinde bu mercekler, ışıklı nesnelere sadece birine etki eder ve diğerine bir kırıcılığın söz konusu olmadığı merceklerdir. Silindirik camlar astigmatik lenslerdir ve sözcük anlamı ise nokta şeklinde olmayandır (Özer, 2005).



Şekil 2.9: Silindirik camlarda birbirine ve asal eksene dik konumda olan AB ve CD nesnelerinin görüntülerinden sadece biri kırılır (Özer, 2005).

Prizmatik merceklerde iki düzlem söz konusudur ve bu iki düzlem kesişmektedir. Kesişen bu iki düzlem arasında kalan saydam alana prizma denmektedir. Prizmatik mercekler, ışınların kırılması ve yön değiştirme özelliklerinin kullanarak görüntülerin doğru hizalanmasına katkıda bulunan optik aletlerdir (Özer, 2005). Genellikle şaşılık (strabismus), diplopi (çift görme) ve diğer binoküler görme problemlerinin tedavisinde kullanılırlar. 1 metre uzakta olan ışık ışınını orijinal doğrultusundan 1 cm saptıran prizmatik etkiye bir

prizma diyoptrisi denir. Prizmatik mercekten bakan kişi, bir nesnenin görüntüsünü prizmatik etkiyle orijinal yerinden 1 cm farklı yerde görür. Oluşan görüntülerin yeri her zaman prizmatik merceğin tepesine doğru oluşur. Şekil 7’de prizma diyoptrisi ise Δ (delta) işareti ile gösterilmektedir (Kuru, 2017). Prizmalar aracılığıyla oluşturulan görüntüler düz ve sanal görüntülerdir. Anizotropik hastalarda kullanılan gözlük merceğinin başka noktalarından bakıldığında prizmatik etki oluşur, bu prizmatik etki farklı olan bakış açıları rahatsızlık yaratabilir. Bu nedenle yüksek miyop veya düşük hipermetrop olan merceğe prizma, miyop merceğin arka kısmına, hipermetrop merceklerde ise merceğin ön kısmına yerleştirilir. Hastaların rahat okuyabildiği görebildiği noktaya kadar deneme yoluyla değer bulunur (Şahlı ve İdil, 2020).



Şekil 2.10:Prizmada ışığın kırılması (Özer, 2005).

Bir prizma diyoptrisi(Δ) ışık ışını bir metre mesafede bir cm yer değiştirmesi demektir. Buradan hareketle matematiksel olarak Δ Prizma= cm(dikey yer değiştirme)/m(prizmadan yatay mesafe) ifade edilir. Prizmalar oluşan görüntüleri tepe noktası yönüne kaydırıldığından oluşan görüntünün oluşacağı yeri bulabilmek için prizmanın tabanının yönlendirildiği yönü bilmek gerekir. Prizma bir gözlük camına eklendiğinde, prizma tabanı eğer kullanıcının çene kısmına bakarsa taban aşağı(base down, BD), eğer tabanı kullanıcının alın kısmına bakarsa taban yukarı(base up, BU), prizmanın tabanı nazal kısmına bakarsa taban içeri(base in, BI) ve son olarak prizma tabanı kullanıcının temporal kısmına baktığında “taban dışarı(base out, BO) denmektedir. Optik merceğin, optik merkezi gözlük kullanıcısının pupillası ile noktasal olarak ayarlandığında prizma etkisi olmaz. Prizma etkisinin oluşabilmesi için, optik

merkezin pupilla ile aynı noktada olmayacak şekilde ayarlanarak hareket ettirilmesiyle olur. Bu şekilde oluşan prizmatik etkiye desentrasyona bağlı indüklenen prizma etkisi denir. Bir merceğin bir miktar merkezinden uzaklaşmak prizma etkisi yaratır ve bu prizmatik gücü hesaplamak için “Prentice Kuralı” kullanılır. Matematiksel olarak $\Delta=Cx|D|$ formülü gösterilmektedir. Burada C desentrasyon miktarını, D ise diyoptri cinsinden merceğin gücünü ifade eder (Han vd., 2023). Kimyasal özelliklerine göre mercekler mineral ve organik mercekler olarak 2 grupta incelenmektedir (Büyükyıldız, 2010). Belli bir kimyasal bileşimi ve kristalleşmiş olan saf yapıdaki katılara mineral cam denir. Mineral camın yapısında %60-70 oranında (SiO_2) Silisyum Oksit vardır. Diğer bileşiminde ise sodyum, bor ve kalsiyum oksitler yer almaktadır (Büyükyıldız, 2010).Kron(Crown taçlı) cam; ışık geçirgenliği yüksek, rengi ve kokusu olmayan ve sıcaklığa ve dış etkenlere karşı dayanıklı ve kolay çizilmeyen bir mercek türüdür. Kırılma indisi ise $n=1.523$ 'tür. Bu kırıcılık indisi ile kron cam mineral mercekler arasında abbe değeri en yüksek olan mercektir. Flint(çakmaktaşı, kurşunlu cam, Kristal) Camlar ise ışık geçirgenlikleri yüksek, ışık ışınlarını kırma güçleri yüksek, parlak formda, ağır ve dayanıklı olan özellikte bir mercek türüdür. Bu özelliklerin yanı sıra bu merceğin kırılma indisi $n=1.62$ 'dir. Bu nedenle de sertlik olarak kron camdan daha serttir. Bu merceklerin ışık geçirgenliği kron camdan fazla olmasına rağmen ağır olduğundan dolayı günümüzde artık tercih edilmemektedir. Borosilikat camlar; bu camlar fotokromik diğer adıyla kolormatik olarak bilinen UV ışığı etkisiyle merceğin karardığı camların üretiminde kullanılırlar. Kırılma indisi ise net olarak belli değildir ancak yapılan çalışmalar neticesinde incelendiğinde $n=1.525$ ve $n=1.604$ değerlerinin arasında olduğu belirlenmiştir. Yüksek kırıcılık indisli mineral(Ağır Flint) camlar; ham olan bir cam malzemeye farklı mineral malzemelerin eklenmesiyle kırıcılık indisi yüksek olan merceklerin üretildiği cam çeşidine denir. Yüksek kırıcılık indisli camlar yüksek diyoptriye sahip optik cam kullanıcıları için oldukça hafif ve ince olduğundan dolayı kullanım kolaylığı sunmaktadır. Kırıcılık indisi ne kadar yüksekse abbe değeri de o kadar düşer. Bu nedenle merceklerde gerçekleşen renk ayrışması ve yansımalar da artar. Titanyum maddesinin saf olarak bulunan cama eklenmesi sonucunda kırılma indisi $n=1.7$ olan baryum ağır flint camların üretimi başlamıştır. Sonrasında lantan maddesi de eklendiğinde kırıcılık indisi $n=1.8$ olan lantan ağır flint(LaSF) camlar üretilmeye başlanmış, günümüzde en yüksek kırıcılık indisi olan cam çeşidi ise lantan ve niyobyumun eklenmesiyle bulunmuştur kırıcılık indisi ise $n=1.9$ 'dur (Semercioğlu, 2022).

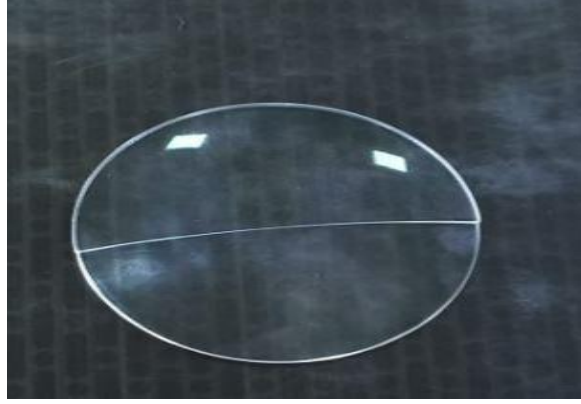
Tablo 2.2:Mineral camlarla organik camların karşılaştırılması (Aykut, 2019).

Mineral Camlar	Organik Camlar
Kolay çizilmezler.	Kolay çizilirler.
Ağırdırlar.	Hafiftirler.
Yansıma fazladır.	Yansıma azdır.
Kolay temizlenirler.	Kolay temizlenmezler.
İncedirler.	Kalındırlar.
Uv ışınlarını geçirirler.	UV koruması var.
Kolay toz tutmazlar.	Kolay toz tutarlar.
Montaj riskleri yüksektir.	Montaj riskleri azdır.

Bu mercekler plastik monomerlerin polimerizasyonu yöntemiyle elde edilmektedir. Mineral camlara göre günümüzde daha çok kullanılan merceklerdir. Plastik yani organik camların en çok tercih edileni ise Colombia Reçinesi olan CR-39'dur. Plastik mercekler kristal olmayan bir yapıya sahiptirler yani amorf yapıdadırlar. Bu yüzden şeffaftırlar. Görüş kalitelerinin iyi olmasının yanında ışık geçirgenlikleri de yüksektir. Ayrıca kolayca kırılmazlar ve oldukça hafiftirler ama bu özelliklerinin yanında dezavantaj olarak kolay çizilirler (Özdemir ve Kabak, 2018). Yüzey filmlerinin cam üzerinde silika bakımından zengin olacak ve uygun şekilde de temperlenmesi gözenekliliği azaltır bu da camın kimyasal maddelere karşı dayanıklılığını artırır. Organik cam üzerinde özel olarak uygulanan dayanıklılık testleri yapılmış ve bunun neticesinde nitel olarak derecelendirmeler yapılmış ve dayanıklılık geliştirilmiştir. Dayanıklılık geliştirildikten sonra ise organik camlar, cam listelerinde yerini almıştır (Aykut, 2019). Bu camlar organik cam olan CR-39 gibi düroplast özellikte değil, termoplast özelliktedirler. İki monomerin ısı altında uzun süre sonunda diğer küçük monomerlerin ayrılması ile elde edilen merceklerdir. Bu özellikteki camlar kurşungeçirmez cam malzemedен üretilmektedir ve Organik cam olan CR-39'a kıyasla maruz kaldığı darbelere karşı 10-12 kat daha direç göstermektedir. Fakat yüzeyleri yumuşaktır. Yüzeyleri kimyasal maddelere maruz kaldığında hızlı bir şekilde bozulabilir. Sertlik kaplaması yapıldığında aşınmaya karşı dirençli olacağından dolayı uzun süre kullanımı söz konusu

olur. Polikarbonat camların üretimi ve işlenmesi zor bir süreçtir bu nedenle değişik özellikte ekipmanlar gereklidir. Polikarbonat mercekler kendiliğinden %100'e yakın bir UV koruma sağlar bu nedenle UV koruma için başka ilave bir malzemeye gerek kalmaz. Yüksek indisli bir cam olmasından kaynaklı olarak hem hafiftir hem de yüksek diyoptri sahibi olan kişiler için estetik bir rahat bir kullanım sağlar. Aynı şekilde polikarbonat camlar çocuklar içinde darbelere dayanıklı olmasından dolayı kullanım avantajı sağlamaktadır. Bu avantajlarının yanında en önemli dezavantajı ise en düşük abbe değerine (Abbe=31) sahip olmasından dolayı optik görüş kalitesi oldukça düşüktür (Say, 2022:130). Trivex camlar organik camlardan geliştirilmiş bir cam malzemedir. CR-39 organik merceğin ve polikarbonat merceklerin tüm avantajlı özelliklerini içerisinde barındırmaktadır. Kırılmalara ve maruz kaldığı darbelere karşı oldukça dayanıklı olmasının yanı sıra kimyasallara (alkol, aseton vb.) maruz kaldığında bile dayanıklılık özelliği göstermektedir. Optik görüş kalitesi abbe değerinin (n=45) yüksek olmasından dolayı oldukça iyi durumdadır. Yapısından dolayı UV-A ve UV-B ışınlarını da hemen hemen %100 oranında soğurur. Sporcular ve çocukların yanı sıra koruyucu gözlükler için trivex camlar hafif olduklarından dolayı tercih sebebidir (Say, 2022:130). Optik mercekler bir, iki, üç ve çok odaklı mercekler olmak üzere 4'e ayrılmaktadır çizilirler (Özdemir ve Kabak, 2018). Merceğin diyoptri gücünün artması için odak uzaklığının azalması gerekir. Tek odaklı merceklerde birer adet odak noktası, odak uzaklığı ve optik gücü vardır. Tek odaklı mercekler; refraksiyon kusurlarının (miyop, hipermetrop, presbiyopi ve astigmat) hepsinin düzeltilmesi için kullanılan merceklerdir (Özdemir ve Kabak, 2018). Uzağı ve yakını göremeyen refraksiyon kusuruna sahip kişilerin tek gözlükte hem uzağı hem yakını net görmesini sağlayan merceklerdir. Bu merceklerde alt kısım yakını üst kısım ise uzağı net gösterir. Başka bir deyişle camın üst alanı miyopi için kullanılırken, alt alanı ise hipermetropi, presbiyopinin ortadan kaldırılması için kullanılmaktadır (Özdemir ve Kabak, 2018). İki odaklı mercekler plastik (organik) merceklerden üretilebileceği gibi mineral camlardan da üretilebilmektedir. Mineral merceklerde yakın görme alanı kırma gücünün daha fazla olduğu diyoptriye sahip olan bir merceğin gözlük camına eklenmesiyle elde edilir. Bu yakın görme alanına eklenen cam yakın görüş alanını gözlük camında ortaya çıkarır. Sonradan eklenen bu mercek gözlük camının alt alanına yüksek basınç altında preslenmesi ile elde edilirken astigmatik diyoptri ise merceğin iç yüzeyine işlenir. Plastik (organik) merceklerde ise üretim tek blok halinde gerçekleştirilir. Organik merceklerde bifokal mercek üretim prosesi ise organik malzemelerin bifokal kalıba eklenmesi ve sonrasında sıcaklık etkisiyle polimerizasyonun

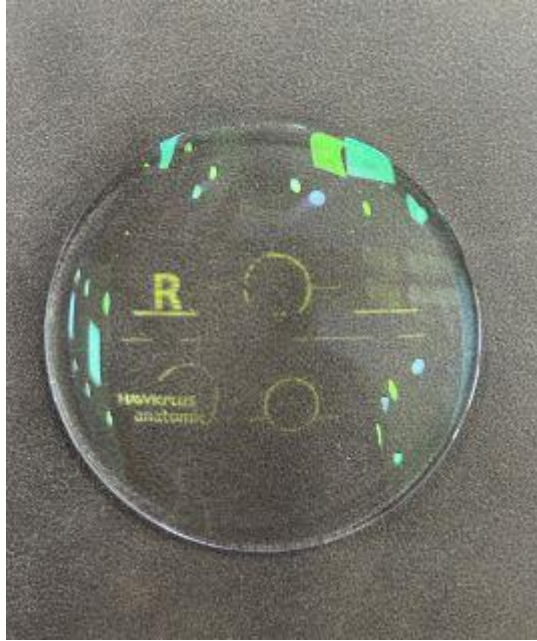
gerçekleşmesi sonucunda iki farklı diyoptriye sahip iki yüzey elde edilir. Ve bu şekilde organik bifokal mercekler üretilmiş olur (Say, 2022:130).



Şekil 2.11:İki odaklı optik cam

İki odaklı merceklerde sadece uzak ve yakın alan varken, üç odaklı merceklerde uzak ve yakın alanın yanı sıra ilave olarak orta alanda mevcuttur. Üç odaklı camlarda orta mesafe içinde diyoptrik güç vardır. Üç odaklı optik merceklerde özellikle uzak ve yakın alanda yapılan işlerin yanı sıra bilgisayar mesafesi olarak adlandırılan mesafede de bilgisayarda da rahatça çalışma imkânı sunmaktadır (Özdemir ve Kabak, 2018). Çok odaklı camlarda bulunan orta görüş alanında ki diyoptrik güç yakın alanda bulunan diyoptrik gücün yarısına denk gelecek şekilde numaralandırılmaktadır. Üç odaklı mercekler trifokal mercekler olarak adlandırılmaktadır. Bu trifokal mercekler organik ve mineral merceklerden elde edilmektedir. Trifokal merceklerin en büyük dezavantajı iki odaklılarda olduğu gibi miyop bölgesinden aşağıda bulunan orta alana ya da hipermetrop alana doğru bakışlarda, geçişlerin basamak şeklinde olmamasıdır bu da mercekten bakışlarda alan değişikliği söz konusu olduğunda sert geçişlere sebep olmaktadır. Bu sert geçişler görüntülerin atlamasına neden olabilmektedir. Bu olayın sonucunda bu merceği kullanan kişilerde diplopi rahatsızlığı ortaya çıkabilmektedir. İki odaklı ve üç odaklı merceklerin, çok odaklı merceklerle göre daha az talep görmesinin sebebi ise bu merceklerde hipermetrop alanın dışarıdan bir çentik şeklinde ortada olması görünmesidir. Bu durum kullanıcılar için estetik bir görünüm oluşturmamaktadır. Ayrıca çok odaklı merceklerinde üretiminin yaygınlaşması ve dışarıdan bakan kişilerin merceği tek odaklı bir mercek gibi görünmesinden dolayı daha estetik bir hali söz konusudur. Bu nedenle çok odaklı mercekler daha çok tercih edilmektedir. Çok odaklı merceklerine estetik olarak daha başarılı olmasından dolayı da iki odaklı ve üç odaklı

merceklere göre daha çok tercih edilmektedir (Say, 2022:130).Çok odaklı optik merceklerde geçişlerin, iki ve üç odaklı merceklere göre olan geçişleri daha yumuşaktır. İki ve üç odaklı merceklerdeki geçişlerin sert olmasından dolayı çok odaklı optik mercekler üretilmiştir. Çok odaklı optik merceklerde her mesafede netlik mercek üzerinde uzak, yakın ve orta mesafeler arasında çok sayıda bulunan odak merkezleri ile sağlanmaktadır (Say, 2022:130).

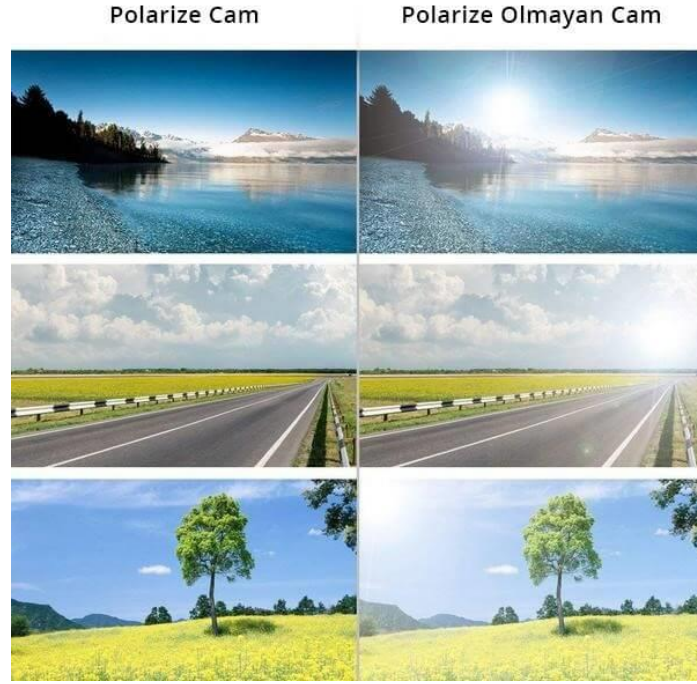


Şekil 2.12:Çok odaklı optik cam

Çok odaklı merceklerde dışarıdan bakıldığında görme alanlarını sınırlayan belirgin bir çentik gibi estetik açıdan kötü görüntü oluşturan bir durum söz konusu değildir. Dışarıdan bakıldığında estetik olarak çok iyi durumda görünürler. Uzak, orta ve yakın alanlarda bakışlarda görüntü atlamaları olmadığından dolayı çok odaklı gözlük kullanıcıları baktığı alandaki nesnelere kolayca görebilmektedir. Çok odaklı camlarda miyop, hipermetrop ve orta geçiş alanlarının yanı sıra bu camlarda temporal ve nazal kısımlarda yönlendirme alanı denilen flu alanlar mevcuttur. Kullanıcılar bu alanlardan baktıklarında net bir görüş alamazlar. Çok odaklı camların diğer bir adı da progresif camlardır. Progresif camların en büyük avantajı her noktayı net göstermesidir. Her noktayı net göstermesi gözlük kullanıcıları için büyük bir avantaj olduğu gibi, kullanıcıların bu gözlük merceğini kullanmaları konusunda bir süreç ve öğrenme süreci gerekir. Bu süreç kişiden kişiye göre değişkenlik gösterebilir. Progresif camlar mineral ve plastik olarak üretilebildiği gibi güneşte kararır

kolormatik ve inceltirilmiş olarakta üretimleri mümkündür. Çok odaklı camların hipermetrop alanları burun kısmına doğrudur bu nedenle bu camlar simetrik değildir (Say, 2022:130). İnsan gözüne gelen fazla ve zararlı ışıkları soğurmak için kullanılan mercekler vardır. Bu mercekler renkli merceklerdir. Renkli mercekler göze gelen görünen ışığı %20'nin üzerinde soğurur. Bu merceklere güneş gözlüğü merceği denir. Güneşten gelen ışınların görünür ışık bölgesi için dalga boyları 400-780nm aralığıdır. UV ışınları elektromanyetik spektrumun 400 nm'den daha kısa boylu ışınlarıdır. UV ışınları UV-A, UV-B ve UV-C ışınları olarak dalga boyları farklılık göstermekte ve 3 gruba ayrılmaktadır. UV-C ışınları 280 nm ve altı, UV-B ışınları 280-320 nm arası ve UV-A ışınları ise 320- 400nm arasında ki ışık ışınlarıdır. İnsan gözünde bulunan kornea 300nm'ye kadar olan ışınları soğurur. Mineral lensler üzerlerinde herhangi bir kaplama ya da renk bulunmasa dahi UV-C ışınlarının hepsini soğururlar. Yüksek kırıcılık indisine sahip olan mineral mercekler de renkleri olmasa bile UV-A ve UV-B ışınlarını yüksek oranda soğurmaktadırlar. Gözlük mercekleri üzerine uygulanan kaplamalar sayesinde zararlı ışıkları soğurması bakımından daha da etkili hale getirilmektedirler. CR-39 organik camı üzerinde renk olmadan 350 nm'ye kadar olan UV ışınlarını soğurma özelliğine sahiptir. CR-39 organik camının üzerine filtre kaplamalar uygulanırsa bu kaplamalar sayesinde 400nm'ye kadar olan UV ışınlarını soğurabilir. CR-39 dışında olan polikarbonat ve triveks organik camları üzerlerine özel filtre kaplama olmadan bile ultraviyole ışınlarının yaklaşık %100'e yakınına soğurma özelliğine sahiptirler (Buyukyildiz, 2012). Camlarda renklendirme işlemi ya camların üretimi sırasında cam hammaddesinin içine katılan renklendiriciler ya da cam üzerine uygulanan kaplamalarla elde edilebilmektedir. Kısacası camlarda renklendirme işlemi kaplama ya da alt camla sağlanmaktadır (Sezer, 2005). Gözlük camlarının kaplanması yani boyanması veya renklendirilmesi sürekli ya da değişken olan fotokromik şekilde yapılmaktadır. Camların renklendirilmesi hammaddenin boyanması ya da camın boyanması olmak üzere iki yöntemle yapılmaktadır. Bu iki yöntem de hem mineral camlara hem de organik camlara uygulanabilmektedir. Camın boyanması işlemi ise camın üzerine kaplama yapıldığından dolayı kaplama olarakta bilinir (Buyukyildiz, 2012). Güneş gözlükleri maruz kalınan ışınların göze gelmesini önlemek için kullanılmaktadırlar. Güneş gözlükleri koruyucu amaçlarının dışında daha çok estetik bir görünüm kazanmak için tercih edilmekte olsa da göz sağlığımızı koruyucu bir özelliği söz konusudur (Kara, 2020).Polarize filtrenin çalışma prensibi sadece belirli bir düzlemde gelen ışınların göze ulaşmasını sağlamak, istenmeyen yönden gelen ışınların filtrelenmesi esasına dayanmaktadır. Polarize özellikteki gözlükler filtreleme özelliği nedeniyle özellikle denizcilikle uğraşan, dağ ve sporları yapan kişiler ve

uzun araç kullanan kişiler tarafından tercih edilmektedir. Polarize filtresi dijital ekranlara bakıldığında ekranların koyu renkte görünmesine sebep olur (Kara, 2020).



Şekil 2.13:Polarize filtrelili cam farkı(URL-6, 2021).

Fotokromik camlar günümüzde yaygın olarak kullanılan ve güneş ışınlarının etkisiyle rengi değişen camlardır. Bu camların yapısal içeriğinde %0.01 ile %0.1 aralığında gümüş kristalleri bulunmaktadır. Fotokromik camların kararması UV etkisiyle olmaktadır. Bu nedenle UV ışınlarının olduğu her ortamda camlarda kararma söz konusu olabilmektedir. UV etkisi altında yapısında bulunan gümüş kristallerde bulunan iyonlar cam yapısı içerisinde atomlarına ayrılarak cam yapısı içerisinde düzensiz şekilde olan bu parçacıklar kimyasal reaksiyon sonucunda ortaya çıkar. Cam yapısı içerisinde düzensiz şekilde olan bu parçacıklar, cama gelen ışınları soğururlar, soğurma olduğundan dolayı yansıma söz konusu değildir bu nedenle de kararma olayı gerçekleşir. Gözlük camı UV etkisinden çıkarıldığında tekrar eski şeffaf rengine geri döner. Camın kararması da, camın karardıktan sonra eski şeffaf rengine dönmesi de hızlı bir şekilde gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar sonucundadır (Atay, 2008).

2.6 Oftalmik Optik Camlarda Kaplamalar

Türüne ve çeşitliliğine göre oftalmik optik camlarda kullanılan kaplamalar aşağıda verilmiştir.

2.6.1 Sert Kaplama

Bu kaplama optik cam yüzeylerinin sertliğini ve dayanıklılığını arttırmak için uygulanır. Optik camların yüzeylerinin çizilmesini ve aşınmasını önlemek amacıyla uygulanan bir kaplama yöntemidir. Sertlik kaplaması her ne kadar optik cam yüzeylerinin sertliğini arttırsa da optik camların yüzeyini deformasyonlardan tam anlamıyla koruyamamaktadır. Sertlik kaplaması mineral ve organik camlara uygulanabilir. Mineral optik camların yüzeyleri yapılarından kaynaklı olarak zaten serttir ve sertlik kaplamasına ihtiyaç duymazlar fakat daha da sert bir yüzey elde edebilmek için bu kaplama yöntemi mineral camlara da uygulanabilir. Organik optik camlar ise yüzeyleri yumuşak olduğundan dolayı yüzey deformasyonlarına oldukça açıktır bu nedenle kolayca çizilebilirler ve aşınmalara karşı da oldukça dayanıksızdırlar. Bu nedenle organik optik camların yüzeylerine sert kaplama uygulaması yapılır. Kırıcılık gücü yüksek olan(yüksek indisli) organik camların yüzey gerilim özellikleri standart organik camlara göre daha düşük olduğundan yüksek kırıcılık indisli camlara sertlik kaplaması kesinlikle uygulanmalıdır. Organik(plastik)camlar kolay kırılmayan yapıdadırlar. Bu organik camlar ısıyla birlikte kaplandığından dolayı sertliği artar. Sertliği artan malzemenin çizilmeye karşı dayanıklılığı arttığı gibi kırılabilirliği de artar. Kırılabilirlik arttığından dolayı bu optik camları çocuklar ve spor yapan kişiler kaplamasız şekilde kullanılmalıdır (Aykut, 2019). Optik cam yüzeyine ilk uygulanan kaplama türüdür. Bu kaplama üzerine de sonrasında bağlayıcı bir malzeme uygulanarak sırasıyla yansıma önleyici kaplama(antirefle) ve su itici(hidrofobik) kaplamalar uygulanmaktadır. Sertlik kaplama yöntemleri kuartz kaplama ve vernik kaplama yöntemleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Vernik kaplama da kuartz malzemenin negatif özelliklerinin bulunması sebebiyle optik cam yüzeylere uygulanmak üzere daha dirençli başka malzemeler bilimsel araştırmalarla bulunmuş ve cam yüzeyin genişmesi söz konusu olsa bile bu araştırmalar sonucunda bir çatlama göstermeyen dirençli sert kaplama malzemeleri bulunmuştur. Bu araştırmalar neticesinde polisiloksan veya akrilik birleşikleri ile sert vernikleme yöntemi bulunmuştur. Akrilik bileşikler plastik yapıdadır ve bu bileşiklerden sert, şeffaf ve esnek ürünler elde edilmektedir. Akrilik bileşikler sert kaplama elemanları olarak kullanılmaktadır. Polisiloksan malzeme ise bir silikon çeşididir. Silikon atomuna iki adet oksijen atomu bağlanması sonucunda silikon-oksijen zincirinden ortaya çıkmaktadır. Polisiloksan malzeme de cam yüzeyi sertleştirici bir kaplama verniği olarak tercih edilmektedir. Cam malzeme ile elastiklik ve genişleme açısından uyumlu bir sertleştirici malzemedir. Fakat cam yüzeyin deformasyonlara (çizilmelere ve çatlamalara) karşı %100 oranında bir koruyuculuk

sağlamamaktadır. Vernik kaplama 3'e ayrılır. Bu yöntemler sırasıyla daldırma(dip coating), hızlı dönme(spin coating) ve plazma polimerizasyon yöntemleridir. Daldırma yönteminde optik camlar ultrasonik bir banyoda temizlenir sonrasında optik camlar tutucular yardımıyla vernik havuzuna daldırılırlar ve akabinde hızlı bir şekilde çıkartılarak 100C⁰' de fırınlanırlar. Fırınlama işleminde cam yüzeyine uygulanan vernik kaplamanın yeteri kadar sertleştirilmesiyle kaplamanın optik cam yüzeye sağlam bir şekilde tutulması sağlanır. Optik cam yüzeyindeki vernik kaplamanın homojen olabilmesi için tutacaklar yardımıyla vernik havuzuna daldırılan camların hızlı bir şekilde titreşim olmadan çıkarılması gerekmektedir. Bu nedenle vernik havuzundan optik camları çıkartan cihazların montajının sağlam bir şekilde yapılması gerekmektedir. Hızlı dönme yönteminde ise optik camlar bir taşıyıcı üzerine yerleştirilir. Bu taşıyıcı hızlı dönen bir sistemdir. Taşıyıcı üzerine yerleştirilen optik camların üzerine taşıyıcının hızlı bir şekilde dönmesi sırasında özel bir filtreden geçirilen vernik malzeme damlatılır ve vernik malzemenin bu şekilde optik cam yüzeyine homojen bir şekilde dağılması sağlanmaktadır. Optik cam yüzeyine kaplanan vernik malzeme kendiliğinden UV ışınları yardımıyla kurumaktadır. Hızlı dönme yöntemi daha çok az sayıda optik cam kaplanacağı durumlarda tercih edilen bir yöntemdir. Ve bu yöntemde kaplanan optik camların dayanıklılığı diğer yöntemlerle kaplanan optik camlara göre daha düşüktür. Plazma polimerizasyon yöntemi diğer iki yöntemden farklı bir yöntemdir. Bu yöntemde bir vakum ortamı vardır ve bu ortam içerisinde neon gibi gazların plazması elde edilerek bu plazmalar aracılığıyla siloksandan zengin bir malzeme olan heksametildisilazan(HMDS) polimerize edilir. HMDS katı halden gaz hale geçirilerek optik camların üzerine kaplanır. Elde edilen plazma radyo dalgaları, mikrodalgalar ve elektrik akımı ile elde edilir. Cam yüzeyinde kaplama hatalar ve kusurlar olduğundan ve pahalı bir yöntem olduğundan pek tercih edilen bir yöntem değildir (Say, 2022:130).



Şekil 2.14:Ana cam yüzeyine uygulanan sert kaplama(Aykut, 2019).

2.6.2 Buharlanma Önleyici(Anti-fog) Kaplama

Optik camlar üzerindeki buharlaşma durumu havada bulunan su buharının yoğunlaşması sonucunda optik cam yüzeyinde küçük su damlaları oluşturmasıyla gerçekleşir. Anti-fog kaplama optik cam yüzeyine gelen su moleküllerini eşit olarak cam yüzeyine yayılmasını sağlamaktadır. Anti-fog kaplama optik cam yüzeyine uygulandıktan sonra kaplama malzemesinin yüzeye tutunamadığı bir durum ortaya çıkmaktaydı. Kaplamanın optik cam yüzeyinde devamlı olarak tutunması sağlanamamaktaydı. Optik yüzeylere anti-fog kaplama için özel olarak yansıma önleyici kaplama uygulanır sonrasında kaplama özelliğini yitirdiğinde ise optik yüzey bir kimyasal sıvı ile tekrardan özel olarak kaplama işlemine alınarak cama anti-fog özelliği tekrar kazandırılır. 2011 yılında yapılan çalışmalar neticesinde optik cam yüzeyinde özelliği kaybolmayan süreklilik sağlayan anti-fog kaplama geliştirilmiştir. Anti-fog kaplama için polivinil alkol(PVA) kullanılmaktadır. Bu kaplama yapılırken hem mineral hem organik camların üzerine tutunmasının sağlanmaması probleminin giderilmesi ve anti-fog kaplamanın optik cam yüzeyinde kalıcı olarak yapışmasının sağlanması için amino grupları oluşturulmuştur. Atmosferik plazma türevleştirme yöntemiyle ilk önce cam aktive edilir ardından polietilenmaleik(PEMA) ve polivinil alkol(PVA) sırasıyla spin coating kaplama prosesi ile optik cam yüzeyine uygulanır. PEMA malzemenin tercih edilmesi bir ara yüzey kaplamasının sağlanması içindir. PEMA malzemenin optik cam yüzeyine kaplanmasının ardından PVA malzeme kaplanır ve PEMA malzeme ile etkileşime girerek cam yüzeye sağlam bir şekilde yapışır. Ara yüzey kaplaması oldukça ince ve şeffaf bir kaplama olduğundan dolayı optik özellikleri olumsuz olarak etkilememektedir. Yapılan çalışmalar neticesinde bulunan bu yeni kaplama

prosesi anti-fog kaplamanın optik cam yüzeyinde sağlam bir şekilde tutunmasını sağladığı için optik cam yüzeyine sürekli anti-fog kaplama yapılmasının önüne geçmektedir (Say, 2022:130).

2.6.3 Antirefle Kaplama

Işık ışınlarının yansımaları ve kırılmaları oftalmik optik camlar için önemli bir fiziksel özelliklerdendir. Işığın yansımaları olayı şu şekilde gerçekleştirir; ışık ışınlarının ışığın saydam bir ortamdan gelerek başka bir saydam ortama geçerken ışık ışınlarının bir kısmının saydam ortama çarparak geldiği ortama geri dönmesidir. Oftalmik optik camlarda yansıma ne kadar fazla ise net görüş o kadar az olmaktadır (Say, 2022:130). Göze gelen ışık ışınları gözlük kullanıcılarında ön taraftan gelen ışık ışınları optik camların ön yüzeyinden, korneadan, optik camın içinde ve arkalarından gelen ışık ışınları arka yüzeyinden yansımaları neden olmaktadır. Yansımalar nedeniyle kullanıcılar çevrelerini iyi göremezler (Kuru, 2017). Bu yansımaları minimuma indirebilmek ya da tamamen yok etmek için oftalmik optik camların hem ön yüzeylerine hem de arka yüzeylerine yansımaların engellenmesi için çok ince bir film şeklinde antirefle kaplaması uygulanır (Say, 2022:130). Antirefle kaplamalar ışığın parlamasını yansımalarını engelleyen kaplamalardır. Gözlüklerde bulunan optik cam yüzeylerine antirefle yani diğer bir adıyla yansıma önleyici kaplamalar uygulanarak, yansımaların azaltılması ve optik camın performansının artırılması sağlanmaktadır. Oftalmik optik camlar için en uygun antirefle kaplama malzemesi ise hava ve camın kırılma indislerinin ($n_c=1.54$) çarpımının karekökü olan 1.24 kırılma indisine sahip bir malzemedir. Bu kırılma indisine sahip malzeme hava ve oftalmik optik camın kırılma indisleri arasında bulunan bir malzeme olabilir. Oftalmik optik camlar için uygulanan antirefle kaplama için en çok tercih edilen malzemeler Silikon dioksit (SiO_2), alüminyum oksit (Al_2O_3) ve titanyum dioksit (TiO_2)'dir. En çok tercih edilen bu malzemelerin kırılma indisleri $n(\text{SiO}_2)=1.45$, $n(\text{Al}_2\text{O}_3)=1.65$ ve $n(\text{TiO}_2)=2.30$ 'dur. Optik camların yüzeylerine antirefle kaplamaları için ince bir film oluşturmak ve kırılma indisleri 1.24 ya da daha düşük indisli optik malzemeler pek bulunmamakla birlikte maliyeti de yüksektir. Bunun yerine nano gözenekli optik malzemeler tercih edilerek antirefle kaplamanın özellikleri optik cama kazandırılabilir. Tercih edilen bu optik malzemelerin kaplama gözeneklerinin 50nm'den küçük olması gerekir, küçük olmasının sebebi ise gelen ışığın saçılmasını engellemek içindir (Kuru, 2017). Antirefle kaplama 1935 yılında 2. Dünya Savaşı yaşanırken Alman askeri uçaklarının uçaksavarlar tarafından vurulmalarını engellemek amacıyla kameralarda oluşan yansımaları minimuma indirmek için keşfedilmiş bir kaplama türüdür. Antirefle kaplamalar

1956 yılında oftalmik optik camlarda uygulanmaya başlanmıştır. Antirefle kaplama prosesi yıkıcı girişim şeklindedir. Antirefle kaplama da ışığın yansımalarının azaltılması olduğu için burada gerçekleştirilmek istenen görünür bölgedeki ışık geçirgenliğini oldukça geniş bir spektruma yaymaktır (Say, 2022:130).

2.7 Antirefle Kaplama Yöntemleri

Basınç altında ısıyla buharlaştırma ve basınç altında soğuk buharlaştırma yöntemleri antirefle kaplama için 2 genel gruba ayrılır.

2.7.1 Basınç Altında Isıyla Buharlaştırma Yöntemi

Bu kaplama yönteminde uygulaması 2 farklı yöntemle olmaktadır.

2.7.1.1 Vakumda Buharlaştırma Tekniği

Yüksek vakum ortamında 10^{-7} mbar olan pota içerisine konulan metalin elektrik akımı verilerek ısıtılması sonucunda malzemenin üzerine ince bir film kaplanması yöntemidir. Yüksek vakum ortamında bulunan potanın yapıldığı malzeme, erime sıcaklığı yüksek olan tungsten malzemedendir. Vakum ortamında uygulanan ısıtma işlemi potanın bağlı bulunduğu elektrotlar arasında bir akım oluşturulmasıyla sağlanmaktadır. Oluşturulan bu akım neticesinde pota ısıtılmış olur. Vakum içine yerleştirilen metal ise ısı etkisiyle buharlaşarak, vakum ortam içerisine yerleştirilmiş kaplanacak malzemeyle temasa geçer. Bu temas neticesinde kaplama işlemi gerçekleşmiş olur. Yaygın olarak kullanılmakta olan bu yöntemin, pota aracılığıyla buharlaştırma yapıldığından dolayı bazı dezavantajları vardır. Bu yöntemde kullanılan malzemelerin(tungsten, molibden ve tantal) buharlaştırma sıcaklıkları oldukça yüksektir. Elektrotlar arasında akım verilerek ısıtılan pota ve buharlaştırılan malzeme arasında da bir tepkime olma ihtimali olduğundan dolayı kaplama işlemi uygulanan malzemelerinde homojenliğinin net olmaması bir dezavantajdır (Say, 2022:130).

2.7.1.2 Elektron Demetli(e-beam) Buharlaştırma Tekniği

Antirefle kaplama için en çok kullanılan yöntemdir. Bir önceki yöntem olan vakumda buharlaştırma yöntemiyle bir farkı vardır. Bu fark kaplama malzemesi olarak kullanılacak olan malzemenin buharlaştırıldıktan sonra dolaylı olarak değil, kaplanacak malzemeye doğrudan üzerine uygulanmasıdır. Kaplama malzemesi olarak kullanılacak olan malzemenin üzerine hızlandırılan ve odaklanan elektron demeti yönlendirilir. Tungsten, molibden ve tantal gibi buharlaşma sıcaklığı çok yüksek olan kaplama kaynak malzemeleri bu teknik ile

antirefle kaplama için uygulanabilmektedir. Bu teknikte elektron demetinin çapı küçültülebilir bu şekilde kaplama malzemesi olarak tercih edilen malzemeleri homojen bir şekilde ısıtmak mümkün olmaktadır. Ayrıca potanın da burada diğer yöntemdeki gibi buharlaşan malzemeler ile tepkimeye girmemesi için pota sürekli su ile soğutulur. Soğutulan potada buharlaşma söz konusu olmadığı için kaplanan malzemeyle tepkime söz konusu olmaz ve kaplama homojen bir şekilde uygulanmış olur. Bu teknik mineral camların antirefle kaplamaları için uygun bir yöntemdir (Say, 2022:130). Bu yöntemin genel olarak avantajları ise ince filmlerin yapısal ve morfolojik olarak kontrolü, elektron demetinin çapının küçültülmesiyle orantılı üretim ve kaynak malzeme kullanım verimliliği, buharlaşan malzemenin akış yönlülüğü ve kaplanan malzemenin yüzeyinde eşit bir kaplama yapılabilmesi ve ergime noktasına sahip kaynak malzemelerin buharlaştırılmasıdır (Özen, 2017).

2.7.2 Basınç Altında Soğuk Buharlaştırma Yöntemi

Bu yöntemle organik camların antirefle kaplaması işlemi yapılır. Bu teknikte organik camların kaplanmasının sebebi ise organik camların ısıya karşı dayanıklı olmamasıdır. Isıya dayanıklı olmamalarından dolayı metal oksitler basınç altında soğuk buharlaştırma yöntemiyle organik camlar üzerine vakum ortamında püskürtülmesiyle uygulanır. Soğuk buharlaştırma yöntemiyle organik camlar bu şekilde ısı etkisi olmadığından dolayı zarar görmezler (Say, 2022:130).

3. MATERYAL VE METOT

Işık ve UV geçirgenlik davranışlarının incelenmesi için aşağıda belirtilen cihazlar ve testler uygulanmıştır.

3.1 GL-8800UP Dijital Fokometre

GL-8800 dijital fokometre gözlük camlarının UV geçirgenliklerini 375nm dalga boyunda ölçerek %0-100 değer aralığında sonuçları vermektedir. Cihaz oftalmik optik mercekleri sert ve yumuşak kontakt lensleri ölçebilmektedir.

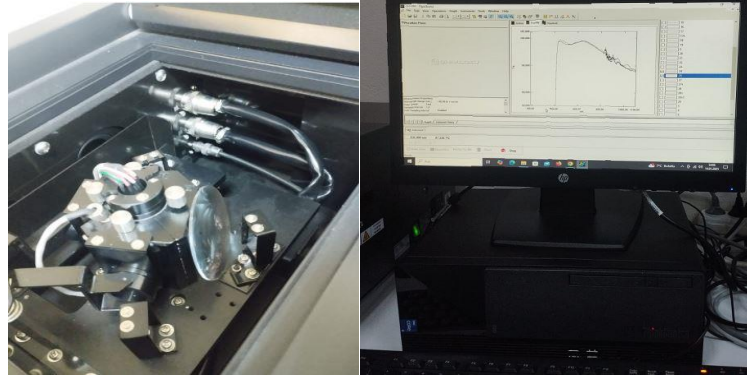


Şekil 3.1:GL-8800 UP dijital fokometre cihazı.

3.2 UV-VISIBLE Spektrofotometre

Genel olarak, opak (veya bulutlu) numuneleri analiz etmek için kullanılır. Şeffaf bir numune analiz edildiğinde, difüze şekilde iletilen bir ışık olmadığından, elde edilen veriler doğrudan ışık geçirgenliği ölçümü ile elde edilenle aynıdır. Bu tür ölçümler için bir bütünleştirici küre (integrating sphere) bağlantı olarak kullanılır. Bu nedenle, bu teknik bazen "bütünleştirici

küre geçirgenlik yöntemi" olarak adlandırılır. Bazı durumlarda, uçtan montajlı bir fotomultiplier (fotoçoğaltıcı) kullanılmaktadır.



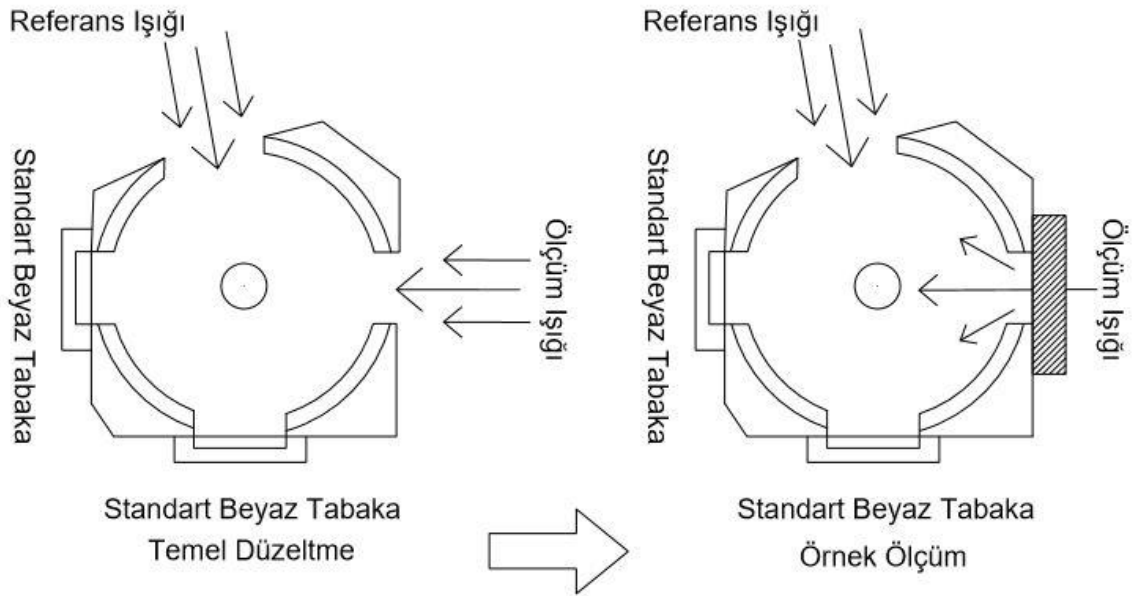
Şekil 3.2:UV-VISIBLE spektrofotometre cihazının numune haznesi ve ölçüm ekranı.



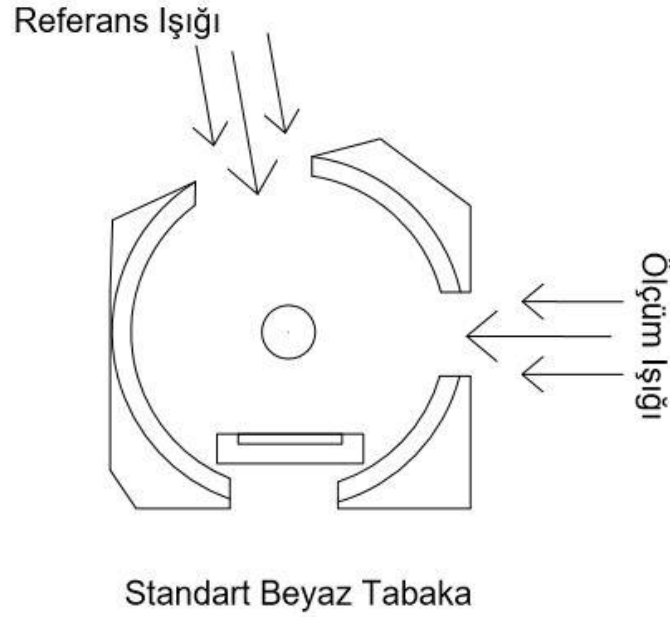
Şekil 3.3:UV-VISIBLE Spektrofotometre toplam ışık geçirgenliği.

Uygulanan bu yöntemi, şeffaf veya bulutlu olan numuneler için kullanılmaktadır. Numuneler bu yöntemle analiz edilir. Opak bir numune incelendiğinde, dağınık olarak iletilen ışık bulunmamakla birlikte bu teknikte elde edilen veriler doğrudan iletişim ölçümü ile aynı şekildedir. Bu şekilde bir ölçüm için bütünleştirici bir küre bir ataşman kullanılır ve bu yöntemle "bütünleştirici küre iletim yöntemi" de denmektedir. Bütünleştirici küre, dağınık olarak iletilen ışık üretmeyen örnekleri analiz etmek için de kullanılabilir. Yeterince ince numunelerde, doğrudan iletim ölçümü ile gürültüden daha az etkilenen sonuçlar elde edilebilir. Gürültüden etkilenen değerler doğrudan iletim ölçümü ile elde edilebilir. Bu durum yalnızca gelen ışının bir kısmının dedektör tarafından algılanmasının sonucudur. Yeterince ince numunelerde, doğrudan iletim ölçümü ile gürültüden daha az etkilenen sonuçlar elde edilebilir. Bu durum yalnızca gelen ışının bir kısmının dedektör ile tespit

edilmesini sonucudur. Birçok aksesuar türü, bütünleştirici küre ile zenginleştirilmiştir. Bütünleştirici küre ile zenginleştirilmiş olan bu aksesuarlar arasındaki fark ise bütünleştirici kürenin büyüklüğüdür. Genel olarak 60mm çapında bütünleştirici küreler tercih edilirken 150 mm boyutunda olan kürelerde mevcut olmakla birlikte tercih edilebilir. Burada bir diğer fark ise numunelerin yerleştirildiği alanın boyutudur. Bu alana büyük numunelerin yerleştirilmesi imkansızdır. Ayrıca çok amaçlı numune kısımları da büyük numuneler için ayrıca geliştirilmiş ve tasarlanmıştır. Bazı bütünleştirici kürelerde numuneler ölçülürken farklı odak noktası olacak şekilde ayarlanırken bu numuneler için uygulamada da delik sayıları farklıdır. Bu şekilde tercih edilen bütünleştirici küreler mercekler gibi özel numuneler için tercih edilmektedir.



Şekil 3.4:UV-VISIBLE Spektrofotometre çalışma prosesi.



Şekil 3.5:Bütünleştirici kürenin yapısı.

Bütünleştirici kürenin yapısını referans ışığı, ölçüm ışığı, standart beyaz plaka ve deliksiz alan oluşturmaktadır. Bu yöntemde dağınık olarak numuneye iletilen ışık miktarları ile aynı bütünleştirici küre üzerinden elde edilen sonuçların toplam ışık geçirgenlikleri karşılaştırılır. Eğer farklı bütünleştirici küreler tercih edilirse elde edilen sonuçları karşılaştırmak zor olmaktadır. Karşılaştırmamanın mümkün olmamasının sebebi ise temel düzeltme yapıldığında ve numunelerin ölçümleri sırasında iletilen ışık ışınlarının çarptıkları noktaların farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Temel düzeltme işlemi yapıldığında bütünleştirici kürede ışık ilk olarak beyaz plakaya doğru iletilir. Numunelerin ölçümü sırasında ise ışık, bütünleştirici kürenin iç kısmındaki duvara çarpar. Böyle bir durumda da sonuçlarda yanlışlıklar ortaya çıkabilmektedir. Bu yöntem bir bütünleştirici küre ile toplam ışık geçirgenlik spektrumunun elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu uygulama bütünleştirici küre ile donatılmış olan standart bir numune bölmesi olan cihazlar için geçerli bir yöntemdir. Bütünleştirici küre ataşmanı standart numune bölmesine takılır ve bu t bütünleştirici küreye sahip cihazlara örnek olarak Solidspec-3700 gösterilebilir. Bu cihazlar bütünleştirici küre ölçüm yöntemiyle birlikte istenilen analizleri yapmaktadır. Yarıktta uygun bir genişlik seçilir sonrasında WMS %100 T moduna ayarlandıktan sonra dalga boyu aralığı 200-3200 nm aralığında olacak şekilde ayarlanır. Standart olan beyaz plaka da belirtilen pozisyonda yerleştirilir. Beyaz plaka bütünleştirici kürenin içine takılır ve belirtilen pozisyonda tutularak

ölçüm işlemi başlatıldıktan sonra temel düzeltme yapmak için “Hava” durumunda gerçekleştirilmelidir. Kaplama numunesi tutucuya yerleştirilir ve sonrasında numunenin ölçümü gerçekleştirilir. Bu prosedür ışık engelleyici kaplamalar veya UV engelleyici kaplamaların özelliklerini belirlemek için kullanılmaktadır.



Şekil 3.6:UV-VISIBLE Spektrofotometre ışık geçirgenliği ölçümü.

Numune üzerine doğrudan ve dağınık olarak gönderilen ışık numuneden geçer ve geçen tüm ışık ölçülür. Dağınık yayılım belirtileri veya speküler yansımayı dağınık yansıma parıltısı bir geçirgen bütünleştirici küre kullanılarak gerçekleştirilemez.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA




Numuneler için yapılan ölçümler, kullanılan cihazlar ve bu alanda yapılan çalışmaları karşılaştırılması aşağıda detaylı olarak yer almaktadır.

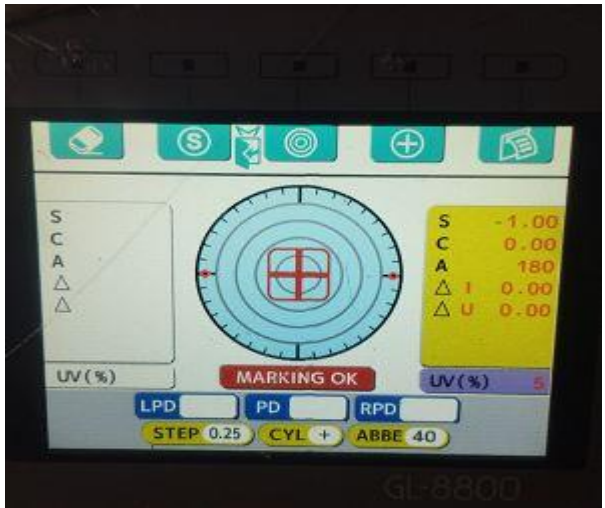
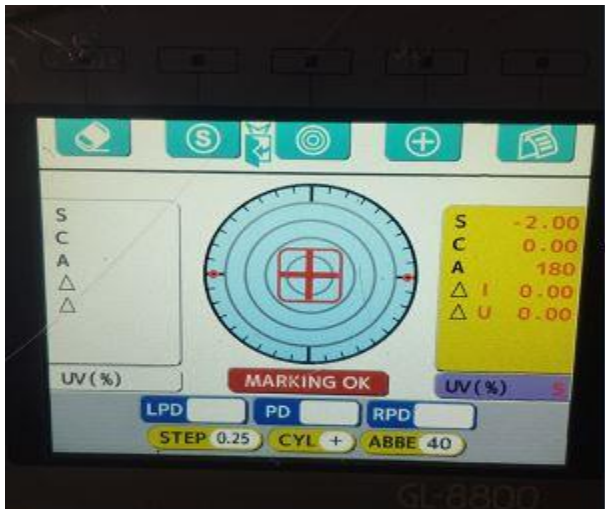

4.1 GL-8800 Dijital Fokometre İle Alınan Ölçümler




GL-8800UP cihaz ile ölçülen numunelerin UV geçirgenlik sonuçları aşağıdaki şekil 27'de verilmiştir. Şekil 27'ye bakıldığında AR kaplamasız olan 1.56 indeksli optik mercek numunelerinde %5'lik bir UV geçirgenliği söz konusudur. Bu numunelerin AR kaplamalı olan diğer örneklerinde ise %0 UV geçirgenliği mevcuttur. 1.56 indeksli olan numunelerin hammaddeleriyle ilişkili olan bir durum olduğundan olayı bu optik cam numunelerine AR kaplama yapıldığı taktir de UV geçirgenliğinin %0 olacağını söyleyebiliriz.

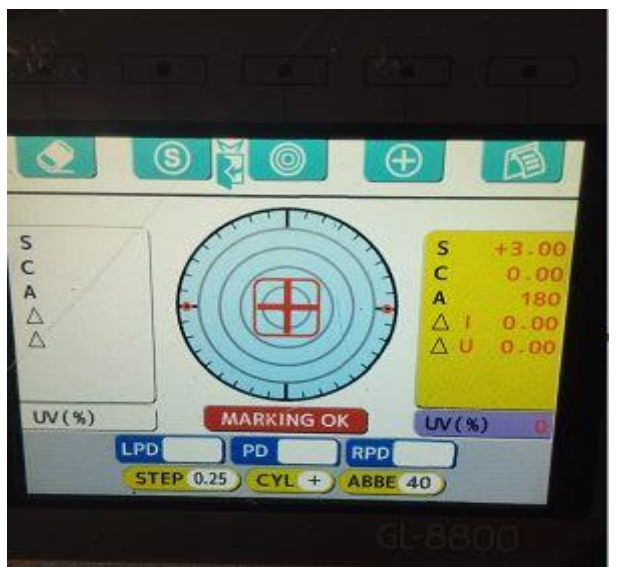
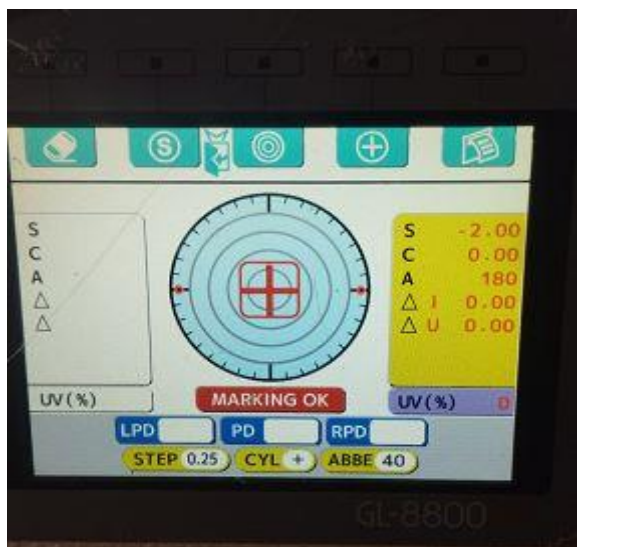
Tablo 4.1:(devam ediyor) GL-8800 dijital fokometre ile örnek numunelerin UV geçirgenliklerinin ölçülmesi.

Diyoptri	İndis ve Kaplama Özelliği	UV Geçirgenliği	Görseli
0.00D	1.56 Kaplamasız	%5	

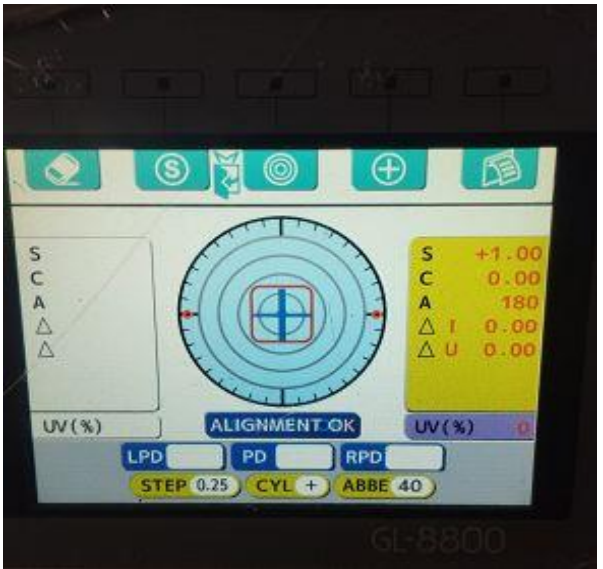

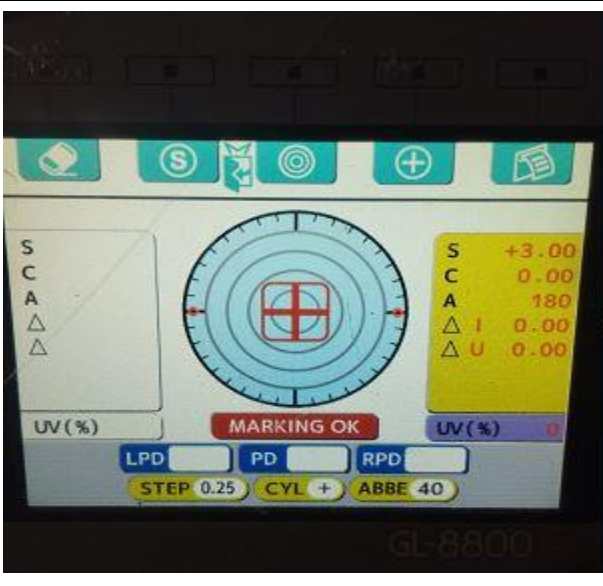
<p>+1.00D</p>	<p>1.56 Kaplamasız</p>	<p>%0</p>	
<p>+2.00D</p>	<p>1.56 Kaplamasız</p>	<p>%0</p>	
<p>+3.00D</p>	<p>1.56 Kaplamasız</p>	<p>%0</p>	

<p>-1.00D</p>	<p>1.56 Kaplamasız</p>	<p>%5</p>	
<p>-2.00D</p>	<p>1.56 Kaplamasız</p>	<p>%5</p>	
<p>-3.00</p>	<p>1.56 Kaplamasız</p>	<p>%5</p>	

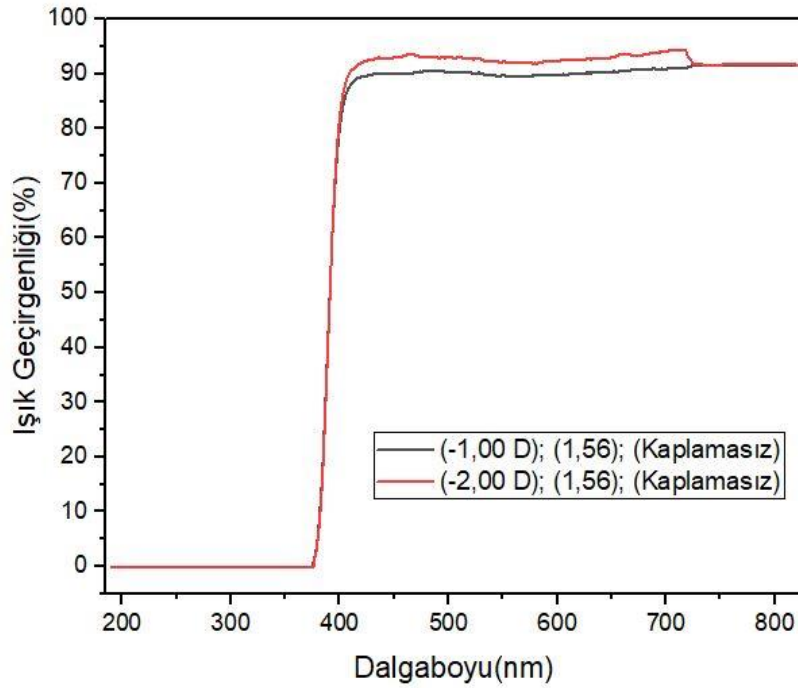
<p>0.00D</p>	<p>1.56 Kaplamah</p>	<p>%0</p>	
<p>+1.00D</p>	<p>1.56 Kaplamah</p>	<p>%0</p>	
<p>+2.00D</p>	<p>1.56 Kaplamah</p>	<p>%0</p>	

<p>+3.00D</p>	<p>1.56 Kaplamalı</p>	<p>%0</p>	 <p>The screenshot shows a refractometer interface with a central circular scale. The top bar contains icons for home, save, target, and plus. The left side has a vertical menu with S, C, A, and two triangles. The right side displays a yellow box with the following values: S +3.00, C 0.00, A 180, Δ I 0.00, and Δ U 0.00. Below the scale is a red button labeled 'MARKING OK' and a 'UV (%)' indicator showing 0. At the bottom, there are buttons for 'LPD', 'PD', and 'RPD', and a yellow bar with 'STEP 0.25', 'CYL +', and 'ABBE 40'. The model number 'GL-8800' is visible at the bottom.</p>
<p>-2.00D</p>	<p>1.61 Kaplamasız</p>	<p>%0</p>	 <p>The screenshot shows a refractometer interface similar to the first one. The right side displays a yellow box with the following values: S -2.00, C 0.00, A 180, Δ I 0.00, and Δ U 0.00. Below the scale is a red button labeled 'MARKING OK' and a 'UV (%)' indicator showing 0. At the bottom, there are buttons for 'LPD', 'PD', and 'RPD', and a yellow bar with 'STEP 0.25', 'CYL +', and 'ABBE 40'. The model number 'GL-8800' is visible at the bottom.</p>
<p>+1.00D</p>	<p>1.61 Kaplamasız</p>	<p>%0</p>	 <p>The screenshot shows a refractometer interface similar to the first one. The right side displays a yellow box with the following values: S +1.00, C 0.00, A 180, Δ I 0.00, and Δ U 0.00. Below the scale is a blue button labeled 'ALIGNMENT OK' and a 'UV (%)' indicator showing 0. At the bottom, there are buttons for 'LPD', 'PD', and 'RPD', and a yellow bar with 'STEP 0.25', 'CYL +', and 'ABBE 40'. The model number 'GL-8800' is visible at the bottom.</p>

<p>+2.00D</p>	<p>1.61 Kaplamasız</p>	<p>%0</p>	
<p>+3.00D</p>	<p>1.61 Kaplamasız</p>	<p>%0</p>	
<p>-1.00D</p>	<p>1.61 Kaplamalı</p>	<p>%0</p>	

<p>+1.00D</p>	<p>1.61 Kaplamah</p>	<p>%0</p>	 <p>The screenshot shows a refractometer interface with a central circular scale. The top bar contains icons for home, save, target, and plus. On the left, there are labels S, C, A, and two triangles. The right side displays a yellow box with the following values: S +1.00, C 0.00, A 180, Δ I 0.00, and Δ U 0.00. Below the scale, there is a blue button labeled 'ALIGNMENT OK' and a 'UV (%)' field showing 0. At the bottom, there are buttons for 'LPD', 'PD', and 'RPD', and a yellow bar with 'STEP 0.25', 'CYL +', and 'ABBE 40'. The device model 'GL-8800' is visible at the bottom.</p>
<p>+2.00D</p>	<p>1.61 Kaplamah</p>	<p>%0</p>	 <p>The screenshot shows a refractometer interface similar to the first one. The right side displays a yellow box with the following values: S +2.00, C 0.00, A 180, Δ I 0.00, and Δ U 0.00. Below the scale, there is a red button labeled 'MARKING OK' and a 'UV (%)' field showing 0. At the bottom, there are buttons for 'LPD', 'PD', and 'RPD', and a yellow bar with 'STEP 0.25', 'CYL +', and 'ABBE 40'. The device model 'GL-8800' is visible at the bottom.</p>
<p>+3.00D</p>	<p>1.61 Kaplamah</p>	<p>%0</p>	 <p>The screenshot shows a refractometer interface similar to the previous ones. The right side displays a yellow box with the following values: S +3.00, C 0.00, A 180, Δ I 0.00, and Δ U 0.00. Below the scale, there is a red button labeled 'MARKING OK' and a 'UV (%)' field showing 0. At the bottom, there are buttons for 'LPD', 'PD', and 'RPD', and a yellow bar with 'STEP 0.25', 'CYL +', and 'ABBE 40'. The device model 'GL-8800' is visible at the bottom.</p>

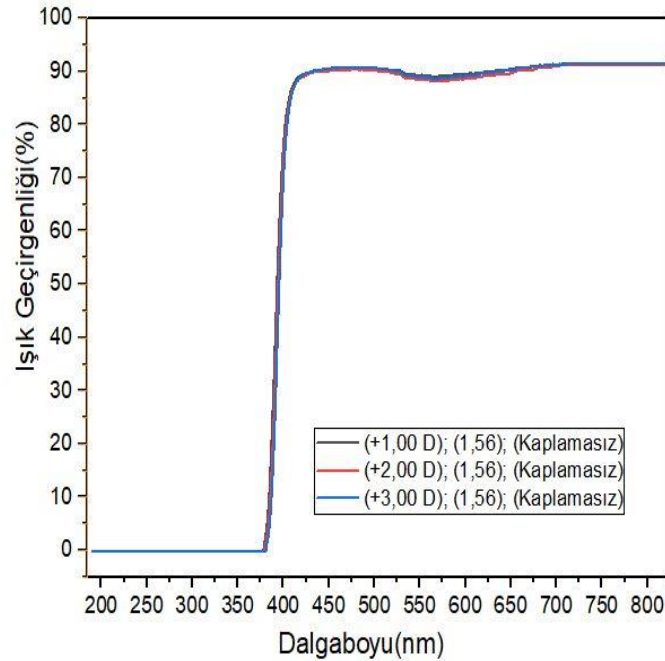
4.2. UV- VISIBLE İle Alınan Işık Geçirgenlik Ölçümleri (T) (%)



Şekil 4.1:1.56 kırılma indisli (kaplamasız) “-“ diyoptrili merceklerin dalga boyuna bağlı ışık geçirgenliği grafiği.

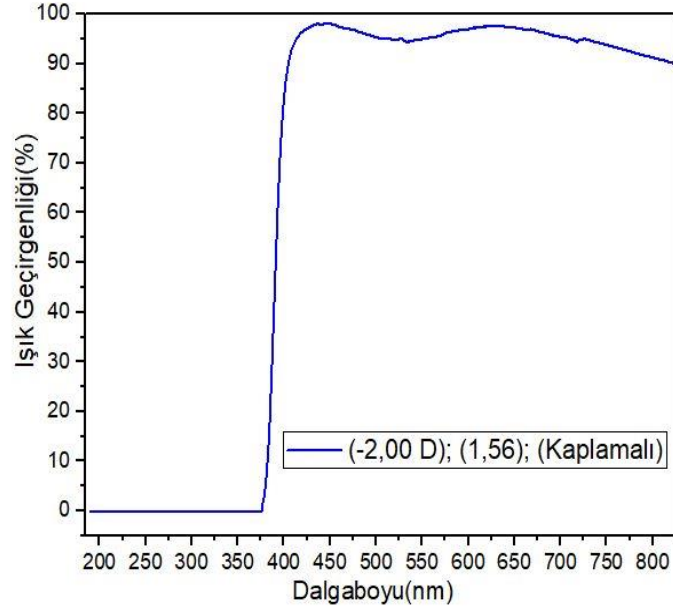
Şekil 4.1’de, -1.00 D ve -2.00 D gücündeki iki farklı 1.56 kırılma indisli, ancak antirefle kaplamasız gözlük camının 200–800 nm dalga boyu aralığındaki ışık geçirgenliği (%) karşılaştırılmaktadır. Eğrilerin detaylı analizi şu şekilde yapılabilir. UV blokajı (200–380 nm) arasında her iki lens de 200 nm’den yaklaşık 350–380 nm bandına kadar neredeyse sıfıra yakın geçirgenlik sergiler. Bu durum, UV ışınlarının önemli ölçüde bloke edildiğini göstermektedir. Özellikle UV-B (280–315 nm) ve kısmen UV-A (315–400 nm) dalga boylarında bu blokaj göz sağlığı açısından arzu edilen bir özelliktir. Görünür bölgede (380–700 nm) ise 380 nm’den sonra transmisyon değeri hızla yükselerek 400 nm civarında %85–90 seviyesine ulaşmaktadır. Şekil 4.1’de bulunan grafikte siyah (-1.00 D) ve kırmızı (-2.00 D) eğriler, 400–700 nm bandında çok yakın seyretmekte ve neredeyse üst üste gelmektedir. Bu durum, lens diyoptri farkının aynı malzemenin olduğunda görünür ışık geçirgenliğini önemli ölçüde değiştirmedeğini göstermektedir. Merceklerin “kaplamasız” olması nedeniyle yansıma kayıpları söz konusudur. Antirefle (AR) kaplamalı versiyonlarında bu yansımalar azaltılarak görünür bölgede geçirgenlik birkaç puan daha artırılabilir. Şekil 4.1’de 400–700 nm arasında ortalama %85–90 seviyesinde bir geçirgenlik görülmesi, kaplamasız 1.56

indeksli camlar için normal bir durumdur. Diyoptri farkı incelendiğinde ise -1.00 D vs. -2.00 D olan miyop merceklerde kenarlarda daha kalın, merkezde daha ince yapıdadır. -2.00 D olan cam, -1.00 D camdan kenar kalınlığı açısından biraz farklı olsa da, bu farkın geçirgenliği kayda değer biçimde etkilemediği görülüyor. Grafikte çok küçük dalgalanmalar veya üst üste binmede minör farklılıklar olabilir ancak bu, üretim toleransları ve malzeme içsel özelliklerinden kaynaklanır ve gözle fark edilemeyecek kadar az durumdadır. 700–800 nm dalgaboyu bölgesinde ise 700 nm’den sonra da nispeten yüksek bir geçirgenlik söz konusudur. Grafikte, dalga boyu ilerledikçe ufak dalgalanma gösterse de, bunlar kaplamasız camın tipik yansıma özelliklerine bağlıdır. Şekil 4.1 için genel bir değerlendirme yapacak olursak -1.00 D ve -2.00 D, 1.56 indeksli, kaplamasız camlar, UV bölgesinde güçlü blokaj yaparken görünür ışıkta ortalama %85–90 oranında geçirgenlik sağlamaktadır. Diyoptri farkı, aynı malzeme ve kaplama durumunda, görünür spektrum geçirgenliğini belirgin ölçüde değiştirmemiştir. Antirefle kaplama olmadan dahi, her iki diyoptri seçeneğinde de iyi bir şeffaflık ve UV koruması elde edildiği de gözlemlenebilmektedir.



Şekil 4.2: 1.56 kırılma indisli (kaplamasız) ‘+’ diyoptrili merceklerin dalga boyuna bağlı ışık geçirgenliği grafiği.

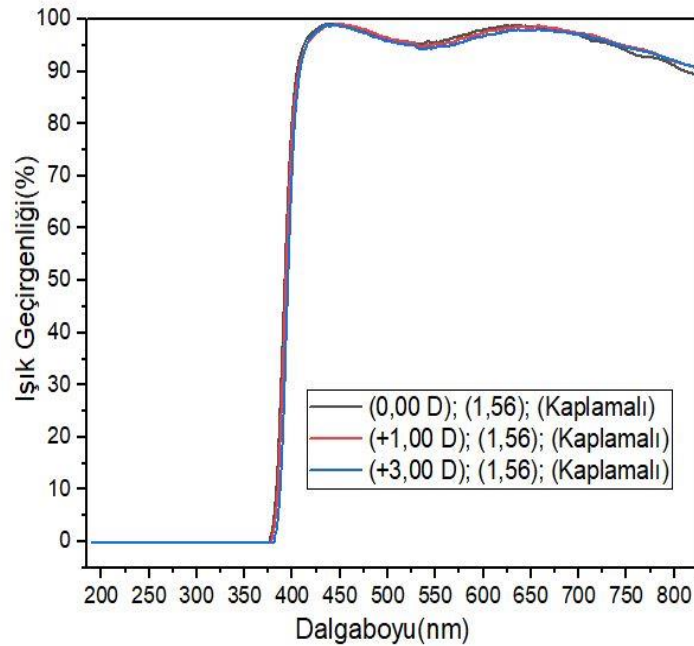
Şekil 4.2’de (+1,00 D), (+2,00 D) ve (+3,00 D) olmak üzere farklı artı(+) diyoptri değerlerine sahip, 1.56 kırma indisli ve antirefle kaplamasız üç ayrı gözlük camının 200–700 nm dalga boyu aralığındaki ışık geçirgenlik (%) değerleri gösterilmektedir. UV blokajı (200–380 nm aralığı) üç eğri de 200–300 nm dolaylarında neredeyse %0’a yakın geçirgenlikle başlamaktadır. 350–380 nm civarına kadar geçirgenlik çok düşük seyretmektedir. Bu, camların UV-B ve kısmen UV-A dalga boylarını büyük oranda bloke ettiğini, yani UV’den koruma sağladıklarını gösterir. Göz sağlığı açısından arzu edilen bir durumdur. Görünür bölge (380–700 nm) aralığında 380 nm civarından itibaren geçirgenlik hızlı bir şekilde artmakta ve yaklaşık 400 nm’den sonra %90 civarına ulaşmaktadır. Şekil 4.2’de (+1.00 D), (+2.00 D) ve (+3.00 D) camların geçirgenlik eğrileri 400–800 nm aralığında neredeyse üst üste geliyor ve birbirine çok yakın seyretmektedir. Bu da diyoptri (lens gücü) değişiminin özellikle aynı malzeme ve benzer kalınlık tasarımında görünür bölgedeki ışık geçirgenliğini çok fazla etkilemediğini göstermektedir. Kaplamasız bir lensin tipik olarak görünür bölgede %90–92 civarında maksimum transmisyona ulaşması normaldir. Kaplama olsaydı bu değer birkaç puan daha yüksek olabilir ve eğrideki ufak dalgalanmalar daha da azaltılabilirdi. Diyoptri değerlerinin etkisine bakacak olursak +1.00 D, +2.00 D ve +3.00 D arasındaki en büyük fark, lenslerin kalınlık profilinde (özellikle merkez kalınlığında) ortaya çıkar. Ancak grafikte görüldüğü üzere bu kalınlık farkı, genel ışık geçirgenliğini belirgin biçimde değiştirmemiştir. Eğriler arasındaki milimetrik farklılıklar, merceğin kenar yansıma kayıpları veya içsel soğurma özellikleriyle ilişkili olabilir ancak gözle fark edilemeyecek kadar küçük seviyelerde olduğu görülmektedir. Genel değerlendirme olarak 1.56 kırma indisli ve kaplamasız artı diyoptrili bu gözlük camları, 350–380 nm altında UV ışınlarını büyük ölçüde bloke ederken, görünür bölgede %90 dolaylarında oldukça iyi bir ışık geçirgenliği sağlamaktadır. Lensler arasındaki geçirgenlik eğrisi farkları yok denecek kadar az; diyoptri artışı, spektral geçirgenlikte büyük bir değişim yaratmamaktadır. Antirefle kaplama kullanılmamış olması nedeniyle %90’a yakın seviyede kalan ışık iletimi, kaplama eklenmiş olsaydı daha da yukarı çıkabilir ve aynı zamanda yansıma kaynaklı parlamalar biraz daha azaltılabilirdi. Sonuç olarak, bu Şekil 4.2’de bulunan grafikte üç farklı güçteki “+” değerli kaplamasız 1.56 indekse sahip camlar, UV bölgesinde güçlü blokaj sağlarken görünür ışık bölgesinde ortalama %90 civarı şeffaflık sunuyor. Lens gücündeki değişimlerin, kaplamasız bile olsa, camın geçirgenlik eğrisini anlamlı derecede etkilemediği de görülmektedir.



Şekil 4.3:1.56 kırılma indisli antirefle kaplamalı -2.00 diyoptrili merceğin dalga boyuna bağlı ışık geçirgenliği grafiği.

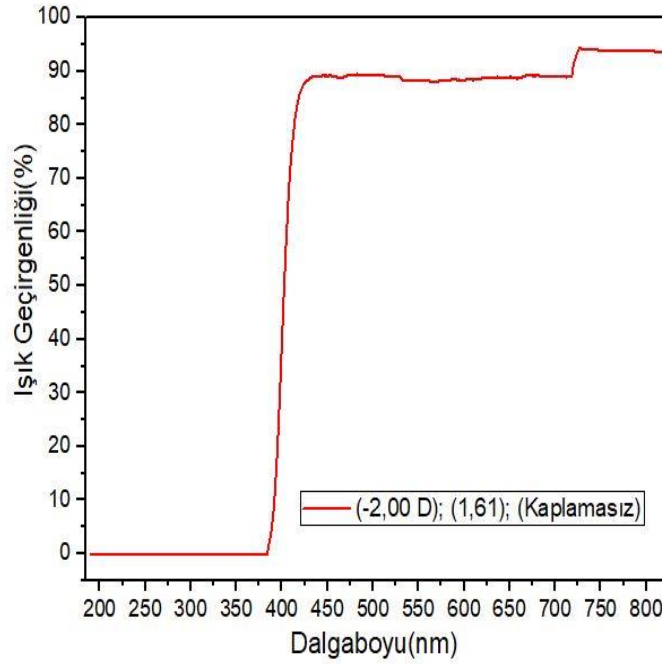
Şekil 4.3’de, -2.00 diyoptrili, 1.56 kırılma indisli ve antirefle kaplamalı bir lensin, 200–800 nm aralığındaki ışık geçirgenlik oranı (%) gösterilmektedir. Eğrinin incelenmesiyle öne çıkan noktaları sırasıyla incelersek öncelikli olarak UV blokajı (200-380nm aralığı) şekil 4.3’te grafiğin 200 nm’den 350–380 nm civarına kadar neredeyse %0 (çok düşük) geçirgenlik göstermesi, lensin UV ışınlarını (özellikle UV-B ve bir kısım UV-A’yı) büyük oranda bloke ettiğini göstermektedir. UV koruması göz sağlığı açısından kritik öneme sahiptir ve bu grafikte UV blokajının oldukça etkin olduğu görülür. Görünür bölgede (380–700 nm civarı) 380–400 nm aralığında geçirgenliğin hızla yükseldiği ve yaklaşık 400 nm sonrasında %90’lar düzeyine çıktığı gözlemlenmektedir. Bu, camın görünür ışıkta oldukça şeffaf olduğunu ve net bir görüş sağladığını göstermektedir. Görünür bölge (380–700 nm) boyunca transmisyon değeri ortalama %90–95 aralığında seyretmektedir. Bu yüksek değer, antirefle kaplamanın yansıma kayıplarını azaltmasından kaynaklanmaktadır. Antirefle kaplamanın etkisine bakacak olursak “Kaplama” ibaresi, lensin yüzeyindeki yansımaların ve istenmeyen ışık kayıplarının azaltıldığını ifade etmektedir. Böylece gözle görülen parlama/yansıma azalırken, genel geçirgenlik yükselir. Grafikte 400–800 nm arasında hafif dalgalanmalar görülmesi, kaplamanın farklı dalga boylarındaki girişim/yansıma özelliklerinden ileri gelmektedir. Ancak bu dalgalanmalar küçük, dolayısıyla pratikte fark edilebilir düzeyde değildir. Diyoptri ve kalınlık etkisi ise -2.00 D olan lens, miyop

düzeltilmesi için tasarlandığından, merkezde ince kenarlarda daha kalın bir profile sahiptir. Ancak grafikteki görünür bölgede yüksek ve stabilize transmisyon, bu kalınlık farkının geçirgenlik üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını göstermektedir. 1.56 indeksli bir malzeme, standart indeks camlara göre daha ince ve hafif olabilir, ancak esas olarak ışık geçirgenliği kaplama kalitesi ve malzemenin içsel optik özelliklerine bağlıdır. Şekil 4.3'te bulunan grafik ile ilgili genel değerlendirme olarak 200–380 nm'de güçlü bir UV blokajı ve 400 nm'den itibaren %90+ seviyesinde yüksek görünür ışık geçirgenliği sağlanmaktadır. -2.00 D gibi orta dereceli bir miyop lens olmasına rağmen, 1.56 indeks ve antirefle kaplama sayesinde optik performans oldukça iyi durumdadır hem UV koruması hem de net görüş beklentisini karşılamaktadır. Eğrideki ufak oynamalar kaplamaya özgü girişim etkilerinden kaynaklanmaktadır ancak değerler birbirine yakındır ve gözle fark edilmesi zordur. Özetle, bu grafiğe göre söz konusu -2.00 D, 1.56 indeksli ve antirefle kaplamalı gözlük camı hem UV ışınlarını etkin biçimde engellemekte hem de görünür spektrumda yüksek bir ışık geçirgenliği sunarak konforlu ve net bir görüş sağlamaktadır.



Şekil 4.4: 1.56 kırılma indeksli antirefle kaplamalı “+” diyoptrili merceklerin dalga boyuna bağlı ışık geçirgenliği grafiği.

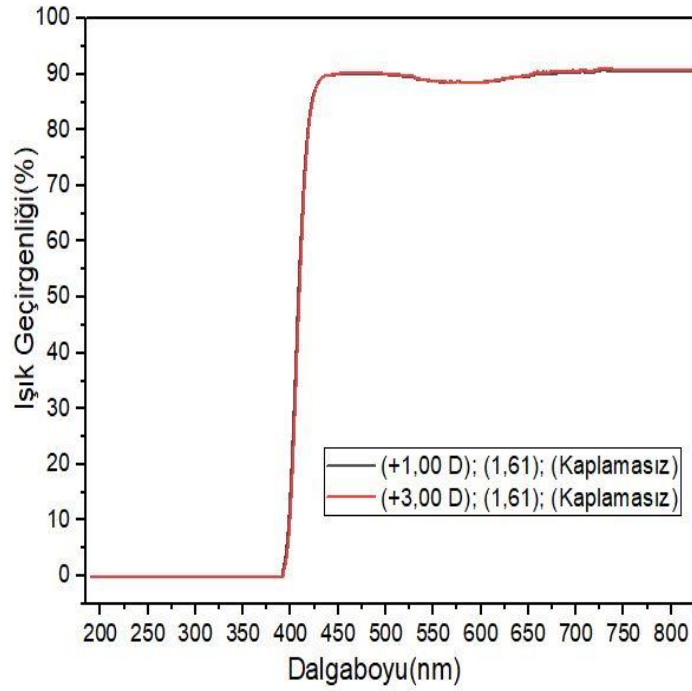
Şekil 4.4’de 1.56 kırma indisli ve antirefle kaplamalı üç farklı gözlük camının (0.00 D “plano”, +1.00 D ve +3.00 D) 200–800 nm dalga boyu aralığındaki ışık geçirgenliği (%) sergilenmektedir. Öncelikli olarak UV blokajına (200–380 nm aralığı) bakarsak tüm camlar 200 nm’den başlayarak yaklaşık 350–380 nm’ye kadar neredeyse sıfıra yakın ışık geçirgenliği göstermektedir. Bu, UV ışınlarının (özellikle UV-B ve kısmen UV-A) hemen hemen tamamını bloke ettikleri anlamına gelmektedir. Göz sağlığı açısından güçlü bir UV korumasıdır. Görünür bölgede (380–700 nm aralığı) ise 380–400 nm civarından itibaren transmisyonun hızlıca yükselerek %90’lar düzeyine ulaştığı görülmektedir. Şekil 4.4’de grafikte eğriler üç diyoptri (0.00, +1.00, +3.00) için de neredeyse üst üste binen çok benzer eğriler ortaya koymaktadır. Bu, aynı malzeme (1.56) ve aynı antirefle kaplama kullanıldığı sürece diyoptri farkının görünür ışık geçirgenliğine pek etkisi olmadığını göstermektedir. Görünür spektrumda (~400–700 nm) ortalama %90–95 civarındaki bu yüksek geçirgenlik, antirefle kaplamanın yansıma kayıplarını minimize etmesinden kaynaklanmaktadır. Antirefle kapmanın etkisi ise özellikle görünür bölgede yansıma kaybını azaltarak iletim seviyesini artırmaktadır. Şekil 4.4’de grafikte 450–650 nm civarındaki ufak dalgalanmalar, kaplamanın farklı dalga boylarında yarattığı girişim etkilerine bağlıdır. Ancak bu farklar oldukça küçüktür ve pratikte göze çarpmamaktadır. Diyoptri (lens gücü) farkının etkisini inceleyecek olursak 0.00 D (plano), +1.00 D ve +3.00 D camlar kalınlık ve optik güç olarak birbirinden farklı olsalar da, görünür banttaki iletimleri çok benzer durumda görülmektedir. Yüksek artı diyoptrilerde (örneğin +3.00 D) merkezde daha kalın bir yapı olsa da bu kalınlık artışı toplam geçirgenliği anlamlı ölçüde değiştirmemiştir. 700 nm sonrasında da geçirgenlik yüksek seyrini korumakla birlikte hafif dalgalanmalar görülebilir. Bunlar yine kaplamanın veya malzeme özelliklerinin yarattığı minor farklılıklardır. Sonuç olarak, şekil 4.4’de bulunan grafikteki 0.00, +1.00 ve +3.00 diyoptrilik 1.56 indeksli, antirefle kaplamalı camların UV bölgesinde çok düşük geçirgenlikle etkin koruma sağladığı, görünür ışıkta %90–95’e varan yüksek geçirgenlikle net görüş sunduğu ve diyoptri farkının geçirgenlik eğrisi üzerinde belirgin bir farklılık yaratmadığı net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 4.5:1.61 kırılma indisli (kaplamasız) -2.00 diyoptrili merceğin dalga boyuna bağlı ışık geçirgenliği grafiği.

Şekil 4.5’de bulunan grafikte, -2.00 diyoptri değerine sahip (miyop) ve 1.61 kırma indisle, ancak antirefle kaplamasız bir gözlük camının 200–800 nm dalga boyu aralığındaki ışık geçirgenliği (%) görülmektedir. Eğrinin karakteristik özellikleri ise şu şekilde özetlenebilmektedir. Öncelikli olarak UV blokajı (200-380nm aralığında) 200 nm’den yaklaşık 350–380 nm’ye kadar transmisyon değeri neredeyse sıfıra yakın seyretmektedir. Bu, UV ışınlarının (özellikle UV-B ve kısmen UV-A bandı) büyük ölçüde bloke edildiğini göstermektedir. Gözlük camlarında UV koruması istenilen bir özelliktir; bu grafikte camın malzeme özelliği sayesinde UV’yi iyi derecede engellediği anlaşılmaktadır. Görünür Bölge ise 380–400 nm aralığında geçirgenliğin hızla artarak %85–90 civarına yükseldiği ve 400–700 nm bandında bu değerlerin etrafında sabit kaldığı gözlemlenmektedir. 1.61 indeksli camlar, görünür bölgede genelde yüksek geçirgenliğe sahiptirler. Ancak antirefle kaplama olmadığı için ışık geçirgenliği, antirefle kaplamalı versiyonuna göre bir miktar daha düşük kalabilir (tipik olarak kaplamalı camlar %90’ların biraz üzerinde, %92–95 aralığına çıkabilir). Antirefle kaplamasız olmanın etkisi şekil 4.5’te bulunan grafikte, görünür bölgede (özellikle 450–650 nm arasında) bir miktar dalgalanma ve %90’ın biraz altı/üstü değerler görülmesi, yansımalarından kaynaklanmaktadır.

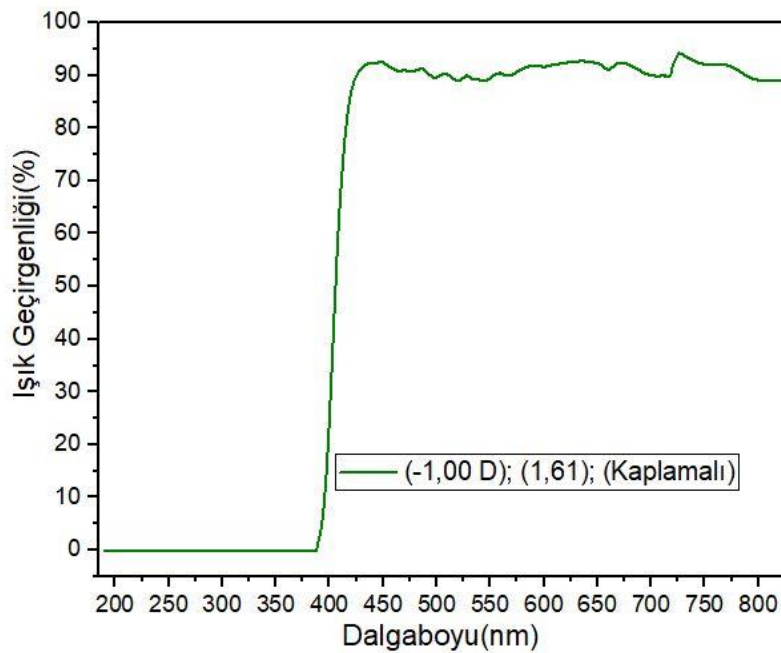
Antirefle (AR) kaplama bulunsaydı bu dalgalanmalar daha az, en yüksek transmisyon yüzdesi ise bir nebze daha yüksek durumda olabilirdi. Kaplamasız camlar, yansıma kayıpları nedeniyle antirefle kaplamalı camlara göre tipik olarak 1–5 puan daha düşük transmisyon sergilemektedirler. Diyoptri ve kalınlık -2.00 D bir lens, miyop düzeltmesi için kenarlarda daha ince, merkezde daha kalın bir profile sahip olsa da (1.61 indeks sayesinde daha ince olması beklenir), toplam transmisyonda bariz bir fark yaratmaz. Grafikte de görünür banttaki iletim genelde düz bir seyir izler. 700 nm'den sonra da yüksek geçirgenlik sürüyor; ancak 750–800 nm bandında hafif bir dalgalanma veya artış görülebilir. Bu, camın malzeme özellikleri ve yansıma/absorpsiyon parametreleriyle ilişkilidir. Genel değerlendirme olarak ise mercek, UV bölgesinde kuvvetli koruma sağlamakta ve görünür bölgede ortalama %85–90 civarında bir geçirgenlik göstermektedir. Kaplamasız olması nedeniyle görünür ışıktaki bir miktar yansıma kaynaklı kayıplar söz konusu; eğer anti-refle kaplama olsaydı bu kayıplar azalacak ve grafikteki tavan noktası birkaç puan daha yüksekte seyredebilirdi. Buna rağmen, UV korumasının iyi olması ve genel ışık geçirgenliğinin yüksek seyretmesi bu camın net görüş sağlamasında temel unsurdur. -2.00 D diyoptri değeri de eğride anlamlı bir değişime neden olmamaktadır. Kısacası, bu -2.00 D, 1.61 indeksli, antirefle kaplamasız cam grafiği, güçlü UV blokajı ve makul oranda (kaplama olmamasına rağmen ~%90 düzeyinde) görünür ışık geçirgenliği ile standart bir yüksek indeks miyop cam profili sergilemektedir.



Şekil 4.6:1.61 kırılma indisli (kaplamasız) “+“ diyoptrili merceklerin dalga boyuna bağlı ışık geçirgenliği grafiği.

Şekil 4.6’da bulunan grafikte, +1.00 D ve +3.00 D gücüne sahip 1.61 kırılma indisli ve antirefle kaplamasız iki farklı artı (hipermetrop) lensin, 200–800 nm dalga boyu aralığındaki ışık geçirgenlik (%) değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir. Eğrilerin detaylı analizini yapacak olursak; UV blokajı (200–380 nm civarı) her iki lens de 200 nm’den 350–380 nm civarına kadar neredeyse sifıra yakın transmisyon sergilemektedir. Bu, UV ışınlarının (özellikle UV-B ve kısmen UV-A) büyük ölçüde bloke edildiği anlamına gelmektedir. Göz sağlığı açısından istenen bu koruma, yüksek indeks materyallerde (1.61) tipik olarak etkin şekilde mevcuttur. Görünür ışık bölgesi (380–800 nm) 380 nm’den sonra transmisyon değerinin hızla %85–90 civarına yükseldiği ve 400 nm sonrası bu seviyede düzgün bir eğri izlediği görülmektedir. İki farklı diyoptri (+1.00 ve +3.00) olmasına rağmen, grafik eğrileri hemen hemen üst üste biner. Bu da artan diyoptriye rağmen (merkez kalınlığı artmasına rağmen) toplam ışık geçirgenliğinin çok az değiştiğini göstermektedir. Camların antirefle kaplamasız olması sebebiyle, görünür ışıkta bir miktar yansıma kaybı söz konusu olmaktadır. Buna karşın, yine de %85–90 bandındaki geçirgenlik oldukça iyi bir değerdir. Kaplamalı versiyonlarda bu değer birkaç puan daha yüksek olabilir ve yansıma kaynaklı parlamalar daha da azalır. Diyoptri farkının etkisini inceleyecek olursak +1.00 D ile +3.00

D arasındaki en büyük fark fiziksel kalınlık ve optik gücün dağılımındadır (yüksek artı lenslerde merkez daha kalındır). Ancak her iki diyoptride de aynı malzeme ve kaplama durumu söz konusu olduğundan, gözle görünür bir transmisyon farkı yoktur. Grafiklerdeki ufak düzeydeki dalgalanmalar tipik olarak üretim toleransları ve merceğin içsel soğurma/yansıma özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Genel değerlendirme olarak her iki lens de UV bölgesinde güçlü bir blokaj sağlarken, görünür bölgede %85–90 civarında yüksek bir ışık geçirgenliğine sahiptir. Kaplama olmamasına rağmen elde edilen bu değerler, malzemenin (1.61 indeks) optik kalitesinin iyi olduğunu göstermektedir. Diyoptri artışının geçirgenlik eğrisi üzerinde önemli bir farklılık yaratmadığı açıkça görülmektedir. Kısacası, bu grafiğe bakıldığında 1.61 indeksli kaplamasız artı camların UV’yi başarılı şekilde bloke ettiği, görünür ışıktaki da oldukça yüksek bir geçirgenlik sunduğu anlaşılmaktadır. Farklı diyoptri değerlerine rağmen optik performans (transmisyon) büyük ölçüde benzerdir.

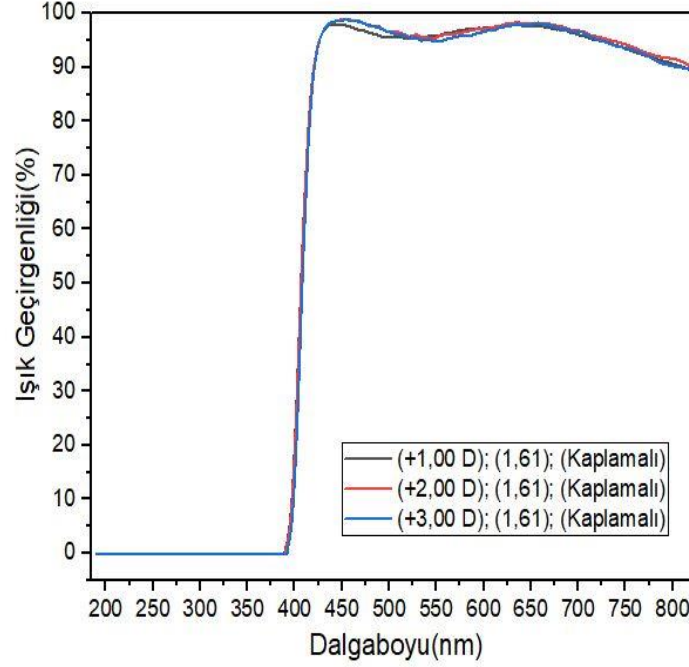


Şekil 4.7: 1.61 kırılma indisli antirefle kaplamalı -1.00 diyoptrili merceğin dalga boyuna bağlı ışık geçirgenliği grafiği.

Şekil 4.7’de bulunan grafiğe genel olarak bakıldığında, 200 ile 800 nm dalga boyu aralığında söz konusu lensin ışık geçirgenlik yüzdesi gösterilmektedir. Yatay ekseninde (x-ekseni) dalga boyu (nanometre cinsinden), dikey ekseninde (y-ekseni) ise bu dalga boyundaki geçirgenlik yüzdesi yer almaktadır. UV blokajı (200–380 nm civarı) grafiğin 200 nm’den başlayıp yaklaşık 350–380 nm’ye kadar neredeyse sıfıra çok yakın bir iletim değeri gösterdiği

görülyor. Bu, lensin bu ultraviyole (UV) bantta (özellikle UV-B ve kısmen UV-A aralığında) ışığı büyük oranda bloke ettiğini, yani neredeyse hiç geçirmediğini ifade etmektedir. Göz sağlığı açısından istenen de budur; zira UV ışınları retinaya ve göz merceğine zarar verme potansiyeline sahiptir. Bu grafikteki düşük geçirgenlik, lensin iyi bir UV koruması sağladığını göstermektedir. Görünür bölge (380–700 nm civarı) 380–400 nm civarından başlayarak geçirgenliğin hızla yükseldiği ve 400 nm sonrasında %90'a yakın bir değere ulaştığı görülmektedir. Bu, lensin görünür ışık bölgesinde oldukça yüksek şeffaflıkta olduğunu göstermektedir. 400–800 nm aralığında genel olarak %88–92 civarında dalgalanan bir geçirgenlik söz konusu olduğu grafikte izlenmektedir. Bu dalgalanma, kaplamanın (antirefle) yansımaları azaltıp bir miktar seçici geçirgenlik göstermesiyle ilgilidir. Ancak bu oynamalar küçük seviyelerde olduğu için gözle fark edilebilecek bir renk sapması/azalması beklenmemektedir. Kaplamanın etkisi ise -1.00 D olan mercede bulunan antirefle kaplamasının tipik olarak görünür ışık bölgesinde transmisyonu artırmaktadır (yani ışığın daha büyük kısmını geçirir, yansımayı düşürür). Dolayısıyla grafikte %90'lar düzeyinde oldukça yüksek bir geçirgenlik görmemizin başlıca nedenlerinden biri bu kaplamadan kaynaklanmaktadır. -1,00 D lensin -1.00 diyoptri gücüne sahip olduğunu, yani miyop bir reçeteye uygun bir lens olduğunu ifade etmektedir. Bunun ışık geçirgenliğine doğrudan etkisi genelde çok büyük olmaz, ancak yüksek diyoptrilerde kalınlıktan dolayı kenar bölgelerde farklı yansıma kayıpları yaşanabilir. -1.00 D ise nispeten düşük bir miyopi değeri olduğu için grafiğin genel formunu pek etkilememektedir. Yüksek indeks malzemeler ince ve hafif lens üretmeyi sağlar; ancak kaplama olmadığı durumda görünür bantta bir miktar yansıma artışı olabilmektedir. Şekil 4.7'de bulunan grafikte görülen yüksek geçirgenlik, kaplama sayesinde yansıma kayıplarının minimize edildiğini göstermektedir. Genel değerlendirme olarakta şekil 4.7'da bulunan grafikte 200–350 nm aralığında neredeyse %0 geçirgenlik, 380 nm sonrası ise hızla %90'lara ulaşan transmisyon değeri, UV koruması iyi olan, görünür bölgede ise son derece şeffaf bir lens profili sergilemektedir.. Hafif dalgalanmalar, özellikle 400–800 nm aralığında, kaplama katmanlarının farklı dalga boylarında yarattığı ufak yansıma/girişim etkilerinden ileri gelir. Bu dalgalanmaların seviyesi (yaklaşık %2–3 fark) gözle fark edilmeyecek kadar küçüktür ve bu durum, iyi uygulanmış bir kaplamayı işaret etmektedir. Sonuç olarak ise lens, UV ışınlarının (özellikle 350–380 nm altındaki bant) neredeyse tamamını bloke ederek göz sağlığı açısından koruma sağlamaktadır. Görünür bölgede yüksek ışık geçirgenliği (~%90 civarı) sayesinde göz konforu ve net görüş sunmaktadır. 1.61 indeksli olan malzeme ve üzerine eklenmiş

kaplamalar birlikte, hem ince ve hafif bir lens yapısı hem de yansımaları düşük, şeffaf bir optik sonuç elde edilmesini sağlamaktadır.



Şekil 4.8:1.61 kırılma indisli antirefle kaplamalı ‘+’ diyoptrili merceklerin dalga boyuna bağlı ışık geçirgenliği grafiği.

Şekil 4.8’de bulunan grafikte, 1.61 kırılma indisli ve antirefle kaplamaya sahip üç farklı artı güçteki (+1,00 D / +2,00 D / +3,00 D) gözlük camının 200-800 nm dalga boyu aralığındaki ışık geçirgenlik (%) değerleri yer almaktadır. UV blokağı (200-380 nm civarı) eğrilerin 200 nm’den başlayarak yaklaşık 350-380 nm’ye kadar neredeyse sıfıra yakın transmisyon göstermesi, camların UV ışınlarını (özellikle UV-B ve kısmen UV-A bandını) büyük ölçüde bloke ettiğini göstermektedir. Göz sağlığı için istenen bu blokağ, yüksek indeks (1.61) materyalde ve kaplama ile birlikte tipik olarak son derece etkilidir. Görünür bölge (380-800 nm civarı) 380-400 nm aralığında transmisyonun hızla yükseldiği ve 400 nm’den sonra %90’lar mertebesine çıkıp 90-95 civarında seyrettiği görülmektedir. Üç farklı diyoptrinin eğrileri (siyah, kırmızı, mavi) 400-800 nm aralığında birbirine çok yakın seyretmekte ve yalnızca küçük dalgalanmalarla ayrılmaktadır. Bu, farklı artı diyoptriler (1.00, 2.00 ve 3.00) olsa bile, görünür ışık geçirgenliğinin büyük ölçüde aynı kaldığını göstermektedir. Ar kaplamanın etkisi ise antirefle kaplamalar, özellikle görünür bölgede refleksleri azaltarak

ışık iletimini artırır. Dolayısıyla %90–95 gibi yüksek bir geçirgenlik değeri elde edilir. Şekil 4.8’de bulunan grafikte 450–650 nm civarında görülen ufak oynamalar, kaplamaların farklı dalga boylarındaki girişim/yansıma etkilerinden kaynaklanır ancak değerler birbirine çok yakındır ve gözle fark edilebilecek boyutta değildir. Diyoptri (lens gücü) etkisini inceleyecek olursak; artı diyoptrili lensler, merkezde daha kalındır, diyoptri arttıkça kalınlık artar. Ancak kalınlık farklılıkları, “aynı malzeme ve benzer kaplama” söz konusu olduğunda spektral geçirgenliği genellikle çok az etkiler. Grafikte de üç eğrinin üst üste bindirilmesi bu gerçeği yansıtmaktadır. Yüksek diyoptrili bir artı lensin tek farkı, kenarlardan çok merkez bölgesinde kalınlaşmasıdır. Bu durum, bütünsel transmisyonda büyük bir değişiklik yaratmamıştır. Genel değerlendirme olarak ise, 1.61 indeksli ve AR kaplamalı bu artı güçlü lensler, yüksek UV blokajı (350–380 nm altında neredeyse sıfır geçirgenlik) ve görünür bölgede çok yüksek şeffaflık (%90–95 aralığı) sağlamaktadır. (+1,00 D), (+2,00 D) ve (+3,00 D) arasında diyoptri farkı olsa da ışık geçirgenliği açısından eğriler neredeyse aynıdır; kaplama sayesinde yansıma kayıpları minimize edilmiştir. Dolayısıyla hem UV koruması hem de görünür bölgede kaliteli bir görüş elde etme açısından grafikte görülen değerler gayet olumlu durumdadır. Kısa olarak, bu eğriler gözlük camlarının UV’yi güçlü biçimde blokladığını, görünür ışıktaki ise yüksek oranda şeffaflık sağladığını (antirefle kaplama sayesinde) göstermektedir. Özen çalışmasında cam üzerine üretilen ince kaplamalı filmlerin 350- 1100 nm aralığında artan dalga boyuna göre %0.5 den %2 ye kadar ulaşan optiksel geçirgenlik değerleri gözlenmektedir. Bu çalışma incelendiğinde 350-1100 nm dalga boyu aralığında ışık geçirgenliği üretilen ince film kaplamalı camlarda belirgin bir geçirgenlik farkı olduğu görülmektedir. 200-350 nm aralığında birbirine çok yakın soğurma değerleri görünürken 350 nm’ den sonra ışık geçirgenlikleri artmıştır (Özen, 2017). UV spektrofotometre de yapmış olduğumuz testlerde de kaplamalı camların yine aynı şekilde ışık geçirgenlikleri 390-800nm arasında artarken 800nm’den sonra 1200nm’ye kadar hemen hemen stabil olarak ilerlediği görülmektedir. Kaplamalı camların ışık geçirgenliklerinin, kaplamasız camlara göre ışık geçirgenliklerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Yine aynı çalışma incelendiğinde kırılma indisinin artması ışık geçirgenliğini azaltmakta fakat üzerine uygulanan kaplamalar neticesinde ışık geçirgenliği oranının artırılması söz konusudur. Yapmış olduğumuz deneyler ve Özen’in çalışmasında yola çıkarak kırılma indisinin artması ışık geçirgenliğini olumsuz etkilemektedir. Ve ışık geçirgenliğinin artırılması için cam yüzeylerin üzerine ince film kaplamalar uygulanması gerekmektedir. Aykut ise çalışmasında kaplamalı ve kaplamasız camların ışık geçirgenlikleri UV-VIS spektrofotometre cihazında incelenmiş ve sonuçlar yapmış olduğumuz çalışma ile benzer

özellikler taşımaktadır. Aykut'un yaptığı bu çalışmada UV bölgesinde 300nm'ye kadar bir ışık geçirgenlik söz konusu olmadığı ve 300nm'den sonra ise ışık geçirgenliğinin artışı söz konusudur. Ve kaplamalı ve kaplamasız camlar ayrı olarak incelendiğinde kaplamalı camın ışık geçirgenliğinin kaplamasız cama göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Aykut, 2019). UV-VIS spektrofotometre de yapmış olduğumuz testler sonucunda almış olduğumuz veriler benzer sonuçları vermekte ve kaplamalı cam numunelerinin, kaplamasız cam numunelerine göre ışık geçirgenliklerinin daha yüksek olduğu ölçümler sonucunda açıkça ortaya çıkmaktadır. İki çalışmada da görünür bölgede ışık geçirgenlikleri artış göstermektedir. Ve görünür ışık bölgesinin üzerine çıkıldığında ise geçirgenliklerin düştüğü gözlemlenmektedir. Son olarak Kuru'nun çalışması da incelendiğinde AR kaplamalı camların, kaplamasız camlara göre ışık geçirgenlik oranlarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu çalışmada sonucunda AR kaplamalı camların yaklaşık olarak %94.5 oranında ışık geçirgenliğine sahip olduğu gözlemlenmiştir (Kuru, 2017). Benzer şekilde yaptığımız numune ölçümlerindeki ortalamalar da aynı oranlarda görülmektedir. Bu çalışma ile yaptığımız çalışmalar yine kıyaslandığında AR kaplamanın ışık geçirgenliğini arttırdığı ve gözlük kullanıcılarının AR kaplamalı camları tercih etmeleriyle daha kaliteli bir optik görüş kazanacaklarını söyleyebiliriz.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

1. AR kaplamalı oftalmik optik merceklerin grafiğinde görünür bölgede(380-700nm) eğri biraz daha yüksek(%90-95+) iken, 1.56 kaplamsız oftalmik optik camlarda bu değer ortalama %85-90 aralığındadır. UV bloklama her ikisinde de benzer(%0'a yakın ışık geçirgenlik), IR bölgesinde ise 1.56 AR kaplamalı oftalmik optik merceklerde biraz daha stabil görünmektedir.
2. 1.61 AR kaplamalı organik oftalmik optik camlarda görünür bölge de iletim bir miktar daha fazladır. Özellikle 400-600nm arasında 1-2 puan artış söz konusudur. IR bölgesinde dalgalanmalar malzeme kaynaklıdır ve AR kaplama kısmen dengeleyici etki göstermektedir.
3. Kırılma indisi farklılığı nedeniyle IR bölgesinde ve 400–450 nm civarında hafif değişiklikler görülmektedir. Fakat temelde çok benzer bir profil izlemektedirler. 1,61indeksli oftalmik optik merceklerin genellikle ince olması, diyoptri arttıkça kalınlığın artışı sınırladığı için kenar/orta kalınlık farkları da değişkenlik gösterebilir. Buna bağlı olarak diyoptri değerlerinde küçük ışık geçirgenlik farkları gözlenmektedir.
4. Pozitif/negatif diyoptrili oftalmik optik camlar, özellikle UV ve görünür bölgede belirgin bir geçirgenlik düşüşü yaratmamaktadır ve esas etki IR bazı hassas aralıklarda ufak dalgalanmalardır. Tüm grafiklerde, UV bölgesinin güçlü bloklanması ve görünür bölgede (yaklaşık 380–700 nm) çok yüksek ışık geçirgenlik (çoğunlukla %85–95+) ortak payda şeklinde gözlenmektedir.
5. İki indis için de genel eğriler benzer olsa da 1.61 indeksli malzeme, IR bölgesi ve 400–500 nm civarında biraz farklı geçirgenlik profili gösterebilir; ancak farklar nispeten küçük kalmaktadır.
6. Pozitif ve negatif diyoptriler arasında, mercek kalınlıkları ve kenar incelikleri değiştiği için IR veya kısa dalga aralıklarında küçük sapmalar oluşmaktadır. Her dört grafikte de ortak olan özellik, UV bölgesinde çok düşük geçirgenlik (güçlü koruma), görünür bölgede çok yüksek şeffaflık ve IR'de nispeten yüksek geçirgenlik

sunmalarıdır. AR Kaplama, diyoptri ve indis farkları olsa da hepsi fonksiyonel açıdan benzer olarak “çok iyi UV bloklama, yüksek ışık geçirgenlik” profilini korumaktadır.

5.1 ÖNERİLER

1. Genel öneri olarak ışık geçirgenliğinin yüksek olması yansımanın azaltılması için AR kaplamalı mercekler gözlük kullanıcıları için tavsiye edilebilir.
2. İndeksin artması görüntü kalitesini düşürmekle beraber çok fazla etki etmemektedir.
3. Gözlük kullanıcılarının tercih ettikleri indekslerdeki merceklerin hammaddeleri de yansımayı direkt etkilemektedir.

KAYNAKLAR

- Acer, E. G. (2021). Hastaların Refraksiyon Kusurları ve Gözlük Camlarının Montajında Pupilla Mesafesiyle Montaj Yükseklik Değerlerinin Öneminin Araştırılması. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(1), 1-12.
- Ali, B, Sadekov, R. N ve Tsodokova, V. V. (2022). A Review of Navigation Algorithms for Unmanned Aerial Vehicles Based on Computer Vision Systems. *Gyroscopy and Navigation*, 13(4), 241-252.
- Anderberg, B. ve Wolbarsht, M. L. (2013). *Laser weapons: the dawn of a new military age*. Springer.
- Atakan, S.G. (2022). *Su Altında Görünür Işık Haberleşmesi* (Yüksek Lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi (Türkiye)).
- Atay, B.(2008). *Nanofilm fotokromik kaplamalar* (Master's thesis, Anadolu University (Turkey)).
- Aykut, E.(2019). *RF saçırma yöntemiyle üretilmiş MgF2 ince filmlerin optik özelliklerinin incelenmesi* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Band, Y. B. (2006). *Light and matter: electromagnetism, optics, spectroscopy and lasers* (Vol. 1). John Wiley & Sons.
- Beckmann, L. H. J. F ve Ehrlichmann, D. (1995). Optical systems for high-power laser applications: principles and design aspects. *Optical and quantum electronics*, 27, 1407-1425.
- Bhattacharjee, P. R. (2005). The generalized vectorial laws of reflection and refraction. *European journal of physics*, 26(5), 901.
- Bulut, P. G. (2021). *Sağlık çalışanlarında göz sağlığı okuryazarlığı ve sağlık okuryazarlığı arasındaki ilişkinin incelenmesi* (Master's thesis, Biruni Üniversitesi).
- Büyükyıldız, H. Z. (2010). Spectacle lenses, lens materials and personalized spectacle lenses. *Turkish Journal of Ophthalmology*, 41(1), 26-34.

- Buyukyildiz, H. Z. (2012). Coatings and tints of spectacle lenses/Gozluk cami kaplamalari ve renkli camlar. *Turkish Journal of Ophthalmology*, 42(5), 359-370.
- Cam Malzemelerin Optisyenlikte Uygulamaları Kitabı .(2022). ISBN: 978-625-398-827-2 (Book chapter).
- Cao, X., Luo, M., Liu, J., Ma, J., Hao, Y ve Liu, Y. (2024). Speed of Light in Hollow-Core Photonic Bandgap Fiber Approaching That in Vacuum. *Sensors*, 24(21), 6954.
- Carr, G. B ve Murgel, C. A. (2010). The use of the operating microscope in endodontics. *Dental Clinics of North America*, 54(2), 191.
- Cerri, D. (2019). *LED technology in automotive headlamps: driving more safely with adaptive lighting systems* (Doctoral dissertation, Politecnico di Torino).
- Erdoğan, H ve Güler, C.(2017). Refraksiyon (Kırma) Kusurları. *Turkiye Klinikleri Ophthalmology-Special Topics*, 10(1), 20-28.
- Facchinetti, G ve Ruostekoski, J.(2018). Interaction of light with planar lattices of atoms: Reflection, transmission, and cooperative magnetometry. *Physical Review A*, 97(2), 023833.
- Fankhauser, F ve Kwasniewska, S. (2003). Lasers in Ophthalmology: Basic, Diagnostic and Surgical Aspects: A Review.
- Funk, R. H, Schumann, U, Engelmann, K., Becker, K. A ve Roehlecke, C. (2014). Blue light induced retinal oxidative stress: Implications for macular degeneration. *World journal of ophthalmology*, 4(3), 29-34.
- Güncel, K. (2024). Astigmat nedir? Belirtileri, nedenleri ve tedavi yöntemleri.
- Han, S. D, Başkan, Ö. G. N. E ve Deveci, Ö. Ü. D. G. (2023). The Optical Effect Of Pd And Hg Error On Unwanted Prismatic Effects.
- Hipólito, V ve Coelho, J. M. (2024). Blue Light of the Digital Era: A Comparative Study of Devices. In *Photonics* (Vol. 11, No. 1, p. 93). MDPI.

- Kara, İ. (2020). Türkiyede Optik Sektörü ve Optisyenlik Mesleğinin Değerlendirilmesi. *Selçuk Sağlık Dergisi*, 1(1), 13-19.
- Karaca, I ve Yılmaz, S. G. (2018). Miyopi ve Glokom. *Glokom-Katarakt*, 13(4).
- Kaşıkçı, D. Ç. (2021). Refraksiyon Bozuklukları. *Göz Hastalıkları*.
- Kumar, T. R ve Krishnaiah, R. V. (2013). Optical disk with blu-ray technology. *arXiv preprint arXiv:1310.1551*.
- Kuru, D. (2021). Bor nitrür ince filmle cam malzemelerin UV koruyucu özelliklerinin geliştirilmesi: Zeytinyağı örneği.
- Kuru M. H. (2017). Optik gözlüklerin reçeteye göre olası kusurlarının belirlenmesi, fizik ve optisyenlik açısından değerlendirilmesi.
- Lambert, S. R, Cotsonis, G, DuBois, L, Nizam, A, Kruger, S. J ve Hartmann, E. E. (2020). Long-term effect of intraocular lens vs contact lens correction on visual acuity after cataract surgery during infancy: a randomized clinical trial. *JAMA ophthalmology*, 138(4), 365-372.
- Laramy-K Optical (2016). 800.525.1274 (Book chapter)
- Learning, L. (2021). The Law of Refraction. *Fundamentals of Heat, Light & Sound*.
- Malkoç, İ. (2006). Göz Küresinin Tabakaları: Anatomik ve Histolojik Bir Derleme. *Eurasian J Med*, 38, 124-129.
- Méndez, A. (2016). Optics in medicine. *Optics in Our Time*, 299-333.
- Milonni, P. W. (1984). Wave-particle duality of light: A current perspective. In *The wave-particle dualism: A tribute to Louis de Broglie on his 90th birthday* (pp. 27-67). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Nayar, S, Ikeuchi, K ve Kanade, T. (1990). Surface reflection: physical and geometrical perspectives. In *Proceedings: Image Understanding Workshop* (pp. 185-212).

- Özdemir, E ve Kabak, S. (2018). Gözlükçülüğün Tarihsel Gelişimi ve Türkiye’de Gözlük Sektörü. *İTO/İDA yayınları*.
- Özen, S. (2017). Katkılı galyum nitratlı bileşiklerin üretilmesi ve bazı fiziksel özelliklerinin incelenmesi.
- Özer, A. (2005). Görme optiği ve refraksiyon. *Tüm Optik ve Optometrik Meslekler Birliği Derneği*.
- Özpinar, A. (2011). Pediatrik olgularda el otorefraktometresinin (plusoptix a09) kırma kusurlarının belirlenmesindeki yeri ve güvenilirliği.
- Pan, J. W, Tu, S. H, Wang, C. M ve Chang, J. Y. (2008). High efficiency pocket-size projector with a compact projection lens and a light emitting diode-based light source system. *Applied optics*, 47(19), 3406-3414.
- Pedrotti, F. L, Pedrotti, L. M ve Pedrotti, L. S. (2018). *Introduction to optics*. Cambridge University Press.
- Pelit, A. (2022). Mavi Işık Tehlikeli midir? *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 31(3), 231-236.
- Peres, M. (2017). Digital Cameras, Digital Images, and Strategies. In *Laboratory Imaging & Photography* (pp. 93-122). Routledge.
- Semercioğlu, M. G. (2022). Lens Tasarımcısının Optik Lens Geliştirme Süreçleri Lens Designer's Optical Lens Development Processes.
- Sezer, F. Ş. (2005). Farklı cam türlerinin performans kriterlerinin incelenmesi.
- Sklar, L. R, Almutawa, F, Lim, H. W ve Hamzavi, I. (2012). Effects of ultraviolet radiation, visible light, and infrared radiation on erythema and pigmentation: a review. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 12, 54-64.
- Stoychev, I ve Hutov, I. (2024). Night vision monocular-basic elements and development trends. In *Environment. Technologies. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference* (Vol. 4, pp. 260-268).

- Şahlı, E ve İdil, A. (2020). Oftalmolojide Prizmaların Güncel Kullanımı. *Türkiye Klinikleri Journal of Ophthalmology*, 29(2), 158-168.
- Tombuloğlu, S. (2022). Gözlük Camlarında Işık Geçirgenlik Özellikleri. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 179-189.
- Qin, Y., Michalowski, A., Weber, R., Yang, S., Graf, T ve Ni, X. (2012). Comparison between ray-tracing and physical optics for the computation of light absorption in capillaries—the influence of diffraction and interference. *Optics express*, 20(24), 26606-26617.
- Rosenfield, M. (2016). Computer vision syndrome (aka digital eye strain). *Optometry in practice*, 17(1).
- Zhu, X. F., Zou, H. D., Yu, Y. F., Sun, Q ve Zhao, N. Q. (2012). Comparison of blue light-filtering IOLs and UV light-filtering IOLs for cataract surgery: a meta-analysis. *PloS one*, 7(3), e33013.
- Xie, W. T., Dai, Y. J., Wang, R. Z ve Sumathy, K. (2011). Concentrated solar energy applications using Fresnel lenses: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 2588-2606.
- URL-1 .(2024). https://tr.wikipedia.org/wiki/Snell_yasas%C4%B1, Snell Yasası wikipedia (Kasım 2016).
- URL-2 .(2022). <https://www.masteroptisyen.com/blog/emetropi-ve-ametropi-nedir/7>, Emetropi ve Ametropi Nedir (27 Kasım 2022).
- URL-3 .(2025). <https://venividigoz.com/miyop-nedir>, (21 Ocak 2025).
- URL-4 .(2025) https://venividigoz.com/hipermetrop-nedir_ (21 Ocak 2025).
- URL-5 .(2020) <https://www.ozguroptik.com/konkav-ve-konveks-gozluk-cami-nedir>, (2020).

URL-6(2021) <https://www.optikbilgi.com/polarize-cam-nedir/>, (26.10.2021).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Okan ÇİÇEK
Doğum Yeri ve Tarihi :

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Metalürji ve Malzeme Mühendisliği (Bartın Üniversitesi)
Yüksek Lisans Öğrenimi : Metalürji ve Malzeme Mühendisliği (Bartın Üniversitesi)
İş sağlığı ve Güvenliği – Yüksek Lisans (Tezsiz)- (İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi)
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce
Bilimsel Faaliyet/Yayınlar : Optisyenliğe Giriş- ISBN 978-605-335-832-9

İş Deneyimi

Çalıştığı Kurumlar : T.C. Altınbaş Üniversitesi (2019-2021)
T.C. Arel Üniversitesi (2024-devam ediyor)

İletişim

E-Posta Adresi :

Tarih : 22/01/2025 (Tez Savunma Tarihi)