

**T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**AYDINLATMA ARMATÜRÜNDE
MALZEME SEÇİMİNİN IŞIĞA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Savaş SEÇKİN

**Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Makine Mühendisliği Programı**

Şubat, 2021

**T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**AYDINLATMA ARMATÜRÜNDE
MALZEME SEÇİMİNİN IŞIĞA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Savaş SEÇKİN
(Y1713.080027)**

**Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Makine Mühendisliği Programı**

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Lutfiye DAHİL

Şubat, 2021

ONAY FORMU



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans olarak sunduğum “Aydınlatma Armatüründe Malzeme Seçiminin Işığa Etkisi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (.../.../20..)

Savaş SEÇKİN





ÖNSÖZ

Bu çalışma süresince bilgi birikimini ve tecrübelerini benden esirgemeyen danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Lütfiye DAHİL başta olmak üzere tüm hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması boyunca bilgilerinden ilham aldığım BHA School of Lighting ve okulun direktörü B. Illum. Eng. Philip Hammond'a teşekkür ederim.

Son olarak da benden maddi ve manevi hiçbir desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürü borç bilirim.

Ocak, 2021

Savaş SEÇKİN



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xxi
ABSTRACT	xxiii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
1.1 Çalışma Konusu	1
1.2 Tezin Amacı.....	1
1.3 Literatür Araştırması	2
1.4 Genel Tarihçe	6
1.5 Işık Üretimi	11
1.6 Işığın Doğası	12
2. TEMEL KAVRAMLAR VE TANIMLAR.....	15
2.1 Işığın Doğası	15
2.2 Radyasyon.....	16
2.3 Dalga Hızı	17
2.3.1 Dalgaboyu	17
2.3.2 Sıklık (Frekans)	18
2.4 Görünür Spektrum.....	18
2.4.1 Görünür Işık	19
2.4.2 Kırmızı ışık	20
2.4.3 Turuncu ışık	20
2.4.4 Sarı ışık	20
2.4.5 Yeşil ışık	20
2.4.6 Mavi ışık	20
2.4.7 Mor ışık.....	20
2.5 Gözün Spektral Duyarlılığı	21
2.6 Fotopik Ve Skotopik Görüş	21
2.6.1 Fotopik görüş	22
2.6.2 Skotopik görüş	22
2.6.3 Mezopik görüş.....	22
2.7 Işığın Ölçümlenmesi.....	24
2.7.1 Prizma spektrometresi	24
2.7.2 Bütünleyici küre	25
2.7.3 Ticari bütünleşme küresi.....	26
2.8 Ortak Işık Kaynaklarının Tayfı	27
2.9 Spektral Güç Dağılımı (SPD)	28
2.10 Işığın Rengi	29
2.11 Işığın Polarizasyonu	30

2.11.1 Polarizasyon.....	30
2.11.1.1 İletim ile polarizasyon	32
2.11.1.2 Yansıma ile polarizasyon.....	34
2.11.1.3 Kırılma ile polarizasyon	34
2.11.1.4 Saçılma ile polarizasyon	35
2.11.2 Polarizasyon uygulamaları	36
3. IŞIĞIN ÜRETİMİ	57
3.1 Işığın Üretimindeki Önemli Kişiler Ve Tarihçeleri.....	57
3.2 Işığın Üretimi.....	58
3.2.1 Akkorluk.....	59
3.2.2 Elektrik boşalması.....	60
3.2.3 Fosforesans	61
3.2.4 Floresans.....	62
3.2.5 Kemilüminesans.....	63
3.2.6 Biyolüminesans.....	64
3.2.7 Tribolüminesans.....	64
3.3 Termal Radyasyon	65
3.3.1 Genel bakış	66
3.3.2 Yüzey efektleri.....	69
3.3.3 Özellikler	69
3.3.4 Yakın Alan Ve Uzak Alan.....	71
3.3.5 Siyah Gövde Radyasyonu (Siyah Cisim Radyasyonu)	73
3.3.6 Siyah Cisim Spektral Enerji Eğrileri.....	74
3.3.7 Elektrominesans (Elektro Işıldama).....	76
3.3.8 Ark İletimi	79
3.3.9 Çizgi Tayfının Kuantum Teorisi.....	81
3.3.10 Foto-Lüminesans (Foto-Işıldama).....	82
3.3.11 Kimyasal Işıldama.....	85
4. IŞIĞIN KONTROLÜ	87
4.1 Işığın Kontrolüne İçin Çalışmış Önemli Kişiler Ve Tarihçeleri.....	87
4.2 Işığın Kontrolü.....	91
4.2.1 Absorpsiyon (Emilim).....	92
4.2.2 Transmiyon (Geçirgenlik)	94
4.3 İletim Yasaları.....	95
4.3.1 Beer-Lambert yasası.....	95
4.3.1.1 Önkoşullar.....	97
4.3.1.2 Atmosferdeki Beer-Lambert yasası.....	98
4.3.3.1 Speküler yansıma	101
4.3.3.2 Mekanizma.....	101
4.3.3.3 Dağınık Yansıma.....	102
4.3.3.4 Çoklu Yansıma.....	105
4.3.3.5 Karmaşık Eşlenik Yansıma.....	105
4.3.3.6 Karışık Yansıma	106
4.3.3.7 Tercihli Yansıma	107
5. RENK.....	119
5.1 Rengin Fiziksel Özellikleri.....	119
5.2 Prizma Deneyi.....	119
5.3 Katkı Renk Sistemi	124
5.4 Eksiltici Renk Sistemi	124
5.5 Renklilik Ve Renk Karakterizasyonu.....	125

5.6 Renk Ölçme.....	128
5.7 Kelvin Tarihi	129
5.8 Renk Oluşturma - Işık Nesnelerin Renklerini Nasıl Etkiler?.....	132
5.9 CRI / Ra Kıyaslama	133
6. GÖRME	137
6.1 Işık Ve Göz	137
6.2 Görmedeki Prensipler	142
6.3 Görme	144
6.4 Adaptasyon	148
6.5 Verimlilik.....	149
6.6 Ortam Işığı Tepkisi.....	150
6.6.1 Karanlığa görsel tepki.....	150
6.6.2 Karanlık adaptasyonu	150
6.7 Parlama & Kamaşma & Kontrast.....	152
6.8 Görme Hızı.....	156
6.9 Görsel Görev & Performans	156
7. AYDINLATMA MALZEMELERİ.....	159
7.1 Dikkat Edilecek Özellikler.....	159
7.2 Aydınlatma Yöntemleri	160
7.3 Aydınlatma Kontrolü	162
7.3.1 Aydınlatma kontrolünün avantajları.....	163
7.3.2 Otomatik kontrol	163
7.3.3 Aydınlatma kontrol sistemi türleri	164
7.3.4 Karartma (Dimleme).....	168
7.3.5 Zamana dayalı anahtarlama cihazları	169
7.3.6 Fotosensörler	170
7.3.7 Doluluk sensörleri	170
7.4 Işık Kontrol Stratejileri	171
7.4.1 Çok seviyeli anahtarlama	171
7.4.2 Gün ışığı telafisi	171
7.4.3 Aydınlatma bakımı	172
7.4.4 Görev ayarlama	172
7.4.5 Elektrik talebini sınırlama	173
7.4.6 Zaman Ve Doluluk Yönetimi.....	173
7.5 Emici Malzemeler	174
7.6 Yansıtıcı Malzemeler.....	175
7.7 Kırılma Malzemeleri	177
7.8 Armatür Verimliliği.....	178
7.9 Aydınlatma Armatürlerinin Işık Kaynağına Ve Yönüne Göre Sınıflandırması	179
7.10 Aydınlatma Armatürlerinin Genel Kullanım Yeri Ve Şekline Göre Sınıflandırılması.....	180
7.10.1 Dış mekan aydınlatma armatürleri (Kullanım Yerlerine Göre)	180
7.10.2 İç mekan aydınlatma armatürleri (Armatürün Pozisyonuna Göre)	180
8. AYDINLATMA ARMATÜRÜ VE MALZEMELERİ.....	183
8.1 Temel Işık Üretimi	183
8.2 Aydınlatma Armatürü Üretim Esasları.....	185
8.2.1 Arkadan aydınlatmalı armatürler	185
8.2.2 Kesitten aydınlatmalı armatürler	189
8.3 Aydınlatma Armatürü Bileşenleri Malzemeleri.....	190

8.3.1 Sürücüler (Transformator&Driver&Trafo&Güç Kaynağı)	190
8.3.2 Ana gövde & soğutucular	193
8.3.2.1 Soğutucunun Amacı Ve Seçimi	194
8.3.2.2 LED Aydınlatma Lambaları İçin Örnek Termal Hesaplama	195
8.3.3 Işık üretenler / lambalar	198
8.3.3.1 Akkor lambalar	199
8.3.3.2 Halojen enkandesan lambalar	199
8.3.3.3 Flouresan lambalar	200
8.3.3.4 Kompakt flouresan lambalar	200
8.3.3.5 Metal halide lambalar	201
8.3.3.6 Yüksek basınçlı sodyum lambalar	201
8.3.3.7 LED ışık yayan diyotlar	202
8.3.4 Yan bileşenler	202
8.3.4.1 Reflektör	203
8.3.4.2 Lens	207
8.3.4.3 Difüzör (Kapak)	209
8.4 Deney & Analiz	213
8.4.1 Deney Yapılacak Yöntemler	214
8.4.1.1 Küre & Spektrometre İle Ölçüm	214
8.4.1.2 Lüksmetre İle Ölçüm	236
8.4.2 Yapılan Deneyler Analiz Ve Değerlendirmeleri	237
KAYNAKLAR	239
ÖZGEÇMİŞ	245

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 7.1: Çeşitli malzeme ve renklerin yansıma faktörleri.....	176
Çizelge 7.2: Çeşitli malzemelerin kırılma indisi.....	178
Çizelge 7.3: CIE Armatür Sınıflandırma Tablosu.....	179





ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Argand Lambası	10
Şekil 1.2: Davy Lambası.....	11
Şekil 1.3: Doğal (güneş) ışığın gün içerisindeki yolculuğu.....	13
Şekil 2.1: Işık Tayfi	16
Şekil 2.2: Dalga Boyu.....	17
Şekil 2.3: Elektro manyetik spektrumun dalga boyu ve frekansı detaylı açıklama şekli.....	18
Şekil 2.4: Renklerin sahip oldukları dalga boyları.....	19
Şekil 2.5: Gözün Spektral Duyarlılık Eğrileri.....	21
Şekil 2.6: Fotopik, Skotopik ve Mezopik görüş eğrileri	22
Şekil 2.7: Işık spektrumun Prizmada üretimi. Işık saçan üçgen prizma; farklı ışık dalga boylarını göstermek için gösterilen dalgalar.....	23
Şekil 2.8: Spektrometre çalışma prensibi	25
Şekil 2.9: Spektral güç dağılım eğrileri (SPD)	29
Şekil 2.10: Işığın vibrasyonu	31
Şekil 2.11: Filtrelenmiş polarize ışık şekli.....	33
Şekil 2.12: Işığın metal olmayan yüzeylerden yansıması.....	34
Şekil 2.13: Kırılmadan Polarizasyon.....	35
Şekil 2.14: Saçılma ile polarizasyon	36
Şekil 2.15: Bir fotoğrafta polarize filtrenin gökyüzü üzerindeki etkileri	38
Şekil 3.1: Akkor lamba örneği	60
Şekil 3.2: Neon lamba örneği.....	61
Şekil 3.3: Fosferesans örneği	62
Şekil 3.4: Floresans örneği.....	62
Şekil 3.5: Kemiluminesans örneği	63
Şekil 3.6: Ateşböceği.....	64
Şekil 3.7: Triboluminesans örneği	65
Şekil 3.8: Wien Yasasına uygun siyah cisim radyasyonu grafiği	70
Şekil 3.9: Siyah Cisim Radyasyon Yasası Wien Yasası ve Stefan-Boltzmann Yasası ile Hesaplamalar Grafiği	75
Şekil 3.10: Civa Buharlı Lamba Şematik Şekli	76
Şekil 3.11: Kızdırma Deşarj Tüpü Şematik Şekil	77
Şekil 3.12: Neon Lamba Şematik Şekil.....	78
Şekil 3.13: Jablonski diyagramı	83
Şekil 3.14: Uyarma ve emisyon eğrileri	84
Şekil 3.15: Luminol testi. Büyük miktarda ışık üreten bir erlenmeyer şişesinde gerçekleştirilen kemo-ışıldayan bir reaksiyon.....	85
Şekil 3.16: Kimyasal ışıldaama örnek çubuklar	86
Şekil 4.1: August Beer'in Fotometresi	87
Şekil 4.2: Işık kalkanı özel form lineerler armatürler için	93

Şekil 4.3: Aydınlatma armatür UGR örnek difüzörler	93
Şekil 4.4: Beer-Lambert yasasının bir örneği. Rhodamine 6B çözeltisini aydınlatan bir yeşil lazerin hüzmeleri sıvının içinde ilerledikçe zayıflar.	96
Şekil 4.5: Yansıma örneği	99
Şekil 4.6: İkili yansıma örneği.....	99
Şekil 4.7: Yansıma yasası.....	100
Şekil 4.8: Katı bir yüzey tarafından dağınık yansımanın genel mekanizması	103
Şekil 4.9: Retroreflektör: a) Köşe küp geri yansıtıcı, b) Küresel retroreflektör (kedi gözü).	104
Şekil 4.10: Çoklu yansıma.....	105
Şekil 4.11: Karmaşık düzlemde z ve eşlenik z^* 'nin geometrik gösterimi (Argand diyagramı) . Karmaşık eşlenik, z^* 'nin gerçek eksen boyunca yansıtılmasıyla bulunur.....	106
Şekil 4.12: Karışık yansıma, aynasal ve yaygın yansımanın bir kombinasyonudur.	107
Şekil 4.13: Tercihli yansıma güzel bir örnek, He-Ne Lazer şematik diyagramı..	108
Şekil 4.14: Doğrudan, karışık ve dağınık yansıma alt: doğrudan, karışık ve dağınık iletim.....	109
Şekil 4.15: Doğrudan yansıtıldığında veya doğrudan iletilildiğinde, tek yönlü bir ışın geometrik optik yasalarına uyar: doğrudan yansıma (sol): $\alpha_i = \alpha_r$, doğrudan iletim (sağ): $n_1 \sin(\alpha_{in}) = n_2 \sin(\alpha_{out})$ ilgili ortamın kırılma indisini gösteren n_1 ve n_2 ile $\sin(\alpha_{out})$	109
Şekil 4.16: Toplam iç yansıma dahil olmak üzere iki ortam arasındaki arayüzde ışığın kırılması. Yukarı bakıldığında yüzeyin yukarı görülebilir; Düz bir açıyla bakıldığında sadece suyun dibinin bir yansıması görülebilir.	112
Şekil 4.17: Snell'in penceresinden görünüm, dalgaç denizin dibinden denizin daireselliğini görebilir	114
Şekil 4.18: Beyaz ışık bir paralel kenardan geçtiğinde, giriş ışını ile çıkış ışını arasında herhangi bir sapma açısı yoktur. ancak prizmadan çıkan ışının dış kenarlarında kırmızı ve mor ışıktan oluşan ince bir saçak vardır.	115
Şekil 4.19: Paralel kenar bir malzemedeki ışığın yansıma ve kırılması	115
Şekil 4.20: Bir ışının bir prizmada sapması Mavi ışık, dalga boyundaki farklılık nedeniyle kırmızı ışıktan daha fazla kırılır. Bu, mavi ışığın orijinal yoldan kırmızı ışıktan daha büyük bir açıyla sapmasına neden olur.	117
Şekil 4.21: Beyaz ışının prizmada kırılması ile ayrılan renklerin açılarını gösterir şekil	117
Şekil 5.1: Newton'un renkleri keşfi	120
Şekil 5.2: Elektromanyetik Spektrum ve Dalga Boyları.....	121
Şekil 5.3: Dalga Boyları ve Renkler	121
Şekil 5.4: Spektral Güç Dağılımı 3 Boyutlu Örnekleri	122
Şekil 5.5: Spektral Yansıma.....	123
Şekil 5.6: Uyarıcı = Spektral duyarlılık x spektral yansıma x SPD'ye eşit olduğunu gösterme.....	124
Şekil 5.7: İkincil renkleri gösteren kırmızı, yeşil ve mavi ışıklar	124
Şekil 5.8: Katkı Renk ve Eksiltici Renk Sistemleri	125
Şekil 5.9: CIE xy 1931 renklilik diyagramı	127
Şekil 5.10: İngiliz fizikçi William Kelvin	130
Şekil 5.11: Beyaz ışık renkleri (What is the difference between Warm White and Cool White?, 2017)	131
Şekil 5.12: Işık renkleri	132

Şekil 5.13: CRI kıyaslama	133
Şekil 5.14: CRI / Ra Kıyaslama Tablosu	134
Şekil 5.13: Munsell Renk Sistemi	135
Şekil 6.1: Necker'in küpü	138
Şekil 6.2: Gözün anatomisi	139
Şekil 6.3: Retinada bulunan fotoreseptörler Çubuklar ve Koniler	140
Şekil 6.4: Kırmızı, yeşil ve mavi konilerin spektral hassasiyetleri	141
Şekil 6.5: Skotopik sistem (çubuk görüşü) için bir JND parlaklık için Weber-Fechner yasası ve çok küçük ve çok büyük uyaranlar için sapmaları.	144
Şekil 6.6: İnsan gözünün hassasiyeti	146
Şekil 6.7: Fotopik ve Skotopik görüş	147
Şekil 6.8: Karanlık Adaptasyon grafiği	149
Şekil 6.9 Parlama şekilleri. Parlama ile ilgili olarak, öncelikli olarak armatürlerin (1) neden olduğu doğrudan parlama, yatay görsel görevler durumunda yansıyan parlama (2) ve dikey görsel görevler durumunda yansıyan parlama (3). (Rüdiger Ganslandt, Erco Handbook of Lighting Design, 1982)	156
Şekil 7.1: 1-10 V tabanlı sistem sürücü resmi	165
Şekil 7.2: DSI sinyallerini yükseltmek için kontrol modülü	165
Şekil 7.5: Dali Sistem şematik şekli	166
Şekil 7.6: KNX Sistem şematik şekli	167
Şekil 7.7: DMX Sistem şematik şekli.....	168
Şekil 7.8: Döner ve Basmalı Dimleme anahtarı.....	169
Şekil 7.9: Işığa duyarlı sensörlü aydınlatma armatürü çalışma prensibi	172
Şekil 7.10: İç mekan aydınlatma armatürleri türleri.....	181
Şekil 8.1: AC basit aydınlatma şekli	184
Şekil 8.2: DC basit aydınlatma şekli	185
Şekil 8.3: Arkadan aydınlatmalı armatür şematik şekli.....	186
Şekil 8.4 Arkadan aydınlatmalı armatür örnek şekilleri	188
Şekil 8.5 60x60 LedPanel aydınlatmalı armatür şematik şekli	189
Şekil 8.6: 50 W Led aydınlatma armatürü radyatörü	195
Şekil 8.7: Çok çipli LED eşdeğer termal model	196
Şekil 8.8: Radyatörün/gövdenin kararlı durum sıcaklık alanı dağılımı.....	197
Şekil 8.9: Işık üretim yöntemlerine göre lambalar ve görselleri.....	198
Şekil 8.10: Alüminyum reflektör katmanları ve reflektif özellikleri	204
Şekil 8.11: Örnek Reflektör Resimleri	205
Şekil 8.12: McPet reflektif Malzeme Tanımlamaları	206
Şekil 8.13: Örnek Reflektör Resimleri	206
Şekil 8.14: Örnek Lens Resimleri	208
Şekil 8.15: Lens ve Reflektör ortak kullanım resimleri	208
Şekil 8.16: Geçirgenliğin ışığa etkisi.....	211
Şekil 8.17: Profil difüzör resimleri.....	212
Şekil 8.18: Levha difüzör resimleri.....	213
Şekil 8.19: Işık ölçüm cihazı küre resmi	214
Şekil 8.20: Lineer aydınlatma armatürü bileşenler	227
Şekil 8.21: Lüksmetre	236
Şekil 8.22: Lüksmetre ile ölçüm.....	237



AYDINLATMA ARMATÜRLERİNDE MALZEME SEÇİMİNİN IŞIĞA ETKİSİ

ÖZET

Dünyamız her geçen yıl daha da kalabalıklaşırken, enerji kaynaklarımız da aynı hızla azalmaya devam etmektedir. Dünya'mızın içerisinde bulunduğu Güneş Sistemi hakkında, Sistemin olası sorunları dile getiriliyor olsa da, Sistemin döngüsü durmaksızın devam etmektedir. Sürekli bu döngü içerisinde; Güneş, Dünya'mızın her yerini, farklı miktarlarda da olsa, hem aydınlatmakta hem de ısıtmaktadır. Aydınlatılmış nesneleri, görürüz. Biz bu Sistemin içerisinde, gündüz dinamik, gece uyku yoğunluklu durağan bir hayat yaşarız. Gözlerimiz, aydınlatılmış Dünya'mızın bütün güzelliklerini, bütün renklerini bize tanımlar. Gecenin karanlık zamanlarında ise gündüz kadar renkli olmasa da, çok güçlü hisler ile bizi uyarmaya devam etmektedir.

Güneş ışığından yoksun yaşam alanlarının varlığı ile gündüz zamanlarının insan yaşamına yetmemesi, bu alan ve zamanların aydınlatılması gereğini ortaya çıkarmıştır. Geçmişten günümüze birçok malzeme ve aydınlatma aygıtları, ışık üretimi amacıyla kullanılmıştır. Günümüzde ışık enerjisi ve aydınlatmayla en özdeşleşmiş enerji, elektrik enerjisidir. Elektrik enerjisi, ışık üretmede bizim birçok çözümler üretmemize yardımcı olmaktadır.

Işık enerjisi elde edilirken, kendisiyle birlikte (özellikle ısı enerjisi) istenmeyen birçok enerjiyi de üretmektedir. Bu istenmeyen enerjileri bertaraf etmek, elde etmek istediğimiz ışık enerjisi verimliliğini azami miktarlara çıkarmak ve elde etmiş olduğumuz ışık enerjisini doğru yönlere yönlendirip azami verimlilikle kullanmak çok önemlidir. Bu önem ile ihtiyacımız olan aydınlatma aygıtlarını, mevcut teknolojik koşullarda azami verimliliklerde üretmek projemizin temel noktasıdır.

Projemizde; ışık, aydınlatma, renk gibi temel kavramlar tarihçeleriyle tanımlanmıştır. Işık üretimi, ölçümü ve kontrolü ile ilgili bilgiler verilmiştir. Aydınlatma armatürü bileşenleri tanımlanmıştır. Tanımlanan bileşenlerin etkileri, testler ile raporlanarak analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Işık, aydınlatma, armatür, görme, renk,*



IN LIGHTING LUMINAIRES EFFECT OF MATERIAL SELECTION ON LIGHT

ABSTRACT

While our world is getting more crowded every year, our energy resources continue to decrease at the same speed. Even though potential problems of the System are mentioned about the Solar System in which our Earth is located, the cycle of the System continues unceasingly. In this continuous cycle; The sun illuminates and warms all parts of our Earth in different amounts. We see illuminated objects. Within this System, we live a dynamic day-time and a static life at night. Our eyes define all the beauties and colors of our enlightened Earth to us. In the dark times of the night, although it is not as colorful as the day, it continues to stimulate us with very strong feelings.

The existence of living spaces devoid of sunlight and the inadequacy of daytime for human life have revealed the need to illuminate these areas and times. Many materials and lighting devices have been used for light production from past to present. Today, the most identified energy with light energy and illumination is electrical energy. Electrical energy helps us to produce many solutions in producing light.

While light energy is obtained, it produces many unwanted energy with itself (especially heat energy). It is very important to eliminate these unwanted energies, to maximize the light energy efficiency we want to achieve, and to direct the light energy we have obtained in the right directions and use it with maximum efficiency. With this importance, it is the main point of our project to produce the lighting devices we need at maximum efficiency under current technological conditions.

In our project; Basic concepts such as light, illumination and color have been defined with their history. Information on light production, measurement and control has been given. Lighting fixture components are defined. The effects of the identified components are reported and analyzed with tests.

Keywords: *Light, illumination, luminaire, vision, color,*



1. GİRİŞ VE AMAÇ

1.1 Çalışma Konusu

Günümüzde aydınlatma ve ışık konusunda ilgi artmıştır. Çünkü mimari kalite bilincinin artması özellikle iyi mimari aydınlatmadaki talebin artmasına sebep olmuştur. Standartlaştırılmış aydınlatma anlayışları, yakın geçmişin somut mimarisini aydınlatmak için yeterli olmuş olabilir, ancak günümüz binalarının farklı ve kendine özgü mimarisi eşit derecede farklılaştırılmış ve ayırt edici bir aydınlatma gerektirir. Bu görev için geniş bir ışık kaynağı ve armatür yelpazesi mevcuttur. Teknik ilerlemeler ile aydınlatma teknolojisinin kapsamı genişlemesiyle beraber daha özel aydınlatma donanımı ve araçlarının geliştirilmesine sebep olmuştur. Bu durum da belirli bir projenin aydınlatma gereksinimlerini karşılamak için teknik çözüme ulaşması için mevcut olan lamba ve armatür çeşitleri hakkında yeterince bilgi sahibi olmasını gerektirdiğinden aydınlatma tasarımcılarının/mühendislerinin işini zorlaştırdığı bir gerçektir.

1.2 Tezin Amacı

Aydınlatma bilimi, şimdi her zamankinden daha büyük önem taşıyan uzmanlık gerektiren bir dal olmuştur. İhtiyaç sahipleri bilinçlendikçe, aydınlatmanın önemi daha da artmakta ve profesyonel bir aydınlatma dizaynırı görevlendirmenin gerekli olduğu görülmektedir. Özellikle ilk bölümde de işleyeceğimiz konulardan da göreceksiniz ki aydınlatma; genel fizik, kimya, matematik vb. birçok bilim dalının ortaklaşa unsurlarının bileşiminden oluşmuş bir bilim dalıdır. Makine ve elektrik mühendisliği, ekonomi, ve hala bir ölçüde sanatsal parlama var. Aydınlatma mühendisi, makine ve elektrik mühendisliği, sanat bilimleri, mimari, fizik, biyoloji, psikoloji, sinir bilimin, ekonomi ve sağlık konularında da bilgi sahibi olması gerekmektedir. Aydınlatma dizaynırı,

alışmalarının sonucunda, kullanımda verimli olduğu kadar, göze hoş gelen aydınlatılmış mekanlar oluşturmalıdır.

Tezimizi 8 bölümde oluşturacağız. İlk bölümde, aydınlatmanın tarihçesi ile başlayacağız, temel kavramları, ışığın oluşumunu, ışığın kontrolünü, rengi, görmeyi işleyeceğız. Son bölümde de aydınlatma armatürü temel bileşenlerini tanımlayıp, inceleyip, farklı malzemelerin ışığa etkilerini deneylerimiz ile kanıtlayarak tezimizi bitireceğız.

İlk bölümler, aydınlatma mühendisliğinin temeli olan ışık, göz ve görmenin temel ilkeleri hakkındadır. Bu temel ilkeleri ve konuları sağlam bir şekilde kavramak, aydınlatma armatürü tasarlamak ve/veya üretmek için çok önemlidir.

Aydınlatma bilimi; gözlem, uygulama, anlayış ve uzmanlık gerektirir. Birçok meslekte aydınlatma hakkında bir miktar bilgi sahibi olmak iyidir. Fakat mimarlık ve bina inşaatı alanlarında hayati önem taşır. Tüm duyuların en önemlisi görmedir ve görebilmenin temel ihtiyacı da aydınlatmadır. Her hangi bir obje, ancak iyi aydınlatıldıkları takdirde varlıkları görülür, bilinir, incelenebilir ve yorumlanabilirler. Bu nedenle görme ve aydınlatma, yapay bir ortam oluşturmak için hayati unsurlardır.

1.3 Literatür Araştırması

Ahn ve diğerleri (2014) LED aydınlatma kullanılan sistemlerdeki harcanan enerjinin %75-85'i hala ısı olarak üretildiğinden LED aydınlatmanın ısıtma özelliklerini incelemişler ve binaların ısınması ve soğutulması için kullanılan enerjiyi azaltmak amacıyla bu özelliklerden yararlanmak üzere bir yönetim stratejisi oluşurmaya çalışmışlardır. Bu çalışmalarında bir simülasyon programı kullanarak, Kore Daejeon'daki Yeşil Bina'nın ve ABD Enerji Dairesi tarafından sağlanan sanal binanın enerji tüketimlerini farklı aydınlatma armatürleri için hesaplamışlardır. Ayrıca binanın soğutulması için bir dönüş havası kanalı ve LED armatürleri üzerindeki ısı emicilerin kullanımını önermişlerdir. LED ışıkların böyle bir kontrol stratejisi ile birlikte kullanılması, bir binanın enerji verimliliğini artırmaya yardımcı olabileceğini belirtmişlerdir.

Das, Pal ve Pradip (2015) tüketicisi ve enerji taleplerini yerine getirmek için maliyet kriterlerini kesintisiz olarak artırmak ve en önemlisi dış mekan

aydınlatma tasarımı için bol kaliteli ışık sağlamak için enerji optimizasyonunu ekonomik hale getirebilecek bina kriterlerine dayanan yenilikçi bir ışık tasarım modeli çerçevesini göstermeye çalıştılar. Ayrıca Lithonia Visual yazılımı ve HOMER yazılımı tabanlı bilgisayar analizörü ve fotometrik araçlar kullanılarak çeşitli cihazlarla sağlıklı bir aydınlatma planı oluşturmaya çalışmışlardır. Sonunda ise fotovoltaik güneş panelli LED'in daha ekonomik olduğunu belirtmişler.

Lah ve diğerleri (2006) gerçek zamanlı koşullarda yaptıkları analizle güneş ışınımının iç aydınlatmadaki parlaklığı ve ışık etkinliğini sorgulamışlardır. Ayrıca bulanık mantıkla kontrol edilen bir panjurla istenilen iç aydınlatmanın elde edilmesini sağlamışlardır.

Ibanez, Zafre ve Sacht (2017) bir teknik resim sınıfının parlaklık konforunu yerinde ölçümlerle ve yüksek dinamik aralıklı fotoğraflarla analizini yapmışlardır. Başlangıçta oda detaylarını çizip THDL400 dijital lüksmetre ile aydınlık seviyelerinin ölçümlerini yapmışlar. Aynı zamanda odanın görüntülerini genişlikleri 10-18 mm ve 10-10 mm olan iki adet lense sahip Canon 600D fotoğraf makinesiyle çekmişlerdir. Sınıftaki aydınlatmanın sadece saat 12:00'da yeterli olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca pencerelerin yakınında parlama problemlerinin olduğunu tespit etmişlerdir. Ve elde ettikleri bu sonuçlar aydınlatma armatürlerinin yeniden konumlandırılmalarının gerektiğini ve ışığın daha iyi dağıtılmasını sağlayacak diğer önlemlerin alınması gerektiğini göstermiştir.

Yacine ve diğerleri (2017) günışığı parlama olasılığı ve Uluslararası Aydınlatma Komisyonu(CIE) parlama indeksi, çoklu benzeşme analizi ve yapay sinir ağı kullanarak yaptıkları çalışmalarında indekslerin iç mekan aydınlatma kalitesindeki etkinliklerini araştırmışlardır. Bu çalışmada Cezayir'in Biskra şehrindeki gerçek tasarım sınıflarında öğrenim gören doksan öğrenciye yapılan anketten elde edilen verileri analiz için kullanmışlardır. Ayrıca adları doğal, yapay ve karışık aydınlatma olan üç farklı iç mekan aydınlatma şartı kullanarak deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda günışığı parlama olasılığı indeksine dayanarak geliştirilen yapay sinir ağı modelinin öngörücü değerinin Biskra kentindeki yerel ışıklı gökyüzü koşullarında CIE parlama

indeksi kullanılarak geliştirilen yapay sinir ağı modelinden daha sağlam olduğunu göstermişlerdir.

Fuada ve diğerleri (2018) iç mekân aydınlatması için tek yönlü aktarıcı içeren LED sürücüsü tasarımı için araştırma yapmışlardır. LED sürücü performansını üç senaryo ile test etmişlerdir. Bu senaryolardan ilki giriş sinyali olarak boş dengeleyici sinyal üreten bir sinyal jeneratörü tarafından taşıyıcı tek bir sinyal gönderilmesini uygulamışlardır. İkinci olarak ise doğru akım bileşenine sahip bir dijital-analog dönüştürücü kartı entegre etmişlerdir. Ve son olarak da giriş olarak da ses sinyali kullanmışlardır. Önerdikleri LED sürücüsü test sonuçlarında titreşimsiz bir ışık elde etmişlerdir. Kullandıkları düşük maliyetli platformun düşük hızlı veri aktarımında beklentileri karşılamış fakat yüksek hızlı veri aktarımında bu platformun değiştirilmesi gerektiğini göstermişlerdir.

Cantisani, D'Andrea ve Moretti (2018) bir yol tünelinin aydınlatma hesaplaması için kapsamlı bir metodoloji sundukları iki bölümlü bir makale yayınlamışlardır. Bu makalede yazarlar çeşitli dış çevresel koşullar altında tünel öncesi aydınlatmadaki(PTL) aydınlatma seviyesini kontrol etmek amacıyla teorik ilkeler ve analiz kriterleri ortaya koymuşlardır. Makalenin birinci bölümünün amacı, yazarlar tarafından açık ve net olmayan gökyüzünün parlaklığını temsil etmek ve bir PTL altındaki aydınlığı değerlendirmek için geliştirilen orijinal analitik modelleri sunmak olmuştur. Önerilen denklemler, incelenen tünelin belirli koşulları altında hem doğrudan hem de yansıtıcının ışımlarını da dikkate alarak gökyüzünü ve PTL katkılarını(örneğin, PTL'nin geometrisi ve malzemeleri, alanın enlemi, yolun hizalanması vb.) hesaplamaya izin verecek şekilde kurmuşlardır (Cantisani, D'Andrea, & Moretti, 2018). Çalışmalarının ikinci bölümünde ise modeller ve önerilen metodoloji deneysel bir aktivite ile doğrulanmışlardır. Özellikle açık olmayan gökyüzü modelini doğrulamak için bir luxmeter fotoradyometresi kullanmışlar ve kaldırım parlaklığını değerlendirmek için önerilen metodolojiyi doğrulamak amacıyla birkaç PTL ölçekli model kullanmışlardır. PTL'nin geometrisi, hizalanması ve malzemeleri çeşitli meteorolojik ve iklimsel koşullar altında farklı sonuçlar elde etmek için değiştirmişlerdir. Deneysel araştırma programından elde ettikleri sonuçlarda önerilen modellerin, hem gökyüzü parlaklığını hem de yoldaki aydınlığı içerdiği için gerçekleştirilen gerçek önlemlere göre iyi bir yaklaşım sağladığı sonucuna

varmışlardır. Özellikle gökyüzü parlaklığı için önerilen teorik dağılımda %5 oranındaki bir hata elde etmişlerdir. PTL altında hesaplanan parlaklıkta ise ölçülen değerlerden ortalama %1.26'lık bir farklılık elde etmişlerdir (Cantisani, D'Andrea, & Moretti, 2018).

Yeh (2019) sayısal bir model ve simülasyon programı kullanarak simetrik prizmatik güneş ışığı kolektörü(SPSC) ile aktarılan ışığın özelliklerinin analiz etmiştir. 2016 yazında ölçülmüş olan günışığı aydınlatma verilerini sayısal bir modelle birleştirerek bu doğal aydınlatma sisteminin verimliliğini değerlendirmiştir. Gün boyunca güneş ışığı altında olan tepe açıları 70° ve 110° olan SPSC'lerin her ikisi için de verimlilik %64'ten fazla olan değerler elde etmiştir. 2016 yılının yaz aylarında New Taipei şehrinde hem açık hem de parçalı bulutlu gökyüzü koşullarında gerçekleştirdiği ölçüm sonuçlarında ortalama güneş ışığı akısının 80 kLux olduğunu göstermiştir. Ayrıca elde ettiği bu sonuçlar hibrit doğal aydınlatma sistemlerinde güneş enerjisinin daha çok kullanılabileceği fikrini daha çok desteklemiştir.

Maachi, Mokhtari ve Slimani (2019) toplu konutta enerji tüketimini azaltmak için müdahale edilebilecek faktörleri tespit etmeyi ve analiz etmeyi mimari tasarımın görsel konforunu sağlamadaki rolünü vurgulamayı amaçlayan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmalarında bir anket ve yerinde ölçümler yapmışlardır. Bu anket çalışması sonunda konut ünitelerinde doğal aydınlatmanın bulunmadığını onaylamışlar ve üç parametrenin öne çıktığını göstermişlerdir. Daha sonra bir referans binasındaki saha ölçümlerinin doğal aydınlatma seviyesi kontrol etmişlerdir. Parlaklık seviyesini 3DSMax tasarımı ile simüle etmişler ve verileri Matlab yazılımıyla işlemişlerdir. Bu sayede bir yıl boyunca farklı günlerde temsili günler ve gün boyunca farklı güneş pozisyonları için benzetilmiş aydınlatma seviyelerini karşılaştırmışlar ve mimari tasarımın etkisini göstermişlerdir. Ve yaptıkları analiz incelenen faktörlerin habitatlardaki aydınlık konforu üzerindeki etkilerini ve simülasyonların rahat ve enerji tasarruflu konutlar tasarlamak için gerekli parametreleri belirlemede kullanılmasının önemini göstermiştir.

Mohandas, Dhanaraj ve Gao (2019) Hindistandaki Hosur adlı şehirde farklı mevsim ve farklı senaryolarda gerçekleştirdikleri çalışmalarında akıllı sokak aydınlatma sistemleri tasarımı yapmışlardır. Bu çalışmalarında karar verme

modülü, aydınlatma sensörü, hareket sensörü gibi yapay bir ağ ve bulanık mantık denetleyicisi kullanmışlardır. Bu ekipmanlarla yaptıkları analiz ile sokak ışıklarının gereksiz yere kullanılmasını önleyecek bir karar verme süreci yapmışlardır. Gerçek zamanlı olarak beş farklı senaryo test etmişlerdir. Bu çalışmalarında kullandıkları akıllı sokak aydınlatma sistemi istenmeyen kullanımı %34 ve güç tüketim oranını ise %13.5 azaltmıştır.

1.4 Genel Tarihçe

Atalarımız binlerce yıldır doğal güneş ışığı ile idare etmek zorunda kaldı. İnsanların ışığı kullanmayı ilk kez nasıl öğrendiklerinin hikayesi, 500.000 yıl önce, ateşi ilk evcilleştirdiklerinde başlıyor. Daha sonra ışığı ve ısıyı amaçlı kullanmak mümkün hale geldi ve yapay aydınlatma o zamandan beri doğal gün uzunluğunu uzattı.

İnsanlık tarihinin büyük bölümünde, insanlığın kökenlerinden 18. yüzyıla kadar, temelde iki ışık kaynağı vardı. Bu ikisinden daha eskisi ve göreceğimiz ortam ile gözün özelliklerini milyonlarca yıl boyunca adapte etmiş olanı gün ışığıdır. Kültürel teknik ve araçların gelişmesiyle taş çağından önce kayda değer bir süre geçmiş ve yapay ışık kaynağı olan alev ise ikinci ışık kaynağı olarak eklenmiştir. Bu andan itibaren aydınlatma koşulları önemli bir süre aynı kalmıştır (Ganslandt & Hofmann, 1992).

Uzun yıllar ışık sağlamak için odun, donyağı, katı yağ ve sıvı yağ yakıldı. Sonrasında gerçekten devrim niteliğinde değişiklikler getiren sanayileşmeydi: önce gaz, sonra elektrik enerjiyi dağıtmanın ve ışık üretmenin baskın yöntemi haline geldi.

Yapay elektrikli aydınlatma, 130 yıldan fazla bir süredir günlük yaşamın neredeyse her yerde bulunan bir özelliği olmuştur. Modern yaşam tarzımız, yapay aydınlatma olmadan yaşayamaz. 24 saatlik bir toplumda yaşıyoruz ve zamanımızın çoğunu kapalı alanda geçiriyoruz. Dış ortamımız bile gerek trafik yönetimi gerekse dekoratif etkiler elde etmek için aydınlatılır.

Bu nedenle yapay aydınlatmaya olan talep çok büyük ve bununla ilgili yüksek beklentilerimiz var: Yapay aydınlatmanın her zaman, her yerde ve gerekli

kalitede mevcut olmasını bekliyoruz - ve uygun maliyetli ve çevre dostu yollarla üretilmesini bekliyoruz.

Modern ışık kaynakları artık son derece verimli ve kaliteli ışık üretiyor. Avrupa'da aydınlatma yine de tüm enerji tüketiminin% 14'ünü (ve dünya çapındaki enerji tüketiminin yaklaşık% 19'unu) oluşturmaktadır.

Profesyonel aydınlatma bu rakamın yaklaşık% 80'ini oluşturuyor ve özel evlerde aydınlatma yaklaşık% 20'sini oluşturuyor. Bu, yılda yaklaşık 600 milyon ton CO₂'ye karşılık gelen iklimle ilgili sera gazı emisyonuna eşdeğerdir.

Aydınlatma için kullanılan enerji tasarrufu bu nedenle CO₂ tasarrufu da sağlar. AB, sanayi öncesi seviyelere kıyasla küresel ısınmayı en fazla 2 °C ile sınırlamayı amaçlayan iddialı hedefler belirlemiştir: 1990 emisyon seviyelerine kıyasla 2020'ye kadar -% 20 ve 2030'a kadar -% 40.

Aydınlatma gün ışığı ve alevle sınırlıydı bu yüzden insanoğlu bu iki ışık kaynağının uygulamalarını on binlerce yıl boyunca mükemmelleştirmeye devam etmiştir. Bu iki ışık kaynağından gün ışığı ile gerçekleştirilen aydınlatmaya gün ışığı aydınlatması adı verilmektedir. Gün ışığında aydınlatma, gün ışığı ile mimari yapının aydınlatma için ihtiyaç duyduğu gereksinimlerin tutarlı bir biçimde uyarlanması anlamına gelmektedir. Bu nedenle, tüm binalar ve bireysel odalar güneş ışınlarının etki alanına göre ayarlanmıştır. Odaların büyüklüğü bile doğal aydınlatma ve havalandırmaya elverişliliklerine göre ayarlanmıştır. Gün ışığı mimarisinin farklı temel tipleri dünyanın çeşitli iklimsel bölgelerindeki aydınlatma şartlarına göre belirlenmiştir. Çoğunlukla bulutlu bir gökyüzüne sahip serin bölgelerde, binaya mümkün olduğunca fazla ışık sağlaması amacıyla uzun ve geniş pencere yapıları geliştirilmiş olduğu görülmektedir. Bu yapılarda gün ışığı ile eş dağılımlı bir aydınlatma elde edilmiş ve gölgeler iç mekanların aşırı ısınması ve parlaması gibi parlak gün ışığında karşılaşılan problemler de güneşli günlerin yıl içerisinde sadece birkaç günle sınırlı kalmasından dolayı göz ardı edilebilmiştir (Ganslandt & Hofmann, 1992).

Çok fazla güneş gören ülkelerde bu problemler çok önemlidir. Bu tip iklime sahip ülkelerdeki binaların çoğu, yapının alt kısımlarında yer alan ufak pencerelere ve yüksek yansıtma özelliğiyle donatılmış dış duvarlara sahip olarak imal edilmektedir. Bu güneş ışınının doğrudan binaya nüfuz edemeyeceği

anlamına gelmektedir. Bugün bile aydınlatma, binanın yüzeylerinden yansıyan ve yansıma süreci boyunca yayılan ışıktan ve de ışığın kızılötesi bileşenlerinin dağılmasından büyük oranda etkilenir. Yeterli ışığın olup olmadığı sorusuna gelecek olursak, mimari detayların işleniş biçimde belirleyici olan gün ışığı ile uğraşırken estetik kalite ve algısal psikoloji ile ilgili hususlar da göz önüne alınmaktadır. Bazı elementler, ışık ve gölgenin etkileşimi yoluyla gerekli mekânsal etkiyi teşvik etmek için mevcut ışığa göre farklı tasarlanmışlardır (Ganslandt & Hofmann, 1992).

Yeterli ışığın olup olmadığı sorusuna gelince, mimari detayların işleniş biçiminde belirgin olan gün ışığı ile uğraşılırken estetik kalite ve algısal psikoloji ile ilgili hususlar da dikkate alınmıştır. Bazı elementler, ışık ve gölge etkileşimi yoluyla gerekli mekansal etkiyi teşvik etmek için mevcut ışığa göre farklı tasarlanmaktadır. Doğrudan güneş ışığının rölyeflerde, çıkıntılarda ve sütunlardaki oluklarda hatta bunlar sığ derinliklerde olsalar bile üç boyutlu bir etkisi vardır. Bu tür detaylarda aynı etkinin elde edilmesi için dağınık ışık altında çok daha fazla derinlik gerekmektedir. Bu nedenle, güney ülkelerindeki cephelerde sadece sığ yüzey yapılarına ihtiyaç duyulurken, daha kuzey enlemlerin mimarisinde ve iç mekanların tasarımında yüzeylerin yapısını vurgulamak için daha belirgin biçimlere ve renklendirmeye vurgu yapılmıştır (Ganslandt & Hofmann, 1992).

Fakat ışık sadece mekansal gövdelerin üç boyutlu hale getirilmesine hizmet etmemektedir. Ayrıca psikolojik düzeyde algımızı kontrol etmenin mükemmel bir yoludur. Eski Mısır tapınaklarında örneğin Amon Ra'nın Karnak'ta veya Abu Simbel'de bulunan güneş tapınaklarında homojen şekildeki ortam aydınlatması kullanılmamıştır, ancak esası vurgulamak için bir araç olarak gittikçe daha koyulaşan koloniler izleyicinin daha düşük aydınlatma seviyelerine adapte olmasını sağlamaktadır. Ayrıca Tanrı'nın vurgulanan görüntü aksinin oldukça parlak görünmesini sağlamaktadır. Mimari bir yapı, yalnızca önemli günlerde veya yılın belirli zamanlarında, güneş doğduğunda veya battığında ya da yaz veya kış gündönümlerinde meydana gelen özel aydınlatma efektleriyle astronomik saate benzer bir şekilde çalışabilir (Ganslandt & Hofmann, 1992).

Tarih boyunca, amaca göre farklılaştırılmış günışığı etkileri yaratma becerisi Barok dönem kiliselerinde doruğa ulaşmıştır. Birnau'daki ya da Yukarı

Bavyera'da bulunan Dominikus Zimmermann tarafından tasarlanan hac kiliseleri bunlara örnek olarak verilebilmektedir. Ziyaretçinin bakış açısı, nefin dağınık parlaklığından parlak bir şekilde aydınlatılmış sunak alanına doğru çekildiğinde altın renginde süslenmiş karmaşık ahşap oymaları ışıltı ve kabartma olarak öne çıkmaktadır (Ganslandt & Hofmann, 1992).

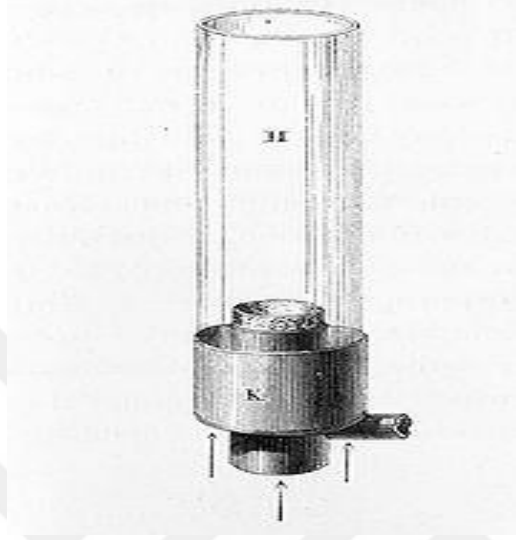
İkinci ışık kaynağı olan alevin hikayesi de ateşten ayrılıp ısınma haricinde belirli bir amaç için kullanılmasıyla başlamıştır. Özellikle de sadece dalların değil hem iyi yanan hem de iyi ışık yayan odun parçalarının kullanılması alevin bir aydınlatma aracı olarak kullanılmasıdaki ilk örneği olmuştur. Daha sonra ise bu odun parçaları yerini özellikle reçineli çam ağacına bırakmıştır. Bundan sonraki adım ise ağacın doğal özelliklerine takılı kalmayıp onu yanıcı malzemelerle birleştirerek meşale olarak kullanılması olmuştur. Tabi insanoğlu bununla da yetinmeyip meşaleyi fitile indirgemiş özellikle yağ ve petrolü yanıcı madde olarak kullanıp gaz lambası ve mumu geliştirmiştir.

Aslında tarih öncesi zamanlarda geliştirilen gaz lambası uzun bir süre boyunca aydınlatma mühendisliğindeki en yüksek ilerlemeyi temsil etmiştir. Tabi gaz lambasının kendisi gelişmeye devam etmiştir. Çok çeşitli avizeler ve aplikler geliştirilmiş olmasına rağmen alev ve ışık gücü değişmemiştir.

Günümüz ışık kaynaklarına kıyasla bu ışık gücü çok zayıftı ve bu nedenle yapay aydınlatma geçici bir cihaz olarak kalmıştır. Tüm alan için mükemmel ve farklı aydınlatma sağlayan gün ışığının aksine, alevin parlaklığı her zaman doğrudan ortamı ile sınırlıydı. İnsanlar ışık sağlayan veya doğrudan yakılacak nesnenin yanına yerleştirilen ögenin etrafında toplanırlardı. Hava karardıktan sonra iç mekanların aydınlık bir şekilde aydınlatılması, sadece mahkeme toplantıları için düşünülebilecek çok sayıda pahalı lamba ve armatür gerektirmekteydi. 18. yüzyılın sonlarına kadar bildiğimiz mimari aydınlatma bugün bildiğimiz gün ışığı alanın özel bir alanı olarak kalmıştır (Ganslandt & Hofmann, 1992).

Yapay aydınlatma kaynaklarının geliştirilmesindeki durgunluğun ana sebebi insanoğlunun bilim alanındaki bilgisinin yetersiz kalmasından dolayı olmuştur. Sadece Lavoisier'in yaptığı deneylerle yanmanın kimyasal bir eylem olduğu ve alevin varlığının oksijenin varlığına bağlı olduğu anlaşılmıştır. 1780'li yıllara gelindiğinde ise Cenevreli kimyager François Pierre Ami Argand Şekil 1.1'de

gösterilen ve kendi adıyla anılacak olan 2000 yıllık aydınlatma tarihinin en parlak lambasını icat etmiştir (Sella, 2018). Bu lambada ilk kez bir kısmı yağ deposunun içinde oturacak şekilde yerleştirilmiş kalın bir fitil kullanıldı. Bu lambanın bir özelliği ise dışında sert bir cam tüp varken sekiz ya da on mum kadar parlak olmasıydı.

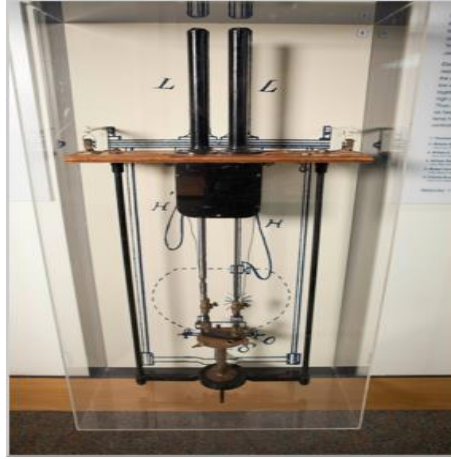


Şekil 1.1: Argand Lambası

Kaynak: (Sella, 2018)

Argand lambasının icadından sonra 1792 yılında İskoç mühendis ve mucit olan William Murdoch kömür ve diğer maddelerin ısıtılmasından elde edilen gazın aydınlatmada kullanabilmek amacıyla deneyler yapmaya başladı. Bu yaptığı deneylerin sonucunda yapılan tahminlere göre 1794 yılında ısıttığı kömürden çıkan gazı üç veya dört ayaklı bir ibrikten geçirerek ilettiği eski bir tüfek namlusunda yakarak ışık elde ettiği bilinmektedir (Ross, 2002).

İlk elektrik ark lambası 1812 yılında Sir Humphry Davy adındaki İngiliz kimyacı tarafından madencilerin madenlerin nemli ortamlarında çalışması ve metan gibi yanıcı gazların patlama tehlikelerini azaltmak amacıyla yapılmıştır. Şekil 1.2’de gösterilen bu Davy lambası iki kömür çubuk ve bir pil bankasından oluşmaktadır (Griffith, 2019).



Şekil 1.2: Davy Lambası

Kaynak: (Griffith, 2019)

1.5 Işık Üretimi

Işık çok sayıda farklı yolla üretilebilir - doğal veya yapay olarak. Işık, dört ana ışık kaynağı grubu kullanılarak uygun maliyetli bir şekilde üretilir:

- Termal ışık kaynakları
- Düşük yoğunluklu deşarj lambaları
- Yüksek yoğunluklu deşarj lambaları
- Yarı iletken ışık kaynakları

Lambalar, tasarımları ve çıktıları ve özellikle ışık üretme biçimleri açısından farklılık gösterir. Modern ışık kaynakları için en önemli kriterler aydınlatma kalitesi ve verimliliği - düşük enerji tüketimi ve uzun hizmet ömrüdür.

Aydınlatma endüstrisi, Thomas Alva Edison'un akkor lambayı icat ettiği ve endüstriyel ölçekte ürettiği 1879'dan beri çok çeşitli farklı tipte lambalar üretmiştir.

Belki de elektrik ampullerinin gelişimi için en iyi tanınan kişi ve onları destekleyecek altyapısı olan kişi Amerikalı mucit Thomas Edison, 1879'da özellikle iç aydınlatma için gaz aydınlatma ile rekabet edebilecek uzun ömürlü bir elektrik ampulü icat etmeye başladı. İlk başarılı prototipi akkor ışığının 13 buçuk saat boyunca yandığı 22 Ekim 1879'da gerçekleştirmiştir. Bundan birkaç ay sonra Edison, 1200 saat boyunca yanacak kömürleşmiş bir bambu filamanı

keşfetmiştir. Bu onun aradığı devrim niteliğindeki ilerlemeydi ve hem iç hem de dış mekân aydınlatmasında birincil güç kaynağı olarak elektriği kurmak için gerekli olan aydınlatma teknolojisini temsil ediyordu (Griffith, 2019).

Akkor ampuller, floresan lambalar 1904 yıllı civarında Daniel McFarlan Moore tarafından ticari manada geliştirilene kadar aydınlatma sektörüne hâkim olmuşlardır. İlk floresan lambalar yüksek voltajlı ve standart olmayan konektörlerle çalışmakta olmalarına rağmen akkor ampullere kıyasla yüksek verimli olmalarından dolayı tercih sebebi olmuşlardır. Ayrıca 1901 yılında Peter Cooper Hewitt adlı bir mucit ilk yüksek tazyikli cıva buharı lambasını geliştirmiştir.

Yirminci yüzyıl yüksek yoğunluklu deşarj (HID) ampullerinin hakimiyetiyle geçmiştir. En popüler ve ticari olarak başarılı olan HID ampulleri floresan, cıva buharlı, yüksek basınçlı sodyum ve metal halide ampulleri olmuştur. Bu ampullerin hepsi de benzer teknolojiye sahiptirler. Hepsi durağan bir gazla dolu olan cam tüpün içindeki iki metal elektrotun arasına elektrik akımı gönderilerek ışığı elde ederler (Griffith, 2019).

Yirminci yüzyılda HID ampullerden daha farklı bir teknolojiye sahip bir ampul olan ışık yayan diyot (LED) ampülleri ilk defa 1960 yılında Nick Halonyak tarafından icat edilmiştir. Bu ampuller geleneksel ampuller gibi bir cam muhafaza gerektirmeyen ve bir yarı iletken kullanarak elektrik akımını dönüştürerek ışık üreten katı hal lambalarıdır (SSL). LED ampuller diğer ampullere kıyasla daha uzun kullanım ömrüne ve daha düşük güç tüketimine sahip olmalarından dolayı günümüzde her alanda kullanılmaktadırlar.

Ayrıca her bölüm için kendi içerisinde, bölüm ile ilgili tarihçiler ve katkılarını da işleyeceğiz.

1.6 Işığın Doğası

Aktif Işık, doğa ile bağlantı kurmaktır. Işık yaratmak aynı zamanda hayat vermek demektir.

Zamanın başlangıcından beri her zaman güvenilir ama aynı zamanda şaşırtıcı olan doğal ışık bize yol gösterdi ve eşlik etti. İhtiyaçlarımıza karşı sezgiseldir ve doğal ritmimize hitap eder. Görüşümüz üzerinde dinamik bir etkiye sahiptir,

bu nedenle bizi her gün duygularımızı özgür kılan yeni görüntülerle kutsar. İnsan süreçlerini kontrol eder ve iç saatimizi etkiler. Aktif Işık, yaşam alanları ile birleştiğinde zaman ve mekan alemlerini insan etkileşiminin çeşitli ortamlarına açan benzersiz bir şekilde doğal ışığı taklit eder. Sonuç olarak, doğal ışığın yapabildiklerini elde etmek için ışık akışı, yoğunluk, renk ve odak noktalarında bir keşif oluşturulur: Bu, ışık yoluyla duygu uyandırmaktır.



01:00 02:00 03:00 04:00 05:00 06:00 07:00 08:00 09:00 10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00 17:00 18:00 19:00 20:00 21:00 22:00 23:00 24:00

Şekil 1.3: Doğal (güneş) ışığın gün içerisindeki yolculuğu

Kaynak: (Zumtobel, 2018)

Bu çalışmada İSG tanımı ve önemi, temel ilkeleri, İSG yönetimi, tarihsel olarak İSG'nin dünyada ve Türkiye'de gelişimi ile Türkiye'de İSG'ye ilişkin yasal düzenlemeler yer almaktadır. Mutfak alanlarında İSG'nin amacı, önemi incelenmiş İSG perspektifinde mutfak ortamı, fiziksel, biyolojik, kimyasal, ergonomik ve güvenliğe ilişkin tehlikeler ve riskler, mutfakta İSG uygulamaları incelenmiştir.



2. TEMEL KAVRAMLAR VE TANIMLAR

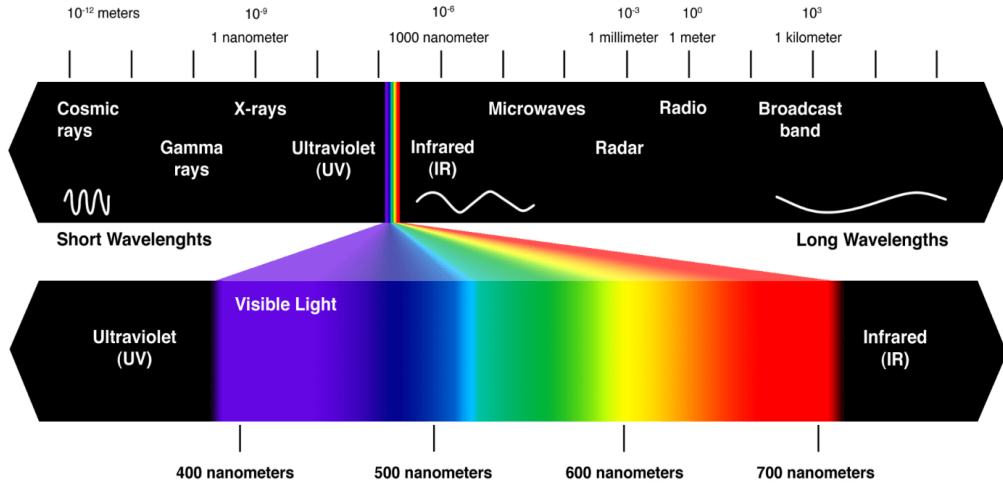
2.1 Işığın Doğası

Işık, bir ışıyan enerji biçimidir. Diğer radyant enerji biçimlerinden, esasen yalnızca görme duyusunu etkilemesi, radyo ve ısı dalgaları gibi diğer biçimlerin etkilememesi bakımından farklılık gösterir. Işık, tüm yayılan enerji formlarının tam aralığı içinde çok küçük bir yer kaplar.

Güneş'ten, Ay'dan, aydınlatma araçlarından vb. yayılan, nesneleri ve renkleri görmeyi sağlayan fiziksel erke ışık denir. Ayrıca daha bilimsel bir bakış açısıyla tanımlarsak ışık yüksek derecede ısıtılan, akkor durumuna getirilen cisimlerin ya da çeşitli erke biçimleriyle uyarılan cisimlerin yaydığı, gözle görülen ışımaya denmektedir. Işık esasen uzayda belirli bir hızla yayılan bir dalgadır. Zaten bu hıza da ışık hızı denmektedir. Işık hızı bir dalganın frekansı ile dalga boyunun çarpımıdır (Rüdiger Ganslandt, 1992). Diğer bir deyişle, ışık, elektromanyetik spektrumun gözlerimiz tarafından algılanan kısmıdır. Dalga boyu aralığı 380 ile 780 nm arasındadır.

Tüm yayılan enerji uzayda aynı hızda hareket eder. Boş alan için genellikle 'c' ile gösterilir (ve saniyede 3×10^{10} cm'ye eşittir). Cam veya su gibi herhangi bir şeffaf malzemeden geçerken daha azdır.

Işık ışınları farklı dalga boyları ve frekanslara sahiptirler. Işık ışınları ya dalga boylarına ya da frekanslarına göre sıralanmaktadır. Şekil 2.1'te bu sıralama gösterilmektedir ve bu sıralamaya ışık tayfi denmektedir.



Şekil 2.1: Işık Tayfı

Kaynak: (<https://www.once.lighting/visible-light-spectrum/>, 2020)

İnsan gözü her dalga boyundaki ışığı algılayamamaktadır. İnsan gözü sadece dalga boyu 400 ile 800 nanometre arasındaki ışıkları algılayabildiğinden bu dalga boyları aralığındaki ışıklara görünür ışın adı verilmektedir. Bu aralığın en altındaki dalga boyu olan 800 nanometre dalga boyuna sahip olan ışık kırmızı ışık olduğundan ışık tayfında bu dalga boyunun hemen altında kalan kısmına kızılötesi (IR - infrared) denir. Kızılötesi ışık ışınlarının dalga boyları görünür ışıktan daha uzundur ve dolayısıyla enerjileri daha az olmaktadır. Mikrodalga ve radyo dalga ışınları ise kızılötesi ışıktan da daha uzun dalga boylarına sahiptirler. Ayrıca dalga boyu yaklaşık 400 nanometre olan mavi ışığın hemen üstündeki dalga boylarına sahip ışınlar ise morötesi (UV - ultraviyole) ışınlar olarak adlandırılmaktadır. Bu dalga boyuna sahip ışık ışınlarının dalga boyu görünür ışıktan daha kısadır ve dolayısıyla enerjileri daha fazladır. X-ışınları ve gama ışınları ise morötesi ışıktan da daha kısa dalga boyuna sahiptirler ve morötesi ışıklardan daha yüksek enerjilidirler (Rüdiger Ganslandt, 1992).

2.2 Radyasyon

Işık, aralarındaki boşlukta herhangi bir maddi maddeye ihtiyaç duymadan bir maddi cisimden diğerine geçebilen bir enerji türüdür. Bu enerji transferi, enerjinin kaynaktan tüm yönlerde düz çizgiler halinde aktığını ima eden radyasyon olarak bilinir. Bununla birlikte, bu her zaman, özellikle de maddi madde geçerken durum böyle değildir. Bazı radyasyon biçimleri, örneğin

radioaktif maddeler tarafından yayılan parçacıklardan oluşur. Işığın bir zamanlar parçacık yağmurundan oluştuğu düşünülüyordu, ancak daha sonraki deneyler, ışığın davranışının dalgalar açısından daha iyi açıklanabileceğini gösterme eğilimindeydi, ışının yönü dalgaların hareket ettiği yöndür. Daha yakın zamanlarda, ışığın hem dalga hem de parçacık olduğu kanıtlandı. Tüm yayılan enerji uzayda aynı hızda dolaşır. Işık hızı “c” ile gösterilir (ve saniyede 3×10^{10} cm'ye eşittir). Cam veya su gibi herhangi bir şeffaf malzemeden geçerken daha azdır. Oran şöyledir: Bir vakumdaki ışığın hızı, ortamın "Kırılma İndeksi" olarak adlandırılır.

Terimin gerçek anlamı bu olsa da, uygulamadaki temel değeri, bir şeffaf ortamdan diğerine geçerken bir ışık ışınının sapmasını belirlemektir. Buna kırılma denir. Havadaki (veya herhangi bir gazdaki) radyasyonun hızı, havanın (veya gazın) kırılma indisinin birlik olarak alınabileceği bir vakumdaki radyasyon hızından çok az farklıdır.

2.3 Dalga Hızı

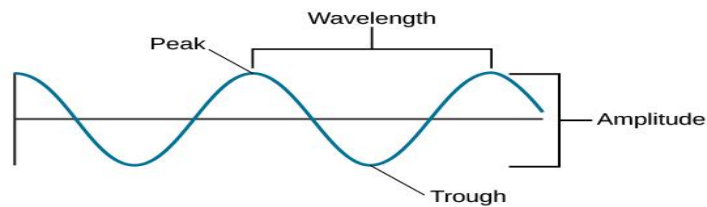
Bir dalganın hızı, frekansı ile dalgaboyunun çarpımıyla ortaya çıkan değerdir. (1) Genellikle “c” harfi ile gösterilir.

Dalga Hızı = Frekans x Dalga Boyu

$$c = v * \lambda \quad (1)$$

2.3.1 Dalgaboyu

Aynı durumdaki ardışık dalgalardaki noktalar arasındaki mesafedir. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi, herhangi bir anda bir dalga tepesinden bir sonraki dalga tepesine "dalga boyu" olarak adlandırılır ve genellikle " λ " (lambda) harfi ile gösterilir.



Şekil 2.2: Dalga Boyu

Kaynak: <https://opentextbc.ca/psychologyopenstax/chapter/waves-and-wavelengths/>

2.3.2 Sıklık (Frekans)

Tam bir dalganın, bir saniyede belirli bir noktadan geçme sayısına denir. Hertz cinsinden ölçülür. Genellikle ν (nü) ile gösterilir.

2.4 Görünür Spektrum

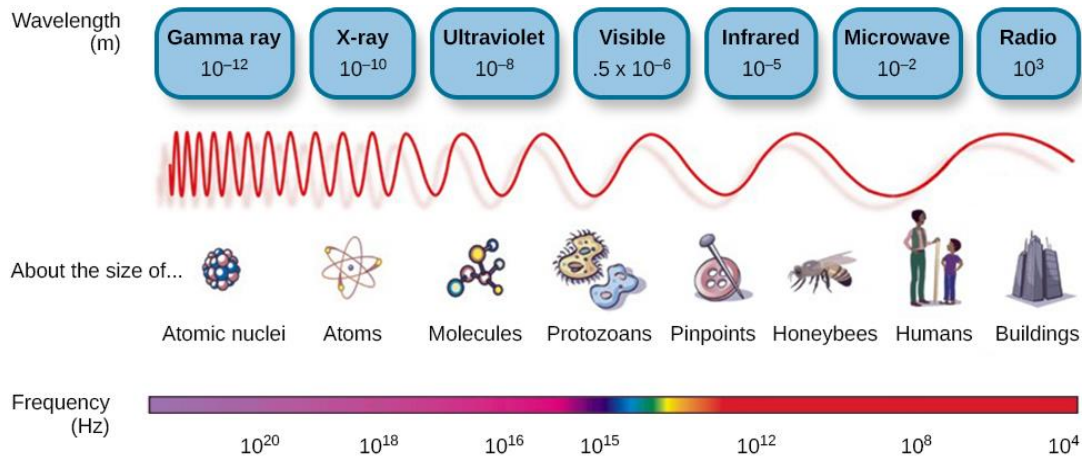
Radyasyonun dalga boyu, dalganın boyutuna göre farklı birimlerde ölçülür. Tıpkı normal uzunluk ölçümlerinin kilometre, metre, santimetre, milimetre vb. cinsinden yapılabilmesine gibi. Mesela, radyo dalgaları uzundur ve genellikle metre cinsinden ifade edilir. Radar gibi kısa dalga sistemleri santimetre cinsinden ifade edilir. Bir çamaşır ütüsü veya ısıtıcıdan yayılan radyant ısıнын dalga boyu yalnızca binde biri kadar daha küçüktür bondan dolayı mikrometre cinsinden ifade edilir. Işık dalgaları daha da küçüktür ve milimetrenin milyonda biri ile nanometre olarak ifade edilir. Yani;

$$1 \text{ mikron } (\mu) = 10^{-6} \text{ metre}$$

$$1 \text{ nanometre (nm)} = 10^{-9} \text{ metre}$$

$$1 \text{ Angstrom (A)} = 10^{-10} \text{ metre}$$

Aşağıdaki şekil bunu bize daha anlaşılır kılacaktır.



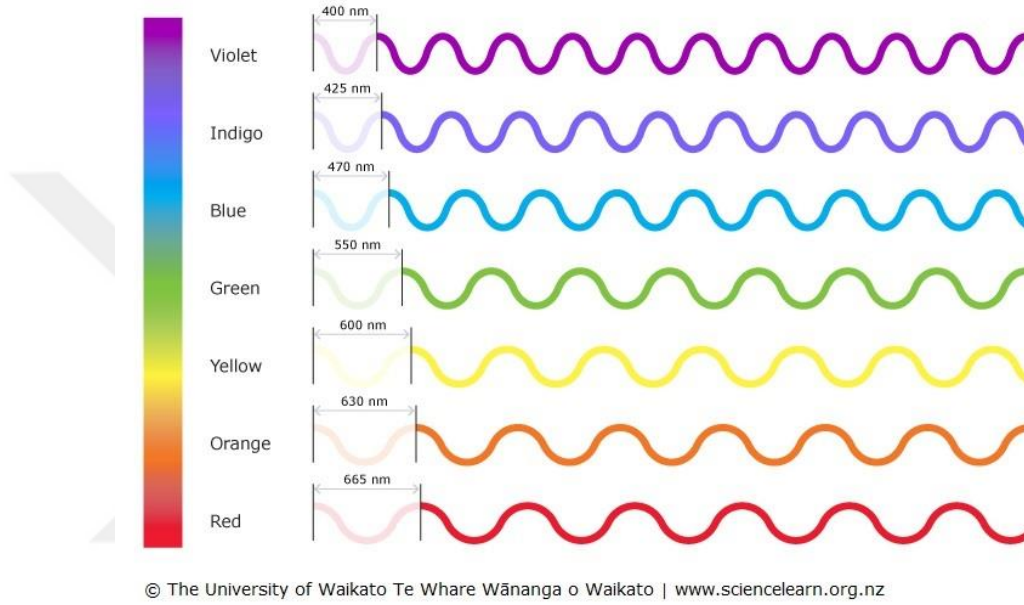
Şekil 2.3: Elektro manyetik spektrumun dalga boyu ve frekansı detaylı açıklama şekli

Kaynak: (<https://openstax.org/tbc/ca/psychologyopenstax/chapter/waves-and-wavelengths/>)

Işık radyasyonu çok dar bir dalga boyu bandını kapsar, sadece yaklaşık 380nm ila 800nm arasındadır. Bu, Görünür Işık Spektrumu olarak bilinir. Bu bandın dışındaki herhangi bir dalga boyundaki radyasyon, görme hissi yaratmaz.

380nm'den daha az dalga boyu Mor Ötesi, Ultra Violet (UV) içerir iken, 800 nm üstü Kırmızı Ötesi ve Infra Red (IR) içerir.

Farklı algılanan ışık renkleri, bu bant içinde farklı dalga boylarındaki ışık radyasyonu ile üretilir. Spektrumda, kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mor olmak üzere altı ayırt edici renk vardır. Karşılık gelen bu sıradaki renkli ışığın dalga boyu, Kırmızı'dan Mor'a giderek azalmaktadır. Renklerin her biri için dalga boyları aşağıda Şekil 2.4'de detaylandırılmıştır.



Şekil 2.4: Renklerin sahip oldukları dalga boyları

Kaynak: (<https://www.sciencelearn.org.nz/images/37-the-visible-spectrum>)

2.4.1 Görünür Işık

Dalgaları görebildiğimiz tek elektromanyetik dalgalardır. Bu dalgaları gökkuşağının renkleri olarak görüyoruz. Her rengin farklı bir dalga boyu vardır. Kırmızı en uzun dalga boyuna, menekşe ise en kısa dalga boyuna sahiptir. Tüm dalgalar bir arada görüldüğünde beyaz ışık yayarlar. Beyaz ışık aslında gökkuşağının tüm renklerinden oluşur çünkü tüm dalga boylarını içerir ve polikromatik ışık olarak tanımlanır. Bir meşaleden veya Güneş'ten gelen ışık buna güzel bir örnektir.

2.4.2 Kırmızı ışık

Görünür kırmızı ışığın dalga boyu yaklaşık 650-665 nm'dir. Gün doğumunda ve günbatımında, kırmızı veya turuncu renkler mevcuttur çünkü bu renklerle ilişkili dalga boyları, atmosfer tarafından daha kısa dalga boylu renklere (örneğin, mavi ve mor) göre daha az verimli bir şekilde dağılır. Saçılmanın bir sonucu olarak büyük miktarda mavi ve mor ışık ortadan kalkmış ve kırmızı ve turuncu gibi uzun dalga boylu renkler daha kolay görülmüştür.

2.4.3 Turuncu ışık

Görünür turuncu ışığın dalga boyu yaklaşık 590-630 nm'dir.

2.4.4 Sarı ışık

Görünür sarı ışığın dalga boyu yaklaşık 570 – 600 nm'dir.

2.4.5 Yeşil ışık

Görünür yeşil ışığın dalga boyu yaklaşık 510-550 nm'dir. Örneğin çimen yeşil görünür çünkü tayfın görünür kısmındaki yeşil dışındaki tüm renkler çimin yapraklarına emilir. Yeşil yansıtılır, bu nedenle çim yeşil görünür.

2.4.6 Mavi ışık

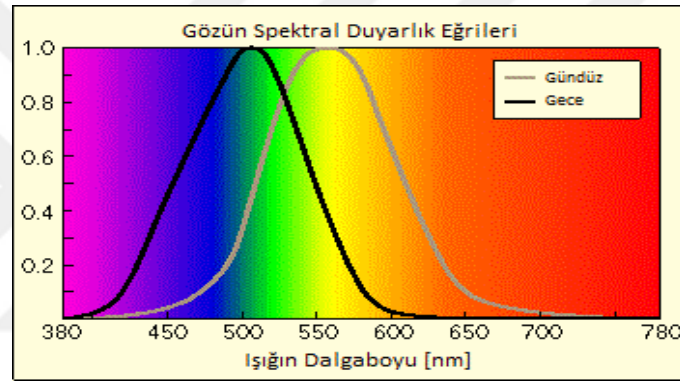
Görünür mavi ışığın dalga boyu yaklaşık 470-480 nm'dir. Mavi dalga boyları görünür spektrumda daha kısa olduğu için atmosferdeki moleküller tarafından daha verimli bir şekilde dağılırlar. Bu, gökyüzünün mavi görünmesine neden olur.

2.4.7 Mor ışık

Görünür mor ışığın dalga boyu yaklaşık 400-425 nm'dir. Görünür dalga boyu spektrumu içinde, mor ve mavi dalga boyları diğer dalga boylarına göre daha verimli bir şekilde dağılır. Gökyüzü menekşe değil mavi görünür, çünkü gözlerimiz mavi ışığa karşı daha hassastır (güneş ayrıca mor ışıktan çok mavi ışık olarak daha fazla enerji yayar).

2.5 Gözün Spektral Duyarlılığı

Gözün spektral duyarlılığı aynı zamanda radyasyonların görülebilme faktörü olarak da adlandırılabilir. Gözümüz bütün radyasyonlara eşit derecede duyarlı değildir yani bütün dalga boylarını gözümüzle görememekteyiz. Gözün bu özelliğine gözün spektral duyarlılığı denmektedir. Göz en yüksek spektral duyarlık değerine gündüz 555nm dalga boyunda ulaşmaktadır. Ayrıca gözün gece elde edebildiği en yüksek spektral duyarlılık değeri ise 507nm olmaktadır (Toy, 2015). Gözün gece ve gündüz elde edebildiği spektral duyarlılık diyagramı Şekil 2.5’de gösterilmektedir. Gözün spektral duyarlılığını, bir sonraki bölümde fotopik ve skotopik görüş olarak biraz daha detaylı inceleyeceğiz



Şekil 2.5: Gözün Spektral Duyarlılık Eğrileri

Kaynak: (Toy, 2015)

2.6 Fotopik Ve Skotopik Görüş

İnsan gözleri, elektromanyetik spektrumun küçük bir miktarını algılayacak şekilde gelişmiştir; bu miktara görünür ışık bölgesi demiştik. Ayrıca, tek tek göz çiftlerine de bağlı olabilir. Işık dalgaları nesneler tarafından emilir veya yansıtılır; insanlar, gözlerde yansıyan renklerin karışımını görür ve belirli bir nesneye belirli bir renk verir. Işık dalgaları geri yansımazdı, o zaman tüm renkler emilir ve biz sadece siyahı görürdük. Ters olsaydı ve tüm renkler gözümüze yansıtılsa, o zaman sadece beyazı görürdük. Her bir renk, atandığı dalga boyuna karşılık gelir.

2.6.1 Fotopik görüş

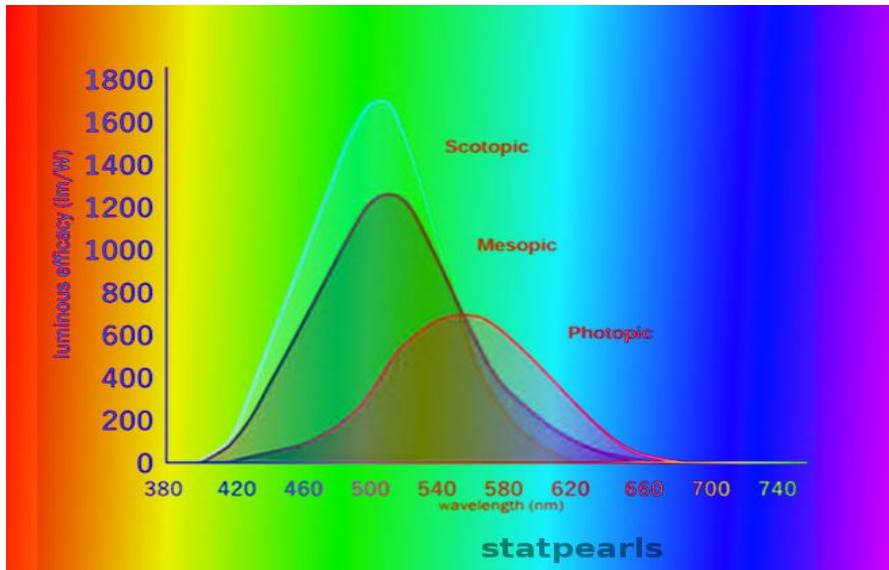
Gözün normalde olağan gün ışığı yoğunluğu gibi iyi aydınlatılmış koşullar altında görmesidir. Koni hücrelerinin aracılık ettiği renk algısına izin verir. Koni hücreleri, gözün renk hassasiyetini sağlamının yanı sıra daha yüksek bir görme keskinliğine sahiptir. Üç renk bandı için ışığı algılayan üç tür koni hücresi vardır. Gözdeki altı ila yedi milyon koni hücresinden% 64'ü "kırmızı" koni, % 32'si "yeşil" koni ve % 2'si "mavi" koni olarak kabul edilir. (Mavi koniler de en yüksek hassasiyete sahiptir.)

2.6.2 Skotopik görüş

Gözün düşük ışık koşullarında görmesidir. Koni hücreleri, düşük seviyeli aydınlatmada çubuk hücreler kadar iyi çalışmaz, bu nedenle skotopik görüş tamamen, mavi-yeşil renk bantları olan 498 nm'lik elektromanyetik spektrumdaki ışığın dalga boylarına en duyarlı olan çubuk hücreler aracılığıyla gerçekleşir.

2.6.3 Mezopik görüş

Orta ışık koşullarında gerçekleşen vizyon türüdür. Temelde fotopik görüş ve skotopik görüşün bir kombinasyonudur, bu nedenle hem koni hücreleri hem de çubuk hücreler kullanılmaktadır.

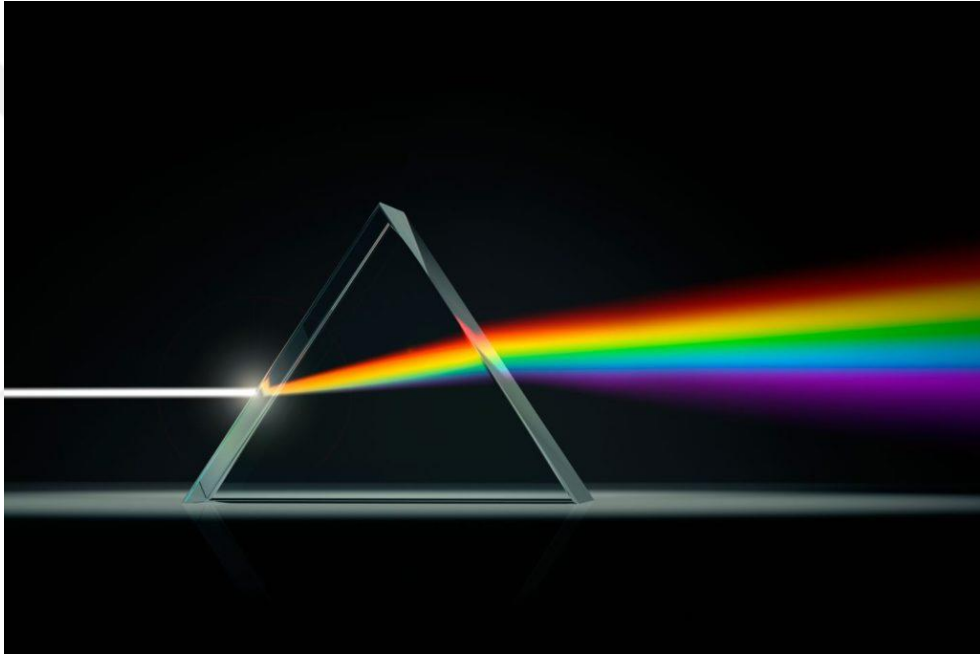


Şekil 2.6: Fotopik, Skotopik ve Mezopik görüş eğrileri

Kaynak: (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542177/figure/article-36719.image.f1/>)

Sıradan beyaz ışık, görünür spektrumdaki tüm dalga boylarının radyasyonundan oluşur, üretilen his, renkli ışıkların bir karışımından beklediğinizden oldukça farklıdır.

Bunu ilk bilim adamlarının kavraması çok zor oldu ve Sir Isaac Newton bir dizi deney yapana ve tamamen yeni bir açıklamaya ulaşana kadar kabul edildi. Farklı dalga boylarındaki ışığı farklı miktarlarda ayıran bir prizmadan ince bir beyaz ışık demeti göndererek farklı dalga boyları kolayca ayrılabilir. Prizmanın üzerine dar, neredeyse paralel bir beyaz ışık demeti düşerse, ortaya çıkan ışık, her dalga boyunun farklı bir radyal yönde ortaya çıktığı bir ışık yelpazesi şeklini alır. Şekil 2.7



Şekil 2.7: Işık spektrumun Prizmada üretimi. Işık saçan üçgen prizma; farklı ışık dalga boylarını göstermek için gösterilen dalgalar.

Kaynak: (<https://englishalphabetcode.com/2019/01/19/clue-blue-navy/>, 2019)

Işık yelpazesinin beyaz bir yüzeye düşmesine izin verilirse, renkli bir ışık şeridi görülebilir; her renk, herhangi bir kesinti olmaksızın kademeli olarak diğeriyle birleşir. Buna sürekli spektrum denir. Dalga boyu ne kadar kısaysa, ışığın prizmadan sapmasının o kadar büyüktür. Bu, Newton'un ışığın bileşimi üzerine yaptığı çalışmada kullandığı yöntemdi.

Farklı ışık kaynakları, farklı dalga boylarını farklı oranlarda yayar, bazıları yayılan dalga boyları aralığında boşluklara sahiptir. Yalnızca belirli renk

bantlarının görüldüğü böyle bir spektrum, süreksiz bir spektrum olarak bilinir. İki ana tür süreksiz spektrum vardır. Spektrum, bir veya iki geniş renk bandından oluşuyorsa, "süreksiz bant spektrumu" olarak bilinir. Radyasyon, yalnızca bir dizi ayrı ve farklı dalga boylarından oluşuyorsa (sayı çok büyük olsa bile), böylece bir dizi ayrı dar renk çizgileri üretilir veya hatta farklı boşluklar görünür olabilir, spektrum " süreksiz çizgi spektrumu ". Floresan tarafından üretilen ışık, "süreksiz bant spektrumunun" bir örneğidir ve bir deşarj lambası tarafından üretilen ışık, "süreksiz çizgi spektrumunun" bir örneğidir.

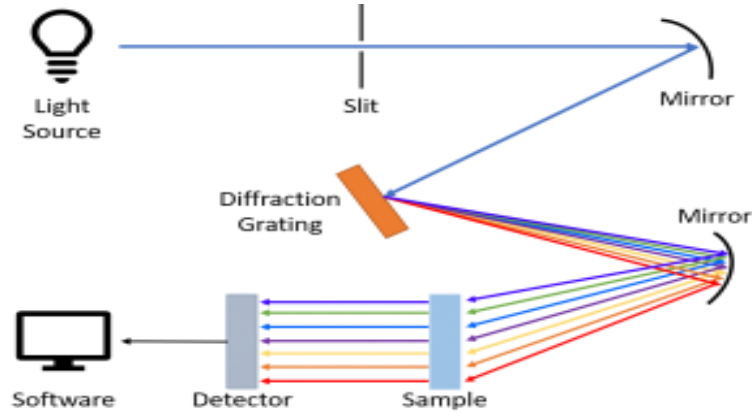
2.7 Işığın Ölçülmesi

Bir ışığın renk sıcaklığı, gücü, ışık geriverim indeksi vb. ölçümlerini yapmak bir hayli zordur. Bunun için farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bunlar:

2.7.1 Prizma spektrometresi

Farklı ışık kaynaklarının spektrumlarını incelediğinizde, bir ışık kaynağı spektrumunun üretimini incelemek için daha kesin bir yöntem ihtiyacınız vardır. Bunu yapmak için tasarlanmış ve geliştirilmiş çeşitli araçlar vardır. Eskilerde en çok kullanılan spektroskopdu. Prensip olarak yukarıda açıklanan ve aşağıdaki Şekil 2.8'de gösterilen basit yöntem temelde benzerdir. Ana özellikler:

1. İncelenmekte olan ışık kaynağı tarafından aydınlatılan dar bir yarık, Şekil 2.8'de gösterildiği gibi neredeyse paralel ışık huzmesini üretmek için pozitif bir merceğin odak uzunluğuna yerleştirilir.
2. Kenarı yarığa paralel olan bir prizma.
3. Prizmadan gelen ışık yelpazesini alan ve fandaki ışığın her rengindeki yarıktan net bir ışık görüntüsü oluşturan ikinci bir pozitif mercek. Bu renkli görüntüler arka arkaya görünür ve ilgili dalga boyu değiştikçe birini diğeriyle birleştirir.



Şekil 2.8: Spektrometre çalışma prensibi

Kaynak: (<https://wavelength-oe.com/blog/what-is-a-spectrometer/>, 2020)

İkinci mercek tarafından oluşturulan spektrum görüntüsü genellikle küçüktür. Görüntü spektrumunun ilk önce beyaz bir ekrana düşmesine izin vermek yerine, spektrumun görüntülenmesi ve görüntünün doğrudan görüntülenmesi için cihazda bir büyüteç gereklidir, spektrumun çok daha parlak olması avantajına sahiptir. Bu önemlidir çünkü yarıktan gelen ışık miktarı azdır. Bir çizgi spektrumundaki çizgiler (yarık görüntüleri) keskin bir şekilde tanımlanmış görünür ve hassas ölçümler yapılabilir.

2.7.2 Bütünleyici küre

Bir Entegre Küre (Ulbricht küresi olarak da bilinir), dahili ışık ve renkli detektör kafalarının entegre kürenin bir tarafına yerleştirildiği dağınık beyaz yansıtıcı bir kaplama ile kaplı iç kısmı ile içi boş küresel bir boşluktan oluşan optik bir alettir. Kürenin içindeki ışığın tekdüze bir saçılma veya yayılma etkisidir. İç yüzeydeki herhangi bir noktaya düşen ışık ışınları, çoklu saçılma yansımaları ile diğer tüm noktalara eşit olarak dağıtılır.

Gerçekte, kürenin içindeki ışık, sonunda kürenin içini ışıkla doyuracaktır. Orijinal ışık yönünün etkileri, örneğin lens monte edilmiş olan lamba küreye dikey olarak baktığı zaman en aza indirilir. Bütünleştirici bir kürenin gücü koruyan ancak uzamsal bilgiyi yok eden bir difüzör olduğu düşünülebilir.

Işık toplayan kübik kutunun teorisi 1892'de WE Sumpner tarafından açıklanmıştır. Bütünleyici kürenin pratik uygulaması, 1900'de yayınlanan R. Ulbricht (1849-1923) tarafından yapılan çalışmadan kaynaklanmıştır. Fotometride standart bir cihaz haline gelmiştir ve radyometri. Toplam gücün tek

bir ölçümde elde edilebildiği bir kaynak tarafından üretilen ışığı ölçmek için bir goniofotometreye göre avantajı vardır. Bütünleyici kürenin iç kısmına yayılan ışık tüm açılara eşit olarak dağıtılır. Entegre küre, optik ölçümlerde kullanılır. Bir ışık kaynağının toplam gücü (akı), kaynağın yön özelliklerinin neden olduğu yansılık olmadan ölçülebilir. Örneklerin yansımaları ve soğurulması da incelenebilir. Küre, bir fotometrik standart sağlamak için kullanılabilecek bir referans radyasyon kaynağı oluşturur.

2.7.3 Ticari bütünleşme küresi

Bu özel model, ultraviyole ile kızılötesi arasında gerekli spektral çıktıyı elde etmek için belirlenebilen dört ayrı lamba kullanır.

Entegre küreler, çeşitli optik, fotometrik veya radyometrik ölçümler için kullanılır. Bir lambadan her yöne yayılan toplam ışığı ölçmek için kullanılırlar. Tüm aydınlatma ve gözlem açılarında bir ortalama sağlayan, yüzeylerin dağınık yansımalarını ölçmek için bir entegre küre kullanılabilir. Bir entegre küre, dairesel açıklığı içindeki tüm konumlar üzerinde tekdüze görünür yoğunluğa sahip ve ideal olarak yayılan yüzeylere (Lambert yüzeyleri) özgü kosinüs işlevi dışında yönden bağımsız bir ışık kaynağı oluşturmak için kullanılabilir.

Giriş portundaki tüm ışık olayı toplandığından, entegre bir küreye bağlanan bir detektör, küçük dairesel bir açıklık üzerindeki tüm ortam ışığı olayının toplamını doğru bir şekilde ölçebilir. Bir lazer ışınının toplam gücü, ışın şekli, olay yönü ve olay konumunun etkilerinden bağımsız olarak ölçülebilir.

Kürenin kaplamasının optik özellikleri, doğruluğunu büyük ölçüde etkiler. Görünür, kızılötesi ve ultraviyole dalga boylarında farklı kaplamalar kullanılmalıdır. Yüksek güçlü aydınlatma kaynakları kaplamayı ısıtabilir veya zarar verebilir, bu nedenle entegre bir küre, maksimum bir olay gücü seviyesi için derecelendirilecektir. Çeşitli kaplama malzemeleri kullanılmaktadır. İlk deneyimler bir magnezyum oksit deposu kullandılar. Baryum sülfat, görünür spektrum üzerinde oldukça düz bir yansıtmaya sahiptir. Kızılötesi ölçümler için ince bir şekilde biriktirilmiş altın kullanılır. Görünür ışık ölçümleri için çeşitli tescilli PTFE bileşikleri de kullanılır.

Bütünleyici küre teorisi, tek tip bir iç yüzey varsayar. Teorik varsayımların geçerli olabilmesi için ışığın çıkabileceği veya girebileceği, normalde port

olarak adlandırılan ve dedektörler ve kaynaklar için kullanılan açıklıklar, kürenin yüzey alanının yaklaşık% 5'inden daha küçük olmalıdır. Kullanılmayan portlar, bu nedenle, tıpanın iç yüzeyi kürenin geri kalanıyla aynı malzeme ile kaplanmış, eşleşen fişlere sahip olmalıdır. Bu ışık tekdüze olmayan bir dağılıma sahip olacağından, bir kaynaktan bir detektöre giden ışığın doğrudan yolunu engellemek için normalde küreye bölmeler yerleştirilir. Bunlar kürenin sol tarafında açıkça görülebilir.

2.8 Ortak Işık Kaynaklarının Tayfı

En belirgin ışık kaynağı güneştir. Genelde mum alevi, elektrikli filaman lambanın ateşi gibi tüm akkor lambalardan (siyah gövde radyatörleri - güç uygulandığında ısıyla beyaz parlayan) gelen ışığın tipik bir örneğidir. Spektrum süreklidir. Farklı renklerin göreceli parlaklığı, ışık kaynağının sıcaklığına bağlıdır. Vücut ne kadar sıcaksa, ışık kaynakları o kadar beyaz görünür ve spektrumdaki kısa dalga boylarına (mavi ve mor uç) karşılık gelen renkler daha parlak görünür. Sadece parlayan bir vücut kırmızı görünür. Gün ışığı, doğrudan güneş ışığı ile aynı özelliğe sahip, ancak daha kısa dalga boylarını içeren ve mavi renkte daha zengin olan (gökyüzünün mavisıyla karşılaştırmak) dağınık güneş ışığıdır.

Tüp biçimli flüoresan lambalar ve kompakt flüoresan lambalar (CFL'ler) gibi floresan ve fosforesana dayanan ışık kaynakları, esasen bir bant spektrumuna sahiptir.

Normal elektrik deşarjlı lambalar çizgi spektrumları verir çünkü onlardan yalnızca belirli belirli dalga boyları yayılır. Bu dalga boyları, ilgili lambadaki tipik gaz veya buharlardır.

Buna göre neon, tanıdık turuncu-kırmızı ışık rengini yayar, düşük basınçlı sodyum buharı sarımsı-turuncu-kırmızı bir ışık yayar, düşük basınçlı cıva buharı mavimsi-yeşil bir ışık yayar ve yüksek basınçlı sodyum sarımsı-turuncu-beyaz bir ışık yayar. Karbon monoksit gazı neredeyse gün ışığına denk bir ışık yayar, nitrojen ise sıcak turuncu-altın rengi yayar. Bu renkler, her çizgi tayfındaki çeşitli ayrı dalga boylarına karşılık gelen renklerin gözündeki karışımının sonucudur.

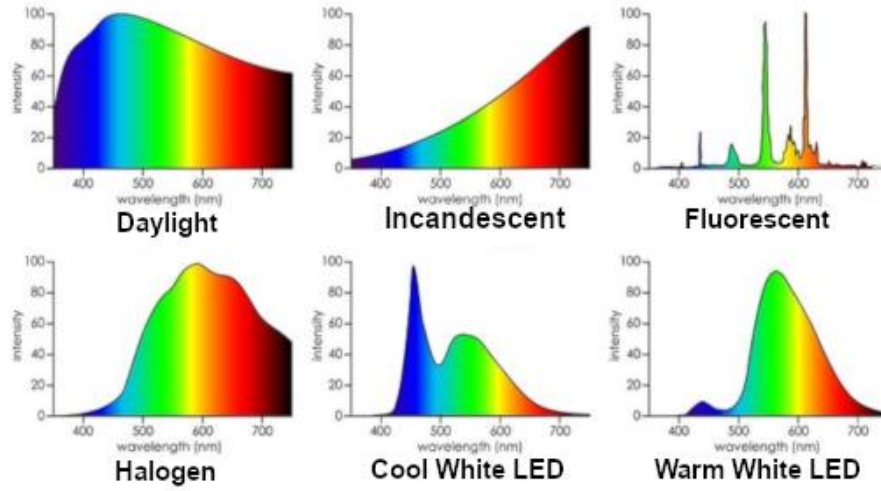
Neon gazındaki deşarj spektrumu, ağırlıklı olarak spektrumun kırmızı ve turuncu kısımlarında bir dizi çizgiden oluşur. Düşük basınçta cıva buharındaki deşarj, morötesi bölgede bol miktarda radyasyona sahiptir, ana ışık mavi bölgede görülür. Buhar basıncı arttığında, ultraviyole radyasyon büyük ölçüde azalır, ancak mavi artar, ancak ana ışık, düşük basınçta önemsiz olacak kadar zayıf olan yeşil ve sarı çizgiden türetilir. Düşük basınçlı sodyum buharlı lambadan gelen ışık neredeyse tamamen, hatta% 90'dan fazla tek renkte yayılır. Gerçekte oyunda iki dalga boyu vardır, ancak birbirlerine o kadar yakındırlar ki, iki çizgi en iyi durumda ancak en kaliteli spektroskoplarda ayırt edilebilir. Işık genellikle tek renkli, yani tek renkli ve bu renk sarı olarak adlandırılır. Azot, spektrumunda birçok çizgiye sahiptir, ancak daha kısa dalga boylarında yetersizdir. 104 pa basınçtaki yüksek basınçlı sodyum lambası, spektral güç dağılımı görünür spektrumun çoğunu kapsadığından sarı-beyaz bir görünüm verir, ancak mavi-yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı kısımlarda zirvelere sahiptir. Buhar basıncı 104 pa'nın üzerine çıkarılırsa spektrumun sarı kısmı önemli ölçüde azalır ve diğer bölgelerde daha yüksek değerler elde edilir. Bu, kaynağın etkinliğini (lümen/watt) azaltmasına rağmen, yüksek basınçlı sodyum lambanın renksel geriverim özelliklerini artıracaktır. Turuncu ve kırmızı alanlarda bir eksiklik olmasına rağmen, spektral dağılım tüm görünür spektruma yayıldığı için metal halide lambalar mavimsi beyaz bir görünüm verir.

2.9 Spektral Güç Dağılımı (SPD)

Bütün ışık kaynaklarının spektral enerjisi büyük ölçüde değişir. Işık kaynağının renk içeriği, genellikle o kaynağa en yakın renk spektrumunu üreten bir akkor yayıcının sıcaklığı cinsinden tanımlanır. Sıcaklık ne kadar yüksek olursa ışık o kadar mavi olur. Sıcaklık ne kadar düşüğe ışık o kadar kırmızıdır. Tungsten ampul aydınlatması gün ışığına göre çok turuncudur. Işık kaynağının renk özelliklerine, spektral güç dağılımı denir. (Light, Color & Human Vision, 2013)

Akkor bir kaynaktan gelen ışığın spektrumunun sürekli olması gibi, spektrumdaki enerji dağılımı, bir grafik şeklinde gösterildiğinde, kesintisiz bir çizgi olarak görünür. Bunlar, Şekil 2.9'da gösterildiği gibi "spektral güç dağılım eğrileri" olarak adlandırılır.

Special Power Distribution (SPD)



Şekil 2.9: Spektral güç dağılım eğrileri (SPD)

Kaynak:(<https://www.paintingframesplus.com/painting-frames-plus-website-colors.php>, 2019)

Bunların, her bir ilgili spektrumdaki göreceli ışık yoğunluklarını göstermezler, çünkü daha önce belirtildiği gibi, göz farklı dalga boylarında yayıldığında aynı miktarda güce eşit derecede duyarlı değildir. Güç dağılımını gözün her dalga boyuna olan hassasiyetine göre yoğunlaştırmanın etkisi (bu, spektrumun o bölümünde ortaya çıkan ışığın parlaklığını verir) bazen farklı ışık kaynakları için gösterilir. Şekil 2.9 da farklı türdeki ışık kaynaklarının ışık emisyonlarını daha iyi görebilirsiniz.

Süreksiz bir spektrumun spektral güç dağılımı, eğri sürekli olmayacağından, yukarıdaki Şekil 2.9'daki gibi kolayca temsil edilemez. Bir çizgi spektrumu için, bazen tek tek dalga boylarına karşılık gelen noktalarda dikey çizgiler şeklinde yapılır, tek tek dalga boyuna karşılık gelen noktalardaki çizgilerin yüksekliği.

2.10 Işığın Rengi

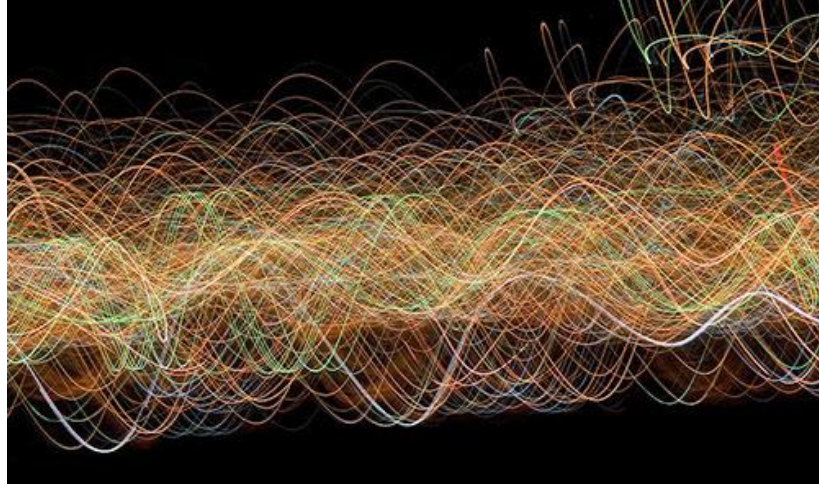
Bir ışık kaynağının spektrumu, bir dizi dalga boyunda radyasyondan oluşabilse de, sürekli bir bant kadar olsa bile, deneysel olarak ışığın renginin belirli bir dalga boyuyla eşleşebileceği, belki de beyaz ışıkla seyreltilebileceği bulunmuştur. . Bu dalga boyunun spektral rengi, verilen kaynaktan gelen ışığın "çizgisi" olarak adlandırılır. Renk ve beyaz karışım içindeki o rengin yüzdesi ile belirlenen canlılığı, "doygunluk" olarak adlandırılır. Bu, bir ışığın rengini

belirlemenin kullanışlı ve basit bir yoludur, bazen onu başka bir sistemden, üç renk ışığının kullanıldığı üç renkli sistemden ayırmak için tek renkli sistem olarak adlandırılır. Gün ışığı, güneş ışığı, filament lamba ışığı vb. "Beyaz" ışık olarak alındığı unutulmamalıdır. Kullanılan "beyaz" ışığa bağlı olarak renkli ışığın tam dalga boyu olarak belirtilmelidir. Herhangi bir dalga boyundaki radyasyon göze ulaştığında, üretilen duyum o dalga boyunun bir özelliği olan renge sahiptir ve Şekil 2.4, spektrumun "renklerinin" radyasyonun dalga boyuyla nasıl ilişkili olduğunu gösterir. Spektral güç dağılımı eğrisi oldukça pürüzsüzse, ışık beyazdır ve eğrinin bir ucu diğerinden önemli ölçüde daha yüksek olmadığı sürece, bu durumda uzun veya kısa dalga ucunun daha yüksek olmasına bağlı olarak sarı veya mavi olarak adlandırılır. Spektral güç dağılımı eğrisi bir tepe gösteriyorsa, ışık, spektrumun pikin meydana geldiği kısmına karşılık gelen bir renge sahiptir. Doğrudan bir kaynaktan alınan ışığa ve bir nesnenin yüzeyinden yansıyan ışığa eşit şekilde uygulanan bu açıklamalar şimdi daha da geliştirilebilir.

2.11 Işığın Polarizasyonu

2.11.1 Polarizasyon

Bir ışık dalgası, uzay boşluğunun içinde hareket eden elektromanyetik bir dalgadır. Elektrik yüklerinin titreşmesiyle ilginç bir şekilde yeterince ışık dalgaları üretilir. Bu tür elektromanyetik dalgaların doğasıdır. Elektromanyetik dalganın hem elektrik hem de manyetik bileşene sahip enine bir dalga olduğu bilinmektedir. Şekil 2.10'da göreceğiniz üzere, bu enine dalga, birden çok düzlemde, özellikle hem dikey hem de yatay düzlemlerde titreşir.



Şekil 2.10: Işığın vibrasyonu

Kaynak:(https://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/ciencia_consciousuniverse336.htm, 2013)

Bir elektromanyetik dalganın enine doğası, diğer dalga türlerinden oldukça farklıdır.

Elektromanyetik bir dalganın davranışını modellemek için oynadığımız salladığımız ipi kullandığımızı hayal edelim. Tabii ki, bunu deneyimlemek için bir ipe ve iki istekli yardımcı ipe ihtiyacınız var. İp daha sonra diğer ipin arasında uzatılır. Şimdi iplerinizi birbirleriyle zamanında ritmik olarak sallamaya başlayın. İpi sarsmaya başladığınızda, bir dalga gibi görüldüğünü göreceksiniz, evet bir yardımcının ucundan diğer yardımcıya doğru bir elektromanyetik dalga ilerliyor. İki yardımcı ip salladıkça, birbirleriyle mükemmel bir zamanda kalmaları imkansız olacak ve ip, yukarı ve aşağı (dikey) düzlemde olduğu gibi yana doğru da sallanmaya başlayacaktır. Şimdi, birden çok düzlemde yatay ve dikey titreşen bir ışık dalgasını simüle ettiniz. Bu polarize olmayan ışığın tipik bir örneğidir.

Güneş, etrafımızdaki lambalar veya mum alevi tarafından yayılan ışık polarize olmayan ışıktır. Bu ışık dalgaları, çeşitli yönlerde titreşen elektrik yükleri tarafından yaratılır ve bunu yaparken çeşitli yönlerde titreşen bir elektromanyetik dalga oluştururlar. Yani, size doğru gelen tüm ışıklar farklı yönlerde veya düzlemlerde titreşmektedir.

Daha basit hale getirmek için, ışığın dalgaların yarısının yatay düzlemde titreştiğini ve diğer yarısının dikey düzlemde titreştiğini hayal edin.

Parlak güneş ışığına çıktığınız neredeyse her seferinde polarize olmayan ışık deneyimleriz. Gözlerinizi kısmanıza neden olur. Plaja gittiğinizde bu daha da belirgindir ve beyaz kum, parlak güneşi daha çok yansıtır. Balıkçıysanız, su yüzeyine bakmak daha zordur. Bunu önlemenin yolu polarize güneş gözlükleri kullanmaktır. Polarize güneş gözlükleri, polarize olmayan ışığı bir düzlemde ortadan kaldırır. Titreşimlerden biri elimine edildiği sürece, yatay veya dikey dalga boylarının gerçek bir önemi yoktur.

Bu basit pratik örnekle polarize olmayan ışığı polarize ışığa dönüştürmek mümkündür. Polarize ışık dalgaları, titreşimlerin tek bir düzlemde meydana geldiği ışık dalgalarıdır. Polarize olmayan ışığı polarize ışığa dönüştürme süreci polarizasyon olarak bilinir. Işığı polarize etmenin çeşitli yöntemleri vardır. Bunlar:

İletim ile Polarizasyon

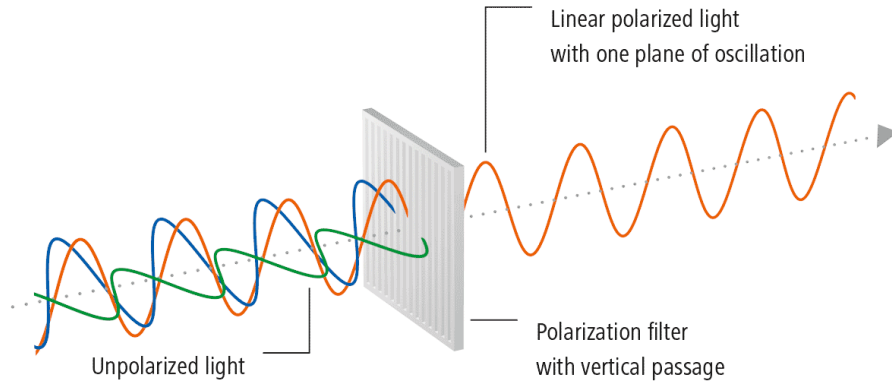
Yansıma ile Polarizasyon

Kırılma ile Polarizasyon

Saçılma ile Polarizasyon

2.11.1.1 İletim ile polarizasyon

En yaygın polarizasyon yöntemi, bir Polaroid filtresinin kullanılmasını içerir. Polaroid filtreler, bir elektromanyetik dalganın iki titreşim düzleminden birini bloke edebilen özel bir malzemeden yapılmıştır. Polaroid filtre, ışığın filtreden geçmesi üzerine titreşimlerin yarısını filtreler. Polaroid filtreden polarize olmayan ışık iletildiğinde, yarı yoğunlukta ve tek bir düzlemde titreşimlerle ortaya çıkar; polarize ışık olarak ortaya çıkar. Güneş gözlüklerinin yaptığı çözümleme budur.



Şekil 2.11: Filtrelenmiş polarize ışık şekli

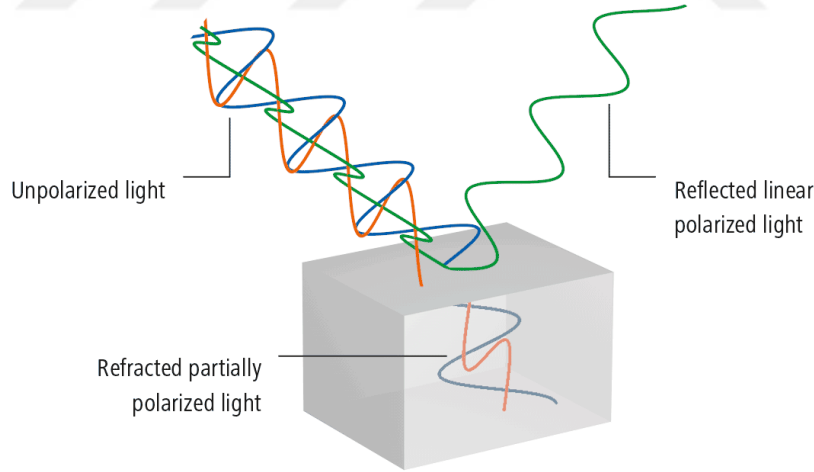
Kaynak:(<https://www.baumer.com/us/en/service-support/technology-highlights/polarization/a/Polarization>, 2020)

Polaroid filtre, filtre malzemesinin kimyasal bileşimi nedeniyle ışığı polarize edebilir. Filtrenin, filtre içinde aynı yönde hizalanmış uzun zincirli moleküllere sahip olduğu düşünülebilir. Filtrenin üretimi sırasında, uzun zincirli moleküller filtre boyunca gerilir, böylece her molekül (mümkün olduğu kadar) dikey yönde hizalanır. Polarize olmayan ışık filtreye çarptığında, dalgaların dikey yönde titreşen kısmı filtre tarafından emilir. Genel kural, moleküllerin hizalanmasına paralel yönde olan elektromanyetik titreşimlerin emilmesidir.

Bu moleküllerin hizalanması, filtreye bir polarizasyon eksenini verir. Bu polarizasyon eksenini, filtrenin uzunluğu boyunca uzanır ve yalnızca eksene paralel olan elektromanyetik dalganın titreşimlerinin geçmesine izin verir. Polarizasyon eksenine dik olan her türlü titreşim filtre tarafından engellenir. Bu nedenle, uzun zincirli molekülleri yatay olarak hizalanmış bir Polaroid filtre, dikey olarak hizalanmış bir polarizasyon eksenine sahip olacaktır. Böyle bir filtre, tüm yatay titreşimleri engelleyecek ve dikey titreşimlerin iletilmesine izin verecektir. Şekil 2.11 öte yandan, uzun zincirli molekülleri dikey olarak hizalanmış bir Polaroid filtre, yatay olarak hizalanmış bir polarizasyon eksenine sahip olacaktır; bu filtre tüm dikey titreşimleri engelleyecek ve yatay titreşimlerin iletilmesine izin verecektir.

2.11.1.2 Yansıma ile polarizasyon

Polarize olmayan ışık, metal olmayan yüzeylerden yansıma yoluyla da polarizasyona uğrayabilir. Polarizasyonun meydana gelme derecesi, ışığın yüzeye yaklaştığı açıya ve yüzeyin yapıldığı malzemeye bağlıdır. Kritik bir açıda (Brewster açısı) yansıma yoluyla polarizasyon maksimum seviyededir. Metalik yüzeyler ışığı çeşitli titreşim yönleriyle yansıtır; bu tür yansıyan ışık polarize değildir. Bununla birlikte, asfalt yollar, karlı dağlar ve su gibi metalik olmayan yüzeyler ışığı yansıtır, öyle ki, yansıyan yüzeye paralel bir düzlemde büyük bir titreşim konsantrasyonu vardır. Nesneleri metal olmayan yüzeylerden yansıyan ışıkla gören bir kişi, polarizasyonun boyutu büyükse, genellikle bir parlaltı algılayacaktır. Balıkçılar, suyun altında yatan balıkları görmelerini engellediği için bu parlaltıya aşınadır. Bir gölden yansıyan ışık, su yüzeyine paralel bir yönde kısmen polarize olur. Balıkçılar, uygun polarizasyon eksenine sahip parlamayı azaltan güneş gözlüklerinin kullanılmasının bu kısmen polarize ışığın engellenmesine izin verdiğini bilirler. Planepolarize ışığı bloke ederek, parlama azaltılır ve balıkçı su altında bulunan balıkları daha kolay görebilir.



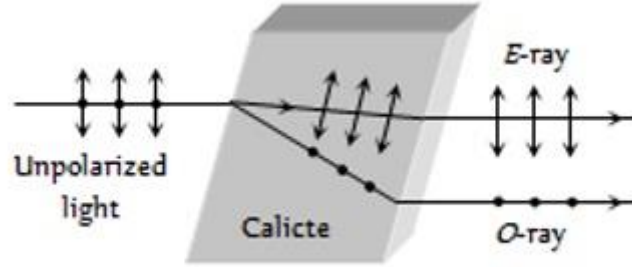
Şekil 2.12: Işığın metal olmayan yüzeylerden yansıması

Kaynak:(<https://www.baumer.com/us/en/service-support/technology-highlights/polarization/a/Polarization>, 2020)

2.11.1.3 Kırılma ile polarizasyon

Polarizasyon, ışığın kırılmasıyla da meydana gelebilir. Kırılma, bir ışık demeti bir malzemedan başka bir malzemeye geçtiğinde meydana gelir. İki malzemenin

yüzeyinde, kırışın yolu yönünü değiştirir. Kırılan ışın bir dereceye kadar polarizasyon elde eder. Çoğu zaman polarizasyon, yüzeye dik bir düzlemde meydana gelir. Kırılan ışığın polarizasyonu genellikle bir fizik dersinde, çift kırılan bir kristal görevi gören benzersiz bir kristal kullanılarak gösterilir. Mineral kalsitin oldukça nadir bir formu olan İzlanda Spar, gelen ışığı iki farklı yola kırar. Kristale girdikten sonra ışık iki ışına bölünür. Daha sonra, bir nesneye bir İzlanda Spar kristalinden bakılarak bakılırsa, iki görüntü görülecektir. İki görüntü, ışığın çift kırılmasının sonucudur. Kırılan her iki ışık demeti de polarize edilmiştir - biri yüzeye paralel yönde, diğeri ise yüzeye dik yönde. Kırılan bu iki ışın, dikey bir yönelimle polarize edildiğinden, görüntülerden birini tamamen bloke etmek için bir polarizasyon filtresi kullanılabilir. Filtrenin polarizasyon eksenini polarize ışık düzlemine dikey olarak hizalanırsa, ışık filtre tarafından tamamen bloke edilir; bu arada ikinci görüntü olabildiğince parlak. Ve filtre daha sonra her iki yönde de 90 derece döndürülürse, ikinci görüntü yeniden görünür ve ilk görüntü kaybolur. Şimdi bu oldukça güzel bir gözlem, kabul etmiyor musunuz, eğer ışık herhangi bir dalga benzeri davranış sergilemeseydi bu asla gözlemlenemezdi.



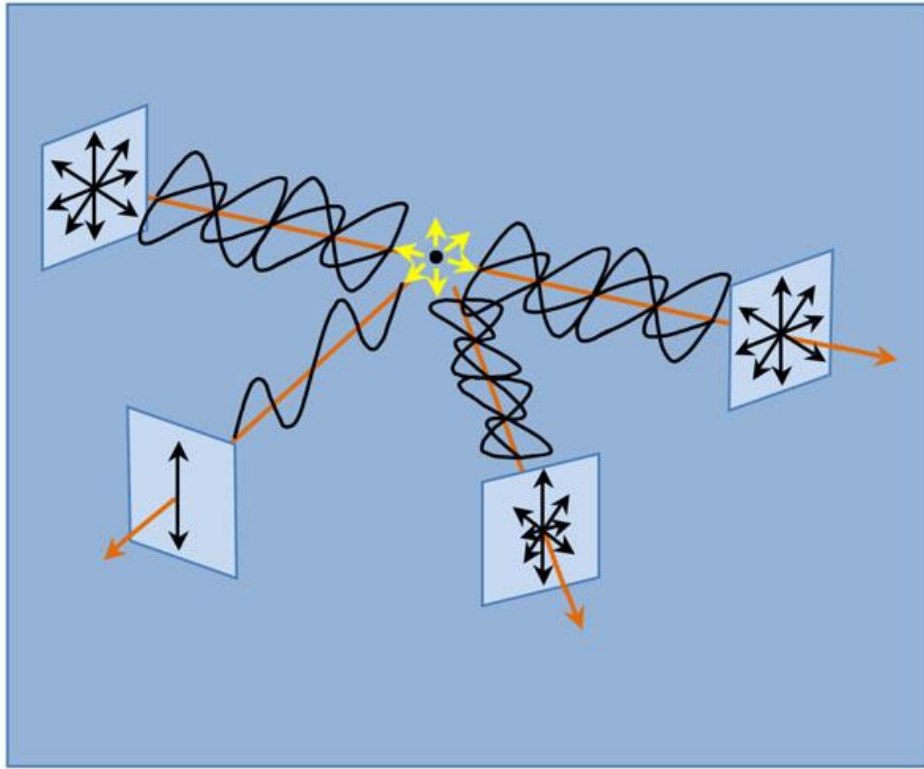
Şekil 2.13: Kırılmadan Polarizasyon

Kaynak: (<https://www.embibe.com/study/polarization-by-refraction-concept>)

2.11.1.4 Saçılma ile polarizasyon

Polarizasyon, bir ortamın içinden geçerken ışık saçıldığında da meydana gelir. Işık, bir malzemenin moleküllerine çarptığında, genellikle bu moleküllerin elektronlarını titreşime ayarlar. Titreşen elektronlar daha sonra her yönden dışa doğru yayılan kendi elektromanyetik dalgalarını üretirler. Bu yeni oluşturulan dalga, komşu atomlara çarparak elektronlarını aynı orijinal frekansta titreşime zorlar. Bu titreşen elektronlar, bir kez daha her yönden dışa doğru yayılan başka

bir elektromanyetik dalga üretir. Işık dalgalarının bu soğurulması ve yeniden yayılması, ışığın ortama dağılmasına neden olur, aynı süreç saçılma göklerimizde maviliğine katkıda bulunur. Bu dağınık ışık kısmen polarize edilmiştir. Işık atmosferimizden geçerken saçılarak kutuplaşma gözlemlenir. Dağınık ışık genellikle gökyüzünde parıltı oluşturur. Fotoğrafçılar, dağınık ışığın bu kısmi kutuplaşmasının, soluk bir gökyüzü ile karakterize edilen fotoğraflara yol açtığını biliyorlar. Sorun, bir Polaroid filtre kullanılarak kolayca düzeltilebilir. Filtre döndürüldükçe, kısmen polarize ışık engellenir ve parlama azalır. Güzel bir ön planın arka planı olarak canlı mavi bir gökyüzü yakalamanın fotoğrafik sırrı, polarizasyon fiziğinde ve Polaroid filtrelerde yatmaktadır.



Şekil 2.14: Saçılma ile polarizasyon

Kaynak: (<http://sites.sinauer.com/animalcommunication2e/chapter05.02.html>, 2011)

2.11.2 Polarizasyon uygulamaları

Polarizasyon, parlamayı azaltan güneş gözlüklerinde kullanımlarının yanı sıra çok sayıda başka uygulamaya da sahiptir. Endüstride Polaroid filtreler, şeffaf plastikler üzerinde stres analizi testleri yapmak için kullanılır. Işık bir plastikten geçerken, görünür ışığın her rengi kendi yönelimi ile polarize edilir. İki polarize

edici plaka arasına böyle bir plastik yerleştirilirse renkli bir desen ortaya çıkar. Üst plaka döndürüldüğünde, yeni renkler bloke edildikçe ve önceden bloke edilen renkler iletildikçe renk deseni değişir. Yaygın bir fizik gösterimi, iki Polaroid plaka arasına plastik bir iletkei yerleştirmeyi ve bunları bir tepegöz projektörünün üzerine yerleştirmeyi içerir. Plastikteki yapısal gerilmenin, çok sayıda renkli bantların olduğu yerlerde ifade edildiği bilinmektedir. Bu stres konumu, genellikle yapısal arızanın büyük olasılıkla meydana geleceği yerdir. Belki de yakın zamanda satın aldığınız CD'nin plastik kutusu üzerinde daha dikkatli bir gerilim analizi yapılmasını dilersiniz. Polarizasyon, eğlence endüstrisinde 3 boyutlu filmler üretmek ve göstermek için de kullanılır. Üç boyutlu filmler aslında iki projektörle aynı anda gösterilen iki filmidir. İki film, iki biraz farklı kamera konumundan çekildi. Her bir film daha sonra izleyicinin farklı taraflarından metal bir ekrana yansıtılır. Filmler bir polarize filtre ile yansıtılır. Soldaki projektör için kullanılan polarizasyon filtresinin polarizasyon eksenini yatay olarak hizalanmış olabilirken, sağdaki projektör için kullanılan polarizasyon filtresinin polarizasyon eksenini dikey olarak hizalanmış olabilir. Sonuç olarak, bir ekrana yansıtılan biraz farklı iki film vardır. Her bir film, diğer filme dik bir yönelimle polarize edilmiş ışıkla oluşturulur. Seyirci daha sonra iki Polaroid filtresi olan gözlükler takar. Her filtrenin farklı bir polarizasyon eksenini vardır - biri yatay, diğeri dikeydir. Bu projektör ve filtre düzenlemesinin sonucu, sol gözün sağ projektörden yansıtılan filmi görmesi, sağ gözün ise sol projektörden yansıtılan filmi görmesidir. Bu, izleyiciye bir derinlik algısı verir.



Şekil 2.15: Bir fotoğrafta polarize filtrenin gökyüzü üzerindeki etkileri

Kaynak:(<https://www.ripeinsurance.co.uk/photography/the-edit/how-to-use-a-polarising-filter/>)

2012 yılında 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği kanunu çıkartılarak kamu ve özel sektör birinden ayrılmaksızın tüm çalışma alanlarının risk değerlendirmesi ve bu çalışma alanlarında İSG açısından çalışma yapması zorunlu olduğu belirtilmiştir. Bu kanunda sağlıklı ve güvenli çalışma ortamlarının oluşturulması, koşulların iyileştirilmesi ana hedef olarak belirtilmiştir. Bu yasanın çıkması ile birlikte faaliyetler uygulanmaya başlanmıştır. Bu kanun ile işverenlerin çalışanlarının sağlık ve güvenliklerini korumakla yükümlü olduğu bu konularla ilgili planlama yaparak düzenlemeler yapma zorunluluğu getirilmiştir (Balkır, 2012: 80). Bu yasada tüm tarafların fikirleri alınarak mevcuttaki koşullara göre insan sağlığına zarar vermeyecek ve riske atmayacak şekilde düzenlenmiş olmasıdır (Korkut - Tetik, 2013: 464).

3. IŞIĞIN ÜRETİMİ

3.1 Işığın Üretimindeki Önemli Kişiler Ve Tarihçeleri

Devam etmeden önce, şimdiye kadar yasalarında adı geçen kişiler hakkında biraz daha bilgi edinelim.

Max Karl Ernest Ludwig Planck, enerji kuantumunu keşfetmesiyle fiziğin ilerlemesine verdiği hizmetlerden dolayı 1918'de Nobel Fizik Ödülü'nü kazanan enerji kuantumunu keşfeden bir Alman teorik fizikçiydi. 23 Nisan 1858'de Kiel Almanya'da doğdu ve 4 Ekim 1947'de Almanya'nın Göttingen kentinde öldü. "Bilim doğanın nihai gizemini çözemez. Bunun nedeni, son tahlilde bizler de çözmeye çalıştığımız gizemin bir parçasıyız."

Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Wien, 1893'te bir kara cismin emisyonunu hesaplayan Wien'in yer değiştirme yasasını çıkarmak için ısı ve elektromanyetizma hakkındaki teorileri kullanan bir Alman fizikçiydi. 13 Ocak 1864'te Primorsk, Kallıngrad Oblast, Rusya'da doğdu ve 30 Ağustos 1928'de Münih Almanya'da öldü. O da ısı radyasyonunu yöneten yasalarla ilgili keşiflerinden dolayı 1911'de Nobel Fizik Ödülü'ne layık görüldü.

Josef Stefan, Avusturya İmparatorluğu'nun etnik Karintili Sloven fizikçisi, matematikçisi ve şairiydi. 24 Mart 1835'te Avusturya'nın Klagenfurt kentinde doğdu ve 7 Ocak 1893'te Avusturya'nın Viyana kentinde öldü. Stefan, çoğu Viyana Bilimler Akademisi Bültenlerinde olmak üzere yaklaşık 80 bilimsel makale yayınladı. Siyah bir cisimden gelen toplam radyasyonun termodinamik sıcaklığı T'nin dördüncü kuvveti ile orantılı olduğunu belirten bir fiziksel güç yasası olan 1879'da Stefan'ın yasasını çıkarmasıyla tanınır:

$$J^* = \sigma T^4 \quad (4)$$

Bu yasayı Fransız fizikçiler **Dulong Ve Petit**'in ölçümlerinden aldı. Hem gelen radyasyon hem de kara cisim emisyonu her zaman eşit olduğu için, bu denklem, yüzeyi boyunca gelen radyasyona maruz kalan herhangi bir ideal cismin

sıcaklığı için eşit olarak geçerlidir. 1884'te yasa, Stefan'ın öğrencisi Ludwig Boltzmann tarafından gri cisim emisyonlarına uygulanacak şekilde genişletildi ve bu nedenle Stefan-Boltzmann yasası olarak bilinir. Boltzmann, bir ısı motoruna ışıkla çalışma meselesi olarak davrandı. Bu yasa, Sloven bir fizikçinin adını taşıyan tek doğa yasasıdır. Bugün yasa, Planck'ın kara cisim radyasyonu yasasından türetilmiştir:

$$j^* = \int_0^\infty \left(\frac{\partial j^*}{\partial \lambda} \right) d\lambda \quad (5)$$

Stefan yasasıyla, 5,430 °C (9,810 °F) olarak hesapladığı Güneş yüzeyinin sıcaklığını belirledi. Bu, Güneş'in sıcaklığı için ilk mantıklı değeri.

Ludwig Eduard Boltzmann, en büyük başarısı atomların özelliklerinin maddenin fiziksel özelliklerini nasıl belirlediğini açıklayan ve tahmin eden istatistiksel mekanik olan Avusturyalı bir fizikçi ve filozoftu. 20 Şubat 1844'te Avusturya'nın Viyana kentinde doğdu ve Joseph Stefan'ın öğrencisi oldu. Stefan-Boltzmann Yasasını formüle etmek için işbirliği yaptılar.

Gustav Robert Kirchhoff, elektrik devreleri, spektroskopi ve siyah cisim radyasyonunun ısıtılmış nesneler tarafından emisyonunun temel anlayışına katkıda bulunan bir Alman Fizikçiydi. 12 Mart 1824'te Almanya'nın Königsberg kentinde doğdu ve 17 Ekim 1887'de Almanya'nın Berlin kentinde öldü.

Niels Bohr, atomik yapı ve kuantum teorisinin anlaşılmasına temel katkılarda bulunan Danimarkalı bir fizikçiydi. Atomların yapısı ve onlardan yayılan radyasyonun araştırılmasındaki hizmetleri nedeniyle 1922'de Nobel Fizik Ödülü'ne layık görüldü. 7 Ekim 1885'te Danimarka'nın Kopenhag şehrinde doğdu ve 18 Kasım 1962'de Danimarka'nın Kopenhag kentinde Valby'de öldü.

3.2 Işığın Üretimi

Hepimiz ışığa aşinayız. Sabah güneş doğar ve gün boyunca harika güneş ışığına sahip oluruz. Sonra gün kapanırken güneş batar ve kısa bir süre içinde ışık kaybolur.

Bir düğmeye dokunarak ışığa sahip olabilmeye eşit derecede aşinayız, ancak herhangi birimiz ne sıklıkla yapay ışığın nasıl yaratıldığını düşünürüz. Elbette

hepimiz bunun aydınlatma tertibatındaki ışık kaynağının türüne bağlı olacağını biliriz.

Enerjinin ışığa dönüşme şekline göre ışığın üretilmesinin birkaç yolu vardır. İki ana yol:

A. Termal radyasyon.

B. Termal olmayan ışıldama.

Fakat; Işığın nasıl üretildiğine dair hiçbir çalışma, ışığın üretildiği diğer çeşitli yollara bakmadan tamamlanmış sayılmaz.

Işık bir yerden gelmeli, değil mi? Sadece ortaya çıkmaz.

Işığın üretilmesinin birkaç yolu vardır. Işık üreten maddelere ışıklı denir. Üretmeyen maddelere ışıksız denir. Şimdi ışığın üretildiği yollardan bazıları şunlardır:

3.2.1 Akkorluk

Metal, fırın gibi bir ısı kaynağına yerleştirildiğinde bir süre sonra kırmızıdan turuncuya, sarıya, beyaza ve sonunda maviye dönmeye başlar. Bu renkler ısınma derecesine göre üretilir ve parıltı, ısınmanın görünür sonucudur ve biz buna ışık diyoruz. Işık bu şekilde üretildiğinde buna akkor ışık denir.

Akkor lambaya ayrıca "Siyah Gövde Radyatörü" diyoruz. Kısaca, "siyah" tungsten filaman, elektrik uygulamasıyla ısıtıldıkça parlar ve ışığı "yayar". İlginç olan şu ki; Hepimiz akkor ampulün ısıtıldığında tüketilen enerjiden % 17 -20 ışık ürettiğini ve yaklaşık % 80 - 83 ısı ürettiğini biliyoruz. Işık, filamentin ısıtılmasının ana ürünü mü yoksa yan ürünü mü?

Özetlemek gerekirse, parıltı biraz ışık ve çok fazla ısı üretir. Işık üretmeyen tüketilen enerji, ısı şeklinde kaybolur. Bu kayıp "Stokes Shift" olarak bilinir.



Şekil 3.1: Akkor lamba örneği

Kaynak: (<https://www.wsj.com/articles/long-live-the-incandescent-bulb-11567810793>, 2019)

Sıcaklıkta 1000 derece K'ne veya daha yüksek bir sıcaklığa ısıtılan sıvılar veya katılar ışık yayar. K, santigrat ölçeğinin mutlak versiyonu olan Kelvin için kısaltıdır. Su 373 K'de kaynar, bu nedenle 1000 K çok sıcaktır! Tungsten filamanlı ampul, yeryüzündeki en yaygın insan yapımı ışık kaynağıdır, yaklaşık 2854 K'de parlar. Güneş, yüzeyi yaklaşık 5800 K olan doğal bir akkor kaynağıdır.

3.2.2 Elektrik boşalması

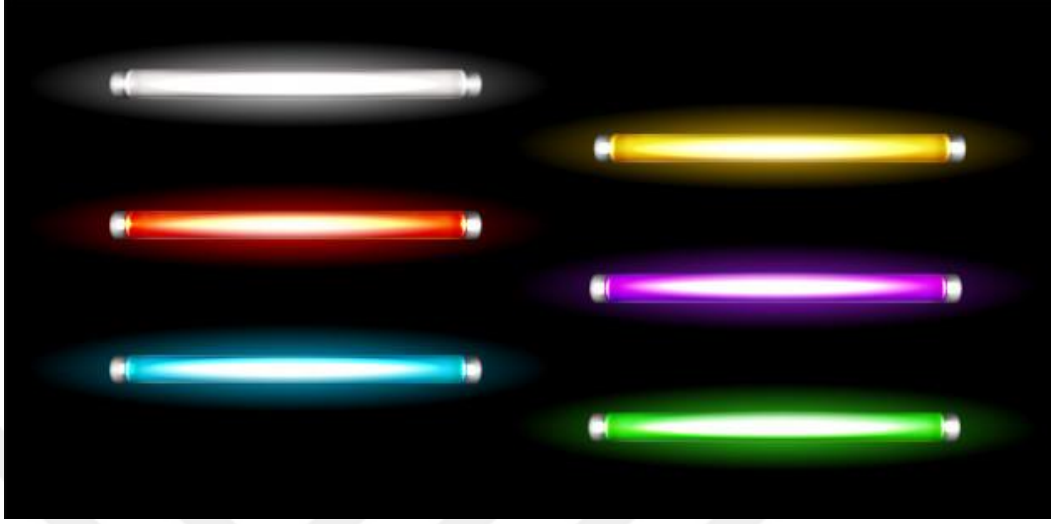
Elektrik hızla serbest bırakıldığında ışık oluşturulabilir. Buna elektrik boşalması denir.

Hepimiz mutlaka görmüşüzdür.. Bunu doğada, özellikle fırtına sırasında sık sık görmüşsünüzdür. Hayret edilecek ama saygı duyulacak bir şey. Dünyada birçok insanı öldürdüğü ve hem insan yapımı yapıları hem de doğal ortamı tahrip ettiği biliniyor. Yani, yıldırım elektrik boşalmasına güzel bir örnektir..

Yıllar içinde bazı zeki adamlar, doğada yıldırımla meydana gelen ilkeyi kullanarak elektrik deşarj lambalarının ilkinin icat eden ışık kaynaklarını icat ettiler.

Bir deşarj lambasının bir örneği, hepinizin bir zamanlar gördüğünüzden emin olduğum neon ışıklarıdır. Bir gazın içinden elektrik akımı geçirilir, bu durumda gaz neon olur, parlaklık üretir. Farklı gazlar farklı renkler üretir; neon kırmızıdır,

argon mordur. Neon ışıklar tüm dünyada tabela için kullanılmaktadır. Fakat LED'in esneklik avantajları dolayısıyla, neonun da kırılma gibi büyük bir dezavantajı, neonun yerini hızla LED'e bırakmasına sebep olmaktadır.

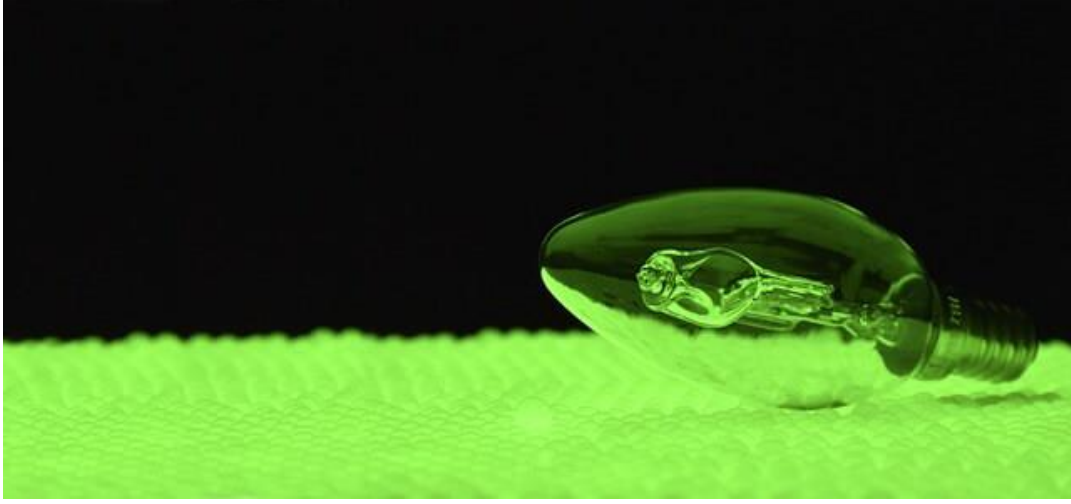


Şekil 3.2: Neon lamba örneği

Kaynak: (https://www.freepik.com/premium-vector/neon-lamp-white-yellow_3723233.htm)

3.2.3 Fosforesans

Fosforlar, enerjiyi emen ve ışığı yeniden yayan maddelerdir. Saat, elektrik anahtarı, acil çıkış tabelaları, iş güvenlik elbiseleri, oyuncak, dekorasyon vb. gibi, yerlerde çokça kullanılan fosforesans, "karanlıkta parlayan" adını muhtemelen duymuşsunuzdur. Örnek malzemeler, ışığa maruz kaldığında, ultraviyole ışığı emen özel bir madde olan fosforla kaplanmıştır. Bu ışığı hemen bırakmazlar, aksine karanlık olana kadar belli bir süre ona tutunurlar. Ürün karanlıkta olduğunda ise, absorbe edilecek UV ışınlarının olmadığı yerlerde, depolanan enerjiyi ışık şeklinde verirler. Yaygın bir floresan tüpün fosfor kaplaması, tüp içinde salınan enerji tarafından uyarıldığında görünür ışık yayar. Tüplerin elektrotları arasındaki bir elektrik arkı, fosforu uyararak parlamasına neden olan ultraviyole ışık oluşturur.

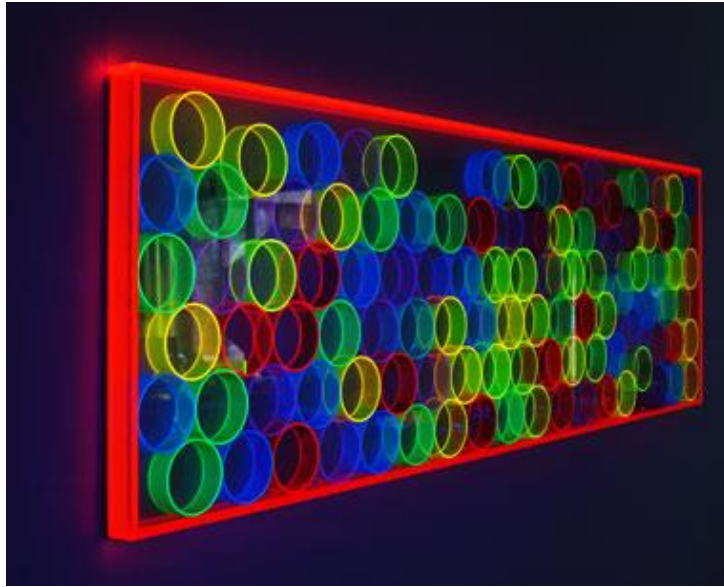


Şekil 3.3: Fosferesans örneği

Kaynak: (<https://www.nkfu.com/fosforesans-nedir-nasil-bir-surectir-ozellikleri-nelerdir/>, 2020)

3.2.4 Floresans

Floresan ışık, fosforlu ışığa çok benzer, ancak fark, absorbe edilen ultraviyole ışığını hemen salmalarıdır. Bu ilke, fosforlu kalemler ve çamaşır deterjanları gibi nesneleri beyazlattığı veya parlattığı iddia edilen ürünlerde kullanılır.

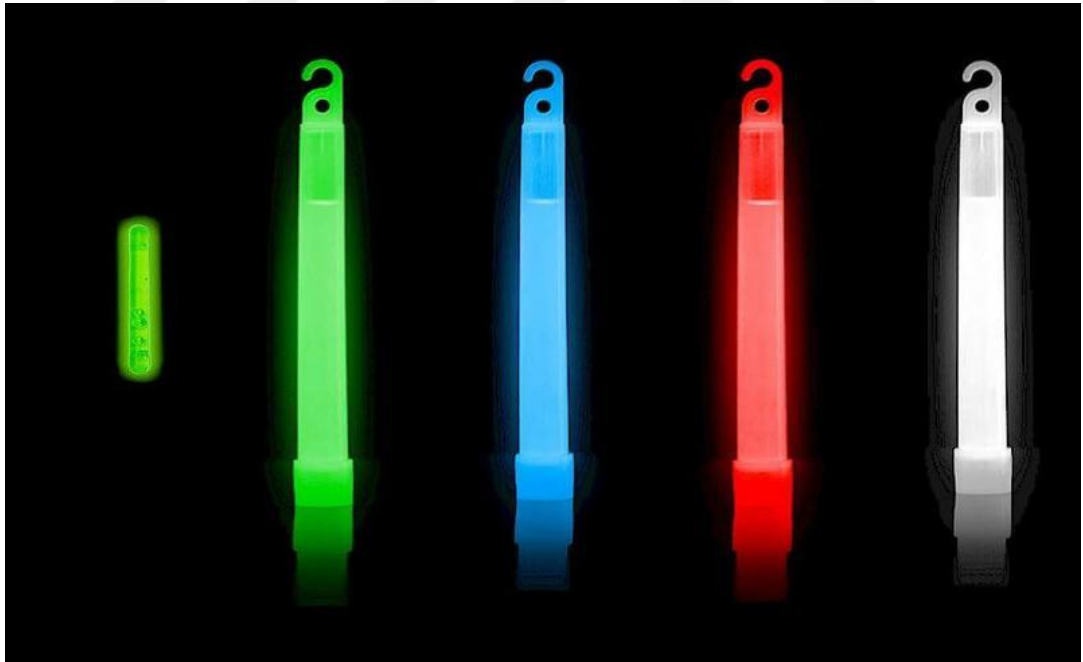


Şekil 3.4: Floresans örneği

Kaynak: (<http://technoetc.net/blog/2010/01/21/its-all-about-content/>, 2010)

3.2.5 Kemilüminesans

Bu tür ışığa "soğuk ışık" da denir çünkü ısı üretmeyen, yalnızca ışık üreten bir kimyasal reaksiyonun yan ürünüdür. Bunun kullanıldığı tipik bir örnek, her cankurtaranın ekipman listesinin bir parçasını oluşturan acil durum ışıklarıdır. Gece ışık sağlamak ve dikkat çekmek için kullanılabilirler. "Cyalume" olarak da bilinen ışık çubuğu, 1969'da Michael M Rauhut ve Laszlo J bollyky tarafından icat edildi. Parlayan ışık çubukları, iki kimyasal karıştırıldığında ışık yayar. Dış boru, bir boya, bir baz katalizör ve difenil oksalat içeren hafif esnek bir plastik tüptür. Plastik tüpün içinde hidrojen peroksit içeren küçük bir cam şişe bulunur. Işık çubuğuna ihtiyaç duyulduğunda, kullanıcı sadece plastik tüpü bükerek dahili cam şişenin kırılmasına neden olur. Hidrojen peroksit plastik tüpün içeriğine salındıktan ve ışık yayıldıktan sonra kimyasal bir reaksiyon gerçekleşir. Etkinleştirildikten sonra kapatılamaz. Ancak, aktif ışık çubuğu tekrar ihtiyaç duyulana kadar dondurucuda dondurulabilir. Dondurucudan çıkarıldığında ve çözöldükten sonra tekrar ışık verecektir. Benzer şekilde, tüpü ısıtırsanız daha parlak ışık yayar. Fakat kısa süre ışık yayarlar.



Şekil 3.5: Kemilüminesans örneği

Kaynak: (<https://fishermansheadquarters.com/cyalume-premium-chemical-luminescent-glow-light-sticks/>, 2020)

3.2.6 Biyolüminesans

Biyolüminesans, canlı organizmalarda (ateş böcekleri ve belirli balık türleri gibi) meydana gelen oldukça basit bir kimyasal ışıldamadır.



Şekil 3.6: Ateşböceği

Kaynak: (<https://www.lokmanbas.net/merak-edilenler/ates-bocekleri-nasil-isik-yayar>, 2020)

3.2.7 Tribolüminesans

Belirli kristal türleri birbirine sürüldüğünde, ezildiğinde veya çizildiğinde ortaya çıkan nadir bir ışık biçimi. Jeoloji ders kitaplarında "bir malzeme sürtünmeye, darbeye veya kırılmaya maruz kaldığında üretilen bir ışık parlaması" olarak tanımlanır. Aynı zamanda fractoluminescence olarak da bilinir.

Tribolüminesansı gözlemlemenin çok kolay bir yolu, biraz kuvvetle kolayca tutup sürtünecek kadar büyük iki sütlü kuvars çakıl taşı elde etmektir. Onları karanlık bir odaya götürün ve gözünüzün karanlığa alışması için karanlıkta birkaç dakika bekletin. Tamamen karanlığa ihtiyacınız yok ama ne kadar az ışık olursa o kadar iyidir.

Sol elinizde bir parça kuvars, diğer parçayı sağ elinizde tutun. Bir parça kuvarsın bir kenarını diğerine sıkıca bastırın ve sıkı bir baskı uygularken, büyük bir kibriti vurmak için kullanacağınıza benzer bir hareketle yüzey boyunca hızlıca sürükleyin. Bir çakıl taşını diğerinin yüzeyinde hızla sürüklerken sıkı bir baskı uygulayın. Bunu doğru bir şekilde yaparsanız ve tribolüminesan olan

kuvars parçalarınız varsa, yarı saydam kuvarsın derinliklerine nüfuz eden kısa bir ışık parlaması göreceksiniz.



Şekil 3.7: Triboluminesans örneği

Kaynak: (<https://www.sciencesource.com/archive/Triboluminescence-SS2376372.html>, 2020)

3.3 Termal Radyasyon

Termal radyasyon, maddede yüklü parçacıkların termal hareketi ile üretilen elektromanyetik radyasyondur. Mutlak sıfırdan büyük bir sıcaklığa sahip tüm maddeler termal radyasyon yayar. İşleyiş şekli - mutlak sıfırın üzerinde bir sıcaklığa sahip cisimler, değişen kinetik enerjilere sahip atomlara veya moleküllere sahip olduğunda (kinetik enerjinin tanımı, bir cismin hareket halinde olması nedeniyle sahip olduğu enerjidir) ve bu değişiklikler, yük ivmesi ile sonuçlanır ve / veya atomları oluşturan yüklerin çift kutuplu salınımı. Yüklerin bu hareketi olağan şekilde elektromanyetik radyasyon üretir. Bu radyasyonun yan spektrumu, tek bir sıcaklıkta bile herhangi bir madde parçasındaki yüklerin geniş enerji spektrumunu ve hızlanmalarını yansıtır.

Termal radyasyonun örnekleri, bir akkor ampul tarafından yayılan görünür ışık ve kızılötesi ışığı, bir kızılötesi kamera ile tespit edilebilen, hem hayvanlar hem de insanlar tarafından yayılan kızılötesi radyasyonu ve kozmik mikrodalga arka plan radyasyonunu içerir. Termal radyasyon, termal konveksiyon ve termal iletimden farklıdır - öfkeli bir şenlik ateşinin yanındaki bir kişi, çevredeki hava çok soğuk olsa bile, ateşten radyan ısınma hisseder.

Güneş ışığı, Güneş'in sıcak plazması tarafından üretilen termal radyasyondur. Dünya ayrıca termal radyasyon yayar, ancak daha soğuk olduğu için çok daha düşük yoğunlukta ve farklı spektral dağılımda (görünürden ziyade kızılötesi). Dünyanın güneş radyasyonunu emmesi ve ardından giden termal radyasyon, Dünya'nın sıcaklığını ve iklimini belirleyen en önemli iki süreçtir.

Radyasyon yayan bir nesne termodinamik dengede siyah bir cismin fiziksel özelliklerini karşılıyorsa radyasyona kara cisim radyasyonu denir. Planck yasası, belirli bir T sıcaklığında termal dengede siyah bir cisim tarafından yayılan elektromanyetik radyasyonun spektral yoğunluğunu tanımlar. Yasa, adını 1900'de öneren Max Planck'tan almıştır. Bu, modern fiziğin ve kuantum teorisinin öncü bir sonucudur. Wien'in yer değiştirme yasası, farklı sıcaklıklar için siyah cisim radyasyon eğrisinin, sıcaklıkla ters orantılı bir dalga boyunda pik yaptığını belirtir ve Stefan-Boltzmann yasası, bir yüzeyden yayılan toplam radyant ısı enerjisinin mutlak sıcaklığının dördüncü kuvveti ile orantılıdır. .

Termal radyasyon, ısı transferinin temel mekanizmalarından biridir.

Yunanca ısı kelimesinden termo isminden de anlaşılabacağı gibi, türetilen ısı ile üretilir. Bundan sonra, kullanılan malzemenin oldukça yüksek bir sıcaklığa ısıtılması gerekir ve ardından yayılan ışığın miktarı ve rengi de sıcaklığa bağlı olacaktır. Işığınkinden daha uzun bir dalga boyunda orta sıcaklıkta enerji yayan bir vücut, parlamayacağı için ışık yaymaz. Ne demek istediğimi gösteren bir örnek, ev tipi çamaşır ütüsüdür.

Akkor lambda olması durumunda, sıcaklık daha da arttırılırsa, dalga boyları yaklaşık 500 ° C'ye ulaşana kadar kademeli olarak kısalır ve karanlıkta parlamaya başlar. Sıcaklık yaklaşık 1000 ° C'ye yükseltirse, turuncu ve sarı ışığa karşılık gelen dalga boyları artı kırmızı ve kızıl ötesi dalga boyları yayılır ve parlak turuncu-kırmızı bir ışık yayar. Yaklaşık 1500 ° C'ye yükselen sıcaklık, spektrumun renklerinin çoğunu yaydığı için vücudun "beyaz sıcak" görünmesine neden olur, ancak kırmızıdan sarıya dalga boyları yaklaşık 2000 ° C'ye ulaşana kadar baskın olacaktır.

3.3.1 Genel bakış

Termal radyasyon, mutlak sıfırdan büyük bir sıcaklığa sahip tüm maddelerden elektromanyetik dalgaların yayılmasıdır. Termal enerjinin elektromanyetik

enerjiye dönüşümünü temsil eder. Termal enerji, maddedeki atomların ve moleküllerin rastgele hareketlerinde kinetik enerji ile sonuçlanır. Tanımı gereği sıcaklığı olan tüm maddeler kinetik enerjiye sahip ve birbirleriyle etkileşime giren parçacıklardan oluşur. Bu atomlar ve moleküller, yüklü parçacıklardan, yani protonlardan ve elektronlardan oluşur ve madde parçacıkları arasındaki kinetik etkileşimler, yük-hızlanma ve dipolekolasyon ile sonuçlanır. Bu, bağlı elektrik ve manyetik alanların elektrodinamik olarak üretilmesiyle sonuçlanır, bu da fotonların yayılmasına, enerjinin vücuttan uzağa yüzey sınırı boyunca yayılmasına neden olur. Elektromanyetik radyasyon veya ışık, maddenin varlığına ihtiyaç duymaz ve engellenmezse uzay boşluğunda sonsuz uzağa gider.

Termal radyasyonun özellikleri, Kirchhoff yasası ile ifade edildiği gibi, sıcaklığı, spektral absorptivitesi ve spektral emisyon gücü dahil olmak üzere yaydığı yüzeyin çeşitli özelliklerine bağlıdır. Radyasyon monokromatik değildir, yani sadece tek bir frekanstan oluşmaz, ancak karakteristik spektrumu olan foton enerjilerinin sürekli bir dağılımını içerir. Yayılan cisim ve yüzeyi termodinamik dengede ise ve yüzey tüm dalga boylarında mükemmel soğurganlığa sahipse, siyah cisim olarak karakterize edilir. Siyah bir cisim aynı zamanda mükemmel bir yayıcıdır. Böylesine mükemmel yayıcıların radyasyonuna kara cisim radyasyonu denir. Herhangi bir cismin emisyonunun siyah cisme göre oranı, cismin emisyonudur, böylece siyah cisim bir birlik yayma gücüne sahiptir (birliğin tanımı matematikte bir numaradır).

Tüm cisimlerin soğurma, yansıtma ve yayma gücü, radyasyonun dalga boyuna bağlıdır. Sıcaklık, elektromanyetik radyasyonun dalga boyu dağılımını belirler. Örneğin, görünür ışığa oldukça yansıyan (yaklaşık 0.90 yansıtma) taze kar, yaklaşık 0.5 mikrometrelik tepe dalga boyuna sahip güneş ışığını yansıtması nedeniyle beyaz görünür. Bununla birlikte, yaklaşık -5 °C'lık bir sıcaklıkta, yaklaşık 12 mikrometrelik tepe dalga boyunda yayıcılığı 0.99'dur.

Siyah bir cismin değişen frekanslarda yaydığı gücün dağılımı Planck yasası ile açıklanmıştır. Herhangi bir sıcaklıkta, yayılan gücün maksimum olduğu bir frekans f_{max} vardır. Wien'in yer değiştirme yasası ve ışığın frekansının boşluktaki dalga boyuyla ters orantılı olması, tepe frekansının f_{max} 'ın siyah cismin mutlak sıcaklığı T ile orantılı olduğu anlamına gelir. Yaklaşık 6000 K

sıcaklıktaki Güneş fotosferi, esas olarak elektromanyetik spektrumun (insan tarafından görülebilen) kısmında radyasyon yayar. Dünya'nın atmosferi kısmen görünür ışığa karşı şeffaftır ve yüzeye ulaşan ışık emilir veya yansıtılır. Dünya'nın yüzeyi emilen radyasyonu yayar ve f_{max} 'ta spektral tepe ile 300K'de siyah bir cismin davranışına yaklaşır. Bu düşük frekanslarda, atmosfer büyük ölçüde opaktır ve Dünya yüzeyinden gelen radyasyon atmosfer tarafından emilir veya saçılır. Bir miktar radyasyon uzaya kaçsa da çoğu emilir ve ardından atmosferik gazlar tarafından yeniden yayılır. Gezegenel sera etkisinden sorumlu olan, genel olarak küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine katkıda bulunan (aynı zamanda atmosferin bileşimi ve özellikleri değişmediğinde iklim istikrarına kritik bir şekilde katkıda bulunan) atmosferin bu spektral seçiciliğidir.

Yaygın ev tipi akkor ampul, güneş ve dünyanın kara cisim spektrumlarıyla örtüşen bir spektruma sahiptir. 3000 K'da bir tungsten ampul filamenti tarafından yayılan fotonların bir kısmı görünür spektrumdadır. Bununla birlikte, enerjinin çoğu, daha uzun dalga boylarına sahip fotonlarla ilişkilidir; bunlar bir kişinin görmesine yardımcı olmamakla birlikte, bir ev tipi akkor ampulü gözlemleyerek ampirik olarak çıkarılabileceği gibi, ısıyı yine de çevreye aktarır. EM (elektromanyetik) radyasyon yayıldığında ve sonra emildiğinde, ısı aktarılır. Bu prensip mikrodalga fırınlarda, lazer kesimde ve RF epilasyonda kullanılır.

Isı transferinin iletken ve konvektif formlarının aksine, termal radyasyon, yansıtıcı aynalar kullanılarak küçük bir noktada yoğunlaştırılabilir. Konsantre güneş enerjisi bu durumdan yararlanır. Bu tür birçok sistemde, güneş ışığını daha küçük bir alana yoğunlaştırmak için aynalar kullanılır. Aynalar yerine Fresnel lensler, ısı akışını yoğunlaştırmak için de kullanılabilir. (Prensipte, her türlü lens kullanılabilir, ancak yalnızca Fresnel lens tasarımı çok büyük lensler için pratiktir.) Her iki yöntem de güneş ışığını kullanarak suyu hızlı bir şekilde buhar haline getirmek için kullanılabilir. Örneğin aynalardan yansıyan güneş ışığı, PS10 Güneş Enerjisi Santrali'ni ısıtır.

3.3.2 Yüzey efektleri

Daha açık renkler ve ayrıca beyazlar ve metalik maddeler daha az aydınlatıcı ışığı emer ve dolayısıyla daha az ısınır; ancak aksi takdirde renk, günlük sıcaklıklarda bir nesne ile çevresi arasındaki ısı transferinde küçük bir fark yaratır, çünkü yayılan baskın dalga boyları görünür spektruma yakın değil, daha çok uzak kızılötesinde. Bu dalga boylarındaki salımların görsel salımlarla (görünür renkler) pek ilgisi yoktur; uzak kızıl ötede, çoğu nesnenin yüksek emisyonları vardır. Bu nedenle, güneş ışığı dışında, giysinin rengi sıcaklık açısından çok az fark yaratır; aynı şekilde evlerin boya rengi, boyalı kısmın güneşli olduğu zamanlar dışında sıcaklıktan çok az fark yaratır. Örnek olarak; siyah bir arabanın beyaz bir arabaya kıyasla ne kadar sıcak olduğunu söyleyebiliriz.

Bunun ana istisnası, hem görünür dalga boylarında hem de uzak kızılötesinde düşük emisyonu sahip parlak metal yüzeylerdir. Bu tür yüzeyler, her iki yönde ısı transferini azaltmak için kullanılabilir; uzay aracını izole etmek için kullanılan çok katmanlı yalıtım buna bir örnektir.

Evlerdeki düşük emisyonlu pencereler, görünür ışığa karşı şeffaf kalırken termal dalga boylarında düşük emisyonu sahip olmaları gerektiğinden daha karmaşık bir teknolojidir.

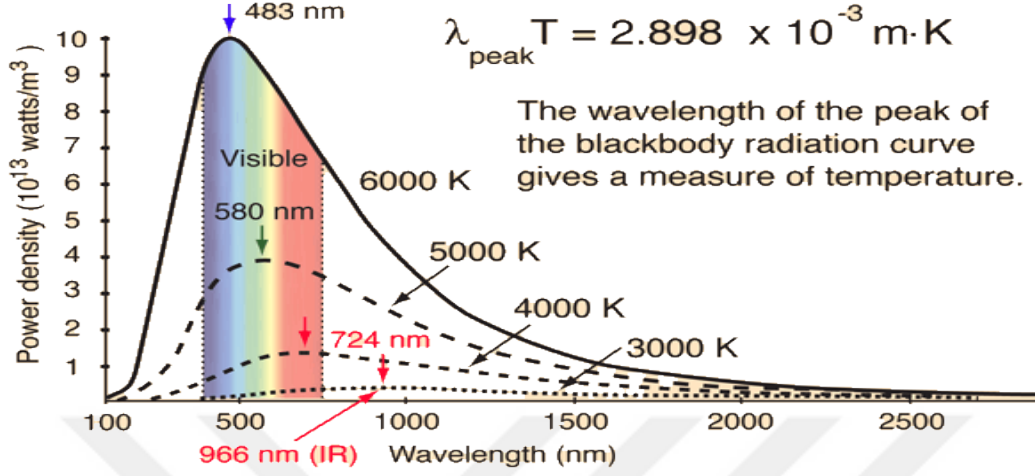
3.3.3 Özellikler

Termal radyasyonu karakterize eden dört ana özellik vardır (uzak alan sınırında):

Bir vücut tarafından herhangi bir sıcaklıkta yayılan termal radyasyon, çok çeşitli frekanslardan oluşur. Frekans dağılımı, idealize edilmiş bir yayıcı için Planck'ın kara cisim radyasyonu yasasıyla verilir.

Yayılan radyasyonun baskın frekans (veya renk) aralığı, yayıcının sıcaklığı arttıkça daha yüksek frekanslara kayar. Örneğin, kırmızı sıcak bir nesne, görünür bandın esas olarak uzun dalga boylarında (kırmızı ve turuncu) yayılır. Daha fazla ısıtılırsa, fark edilebilir miktarda yeşil ve mavi ışık yaymaya başlar ve tüm görünür aralıktaki frekansların yayılması, insan gözüne beyaz görünmesine neden olur; beyaz sıcak. Bununla birlikte, 2000 K'lık beyaz-sıcak

bir sıcaklıkta bile, radyasyonun enerjisinin % 99'u hala kızılötesindedir. Bu, Wien'in yer değiştirme yasası tarafından belirlenir. Diyagramda her eğri için tepe değeri sıcaklık arttıkça sola hareket eder.



Şekil 3.8: Wien Yasasına uygun siyah cisim radyasyonu grafiği

Kaynak: (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/wien.html>, 2020)

Tüm frekansların toplam radyasyon miktarı, sıcaklık yükseldikçe aniden artar; T^4 olarak büyür, burada T vücudun mutlak sıcaklığıdır. Mutlak sıcaklık ölçeğine göre oda sıcaklığının yaklaşık iki katı olan bir mutfak fırını sıcaklığındaki bir nesne (600 K'ya karşı 300 K), birim alan başına 16 kat daha fazla güç yayar. Akkor bir ampuldeki filaman sıcaklığındaki bir nesne kabaca 3000 K veya oda sıcaklığının 10 katı - birim alan başına 10.000 kat daha fazla enerji yayar. Siyah bir cismin toplam ışıma yoğunluğu, Stefan-Boltzmann yasasıyla ifade edildiği gibi, mutlak sıcaklığın dördüncü kuvveti olarak yükselir. Grafikte, her eğrinin altındaki alan sıcaklık arttıkça hızla büyür.

Belirli bir frekansta yayılan elektromanyetik radyasyon oranı, kaynak tarafından deneyimleyeceği soğurma miktarı ile orantılıdır. Böylece, daha fazla kırmızı ışığı emen bir yüzey termal olarak daha fazla kırmızı ışık yayar. Bu ilke, dalga boyu (renk), yön, polarizasyon ve hatta tutarlılık dahil olmak üzere dalganın tüm özellikleri için geçerlidir, böylece polarize, tutarlı ve yönlü termal radyasyona sahip olmak oldukça mümkündür, ancak polarize ve tutarlı formlar oldukça kaynaklardan uzakta doğada nadirdir (dalga boyu açısından). Bu yeterlilik hakkında daha fazla bilgi için aşağıdaki bölüme bakın.

3.3.4 Yakın Alan Ve Uzak Alan

Yukarıdaki genel özellikler, dikkate alınan mesafeler spektruma katkıda bulunan dalga boylarından çok daha büyükse geçerlidir (en önemlisi 300 K'da 8 25 mikrometreden). Aslında, yukarıda tartışıldığı gibi termal radyasyon sadece yayılan dalgaları (uzak alan veya elektromanyetik radyasyon) hesaba katar. Termal kaynaktan veya yüzeyden (yakın alan termal radyasyonu) daha küçük mesafeler için elektromanyetik teoriyi içeren daha sofistike bir çerçeve kullanılmalıdır. Örneğin, birden fazla dalga boyuna sahip yüzeylerden mesafelerde uzak alan termal radyasyonu genellikle herhangi bir dereceye kadar uyumlu olmasa da, yakın alan termal radyasyonu (yani, çeşitli radyasyon dalga boylarının bir kısmının mesafelerindeki radyasyon) bir derece sergileyebilir. Hem zamansal hem de mekansal tutarlılık gösterir.

Termal radyasyon, ısı transferinin temel mekanizmalarından biridir. Bir nesnenin sıcaklığından dolayı bir elektromanyetik radyasyon spektrumunun yayılmasını gerektirir. Diğer mekanizmalar konveksiyon ve iletimdir. Enerji değişiminin termal radyasyonla etkileşimi aşağıdaki denklem ile karakterize edilir:

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (2)$$

Burada α , spektral soğurma bileşenini, ρ , spektral yansıma bileşenini ve τ , spektral iletim bileşenini temsil eder. Bu elemanlar, elektromanyetik radyasyonun dalga boyunun (λ) bir fonksiyonudur.

Spektral absorpsiyon, emisiviteye ϵ eşittir; bu ilişki Kirchhoff'un termal radyasyon yasası olarak bilinir ve dalga boyuna özgü radyatif emisyon ve radyatif değişim dengesi de dahil olmak üzere termodinamik dengede bir malzeme gövdesi tarafından absorpsiyon için bunu belirtir. T sıcaklığındaki bir cisim elektromanyetik enerji yayar. Aşağıdaki formül tüm frekanslar için geçerliyse bir nesneye siyah cisim denir:

$$\alpha = \epsilon = 1 \quad (3)$$

Pratik bir durumda ve oda sıcaklığı ortamında, insanlar termal radyasyon nedeniyle önemli miktarda enerji kaybederler. Bununla birlikte, kızılötesi ışık yayarak kaybedilen enerji, çevredeki nesnelerden gelen iletim nedeniyle ısı akışını emerek kısmen geri kazanılır ve geri kalanı metabolizma yoluyla üretilen

ısıdan kaynaklanır. İnsan derisi 1.0'a çok yakın bir emisiviteye sahiptir. Yüzey alanı kabaca 2 metrekare ve sıcaklığı yaklaşık 307 K olan bir insan olan formüllerin kullanılması, sürekli olarak yaklaşık 1000 watt yayar. Bununla birlikte, insanlar iç mekandaysa, 296 K'de yüzeylerle çevrelenmişse, duvardan, tavandan ve diğer çevrelerden yaklaşık 900 watt geri alırlar, bu nedenle net kayıp sadece yaklaşık 100 watt'tır. Bu ısı transferi tahminleri büyük ölçüde dışsal değişkenlere bağlıdır, örneğin giysi giymek, yani toplam termal devre iletkenliğini azaltmak, dolayısıyla toplam çıktı ısı akısını düşürmek. Stefan-Boltzmann yasası aracılığıyla yalnızca gerçek gri sistemler (göreceli eşdeğer emisivite / absorptivite ve tüm kontrol hacmi gövdelerinde hiçbir yönlü iletim bağımlılığı yoktur), Stefan-Boltzmann yasası aracılığıyla makul sabit durum ısı akısı tahminlerine ulaşabilir. Bu "ideal olarak hesaplanabilir" durumla karşılaşmak neredeyse imkansızdır (her ne kadar ortak mühendislik prosedürleri bu bilinmeyen değişkenlerin bağımlılığını bıraksa da ve durumun böyle olduğunu "varsayar"). Stefan Boltzmann çözümlerinden çoğu sapma çok küçük olduğu için (özellikle STP laboratuvarı kontrollü ortamların çoğunda) bu "gri" yaklaşımlar sizi gerçek çözümlere yaklaştıracaktır.

Nesneler beyaz görünüyorsa (görsel spektrumda yansıtıcı), termal kızılötesinde eşit derecede yansıtıcı (ve dolayısıyla yayıcı değil) olmaları gerekmez; Örneğin, çoğu ev tipi radyatör, iyi termal radyatör olmaları gerekmesine rağmen beyaza boyanmıştır. Akrilik ve üretan bazlı beyaz boyalar, oda sıcaklığında% 93 kara cisim radyasyon verimliliğine sahiptir ("siyah gövde" terimi her zaman bir nesnenin görsel olarak algılanan rengine karşılık gelmez). "Siyah renk = yüksek emisivite / absorptivite" uyarısını takip etmeyen bu malzemeler, büyük olasılıkla fonksiyonel spektral emisyon / absorptivite bağımlılığına sahip olacaktır.

Bir 'boşluk' veya 'çevre' dahil olmak üzere nesne grupları arasındaki ışınlama ısı transferinin hesaplanması, Radyasyon yöntemi kullanılarak bir dizi eşzamanlı denklemin çözümünü gerektirir. Bu hesaplamalarda, problemin geometrik konfigürasyonu, başka bir spesifik yüzeye çarpan herhangi bir yüzeyden çıkan radyasyon oranını veren, görüş faktörleri adı verilen bir dizi sayıya damıtılır. Bu hesaplamalar güneş ısı enerjisi, kazan ve fırın tasarımı ve ışın izlemeli bilgisayar grafikleri alanlarında önemlidir.

Güneşten enerji çekilirken seçici bir yüzey kullanılabilir. Örneğin bir sera yapıldığında, çatı ve duvarların çoğu camdan yapılır. Cam, görünürde (yaklaşık $0,4 \mu\text{m} < \lambda < 0,8 \mu\text{m}$) ve yakın kızılötesi dalga boylarında saydamdır, ancak opak ila orta ila uzak dalga boyu kızılötesi (yaklaşık $\lambda > 3 \mu\text{m}$) arasındadır. Bu nedenle cam, görünür aralıkta radyasyona izin vererek, içini görebilmemize izin verir, ancak oda sıcaklığında veya buna yakın nesnelerden yayılan radyasyonu dışarıya bırakmaz. Bu, hissettiklerimizi ısı olarak hapseder. Bu sera etkisi olarak bilinir ve güneşin altında oturan bir arabaya binerek gözlemlenebilir. Güneş kolektörlerinde seçici yüzeyler de kullanılabilir. Güneş radyasyonu ile ısıtılan bir plakanın denge sıcaklığına bakarak seçici bir yüzey kaplamasının ne kadar yardımcı olduğunu bulabiliriz. Plaka güneşten 1350 W/m^2 (4 Temmuz'da minimum 1325 W/m^2 ve maksimum 3 Ocak'ta 1418 W/m^2) güneş ışıını alıyorsa, çıkan radyasyonun bulunduğu plakanın sıcaklığı, plaka tarafından alınan radyasyon 393 K 'dir (248°F). Plakanın emisivitesi $0,9$ ve kesme dalga boyu $2,0 \mu\text{m}$ olan seçici bir yüzeyi varsa, denge sıcaklığı yaklaşık 1250 K 'dir (1790°F). Hesaplamaların konvektif ısı transferini ihmal ederek ve basitlik için bulutlar/atmosferde emilen güneş ışıını ihmal ederek yapıldığına dikkat ederiz, ancak teori hala gerçek bir problem için aynıdır. Isı transferini azaltmak istediğimiz cam pencere gibi bir yüzeye sahipsek, duvarın iç kısmına düşük emisyon kaplamalı şeffaf bir yansıtıcı film yerleştirilebilir. "Düşük emisyonlu (düşük E) kaplamalar mikroskobik olarak ince, neredeyse görünmez, metal veya metal oksit tabakalarıdır ve esas olarak ışıınısal ısı akışını baskılayarak U faktörünü azaltmak için bir pencere veya ışııklık cam yüzeyine çökeltiştir". Bu kaplamayı ekleyerek, pencereden çıkan radyasyon miktarını sınırlıyoruz, böylece pencerenin içinde tutulan ısı miktarını artırıyoruz.

3.3.5 Siyah Gövde Radyasyonu (Siyah Cisim Radyasyonu)

Deneyler, herhangi bir radyasyon dalgaboyu için bir cismin yayma gücü ile soğurma gücü arasında yakın bir ilişki olduğunu göstermiştir; iki miktar orantılıdır. Bu nedenle, üzerine düşen belirli bir dalga boyundaki radyasyonu güçlü bir şekilde emen bir cisim, enerji yayarken bu dalga boyunu güçlü bir şekilde yayacaktır. Bir çanak çömlek parçası gibi gün ışığında kırmızı görünen bir nesne, kırmızı ışığa karşılık gelenler dışındaki tüm dalga boylarını güçlü bir şekilde emer. Örneğin, bir fırında parlayana kadar ısıtılırsa, kırmızı ışık hariç

tüm dalga boylarını güçlü bir şekilde yaydığı ve böylece normal turuncu-kırmızı yerine mavimsi-beyaz bir ışıkla parladığı görülecektir. Nesne beyazsa, tüm dalga boylarını güçlü bir şekilde yansıtır ve her birinden yalnızca biraz emer. Isıtıldığında, tüm dalga boylarını hemen yayar, ancak belirli bir sıcaklık için hiçbir şekilde büyük miktarda enerji yaymaz. Ancak öte yandan nesne beyaz yerine siyahtır, tüm dalga boylarını tamamen emer ve ısıtıldığında tüm dalga boylarını aynı sıcaklıktaki diğer herhangi bir nesneden daha kolay yayar.

Vücut yalnızca siyah görünmemeli (görünür radyasyonu tamamen absorbe etmelidir), aynı zamanda tüm dalga boylarını (görünür ve görünmez) tamamen absorbe etmelidir. Böyle bir gövde, "siyah gövde radyatörü" veya "tam radyatör" olarak adlandırılır. Normal sıcaklıklarda siyah görünmelidir çünkü üzerine düşen tüm görünür radyasyonu emer ve hiçbirini yaymaz. Yüksek sıcaklıklarda, gelen tüm radyasyonu yine de emer, ancak aynı zamanda bir miktar görünür radyasyon yayar ve bu nedenle bir ışık kaynağı olarak parlar. Karbon gibi bazıları bir dereceye kadar yapsa da, hiçbir gerçek malzeme tüm radyasyonu tamamen absorbe etmez.

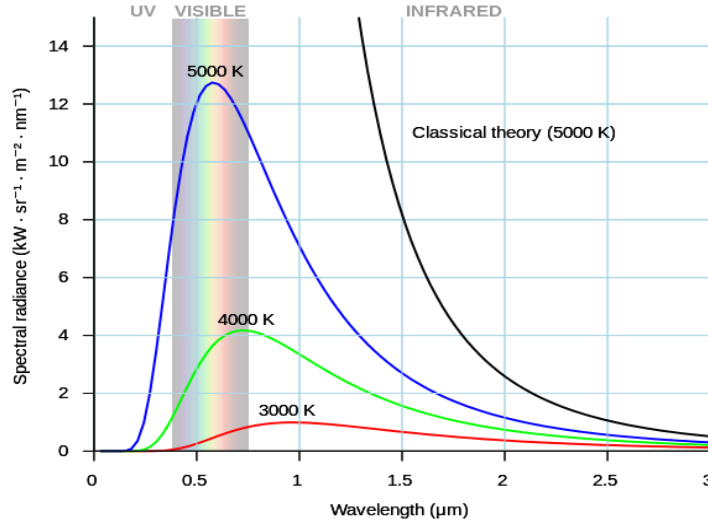
Bir "gri gövde" veya "seçici olmayan" bir radyatör, tüm dalga boyları için rastlantısal radyasyonun tümünü değil sabit bir oranını emen radyatördür. Bu nedenle, herhangi bir dalga boyunda, aynı sıcaklıktaki siyah bir cisimden gelen radyasyonun sabit bir kısmını da yayar. Spektral enerji eğrisi, tam olarak siyah bir cisminki ile ilişkilendirilemez.

3.3.6 Siyah Cisim Spektral Enerji Eğrileri

Birim alan başına miktar ve belirli herhangi bir sıcaklık yayımında "siyah cisim" olan enerjisinin spektral dağılımı, kesin fiziksel yasalar tarafından yönetilir ve yalnızca sıcaklığına bağlıdır. Miktar ilk olarak Blotzmann'ın bir teorisinden ve Stefan'ın deneylerinden elde edildi. Bu nedenle yasa, Stefan-Boltzmann Yasası olarak bilinir. Bir "siyah cisim" tarafından yayılan toplam enerji miktarının mutlak veya Kelvin sıcaklığının dördüncü kuvveti ile orantılı olduğunu belirtir.

Örneğin, bir filamentin sıcaklığını 2000K'dan 3000K'ya yükseltmek için:

$$\frac{3000^4}{2000^4} \text{ veya } 5 \text{ katından biraz fazla güç gerekir.}$$



Şekil 3.9: Siyah Cisim Radyasyon Yasası Wien Yasası ve Stefan-Boltzmann Yasası ile Hesaplamalar Grafiği

Kaynak: (<https://study.com/academy/lesson/calculations-with-wiens-law-the-stefan-boltzmann-law.html>)

Planck yasası (renkli eğriler), elektromanyetik radyasyonun quanta olarak yayıldığını öne sürerek siyah cisim radyasyonunu doğru bir şekilde tanımladı. Klasik fiziğin önemli bir sorunu olan ultraviyole felaketini (siyah eğri) başarıyla çözdü, kuantum mekaniğini doğuran öncü sonuçlardan biridir.

Enerjinin spektral dağılımı ilk olarak Planck tarafından kabul edilmiş haliyle ve Wien tarafından o kadar kesin olmasa da daha basit haliyle ifade edildi. Dağılım eğrileri genellikle göreceli birimler halindedir ve yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi gösterilmiştir. Belirli bir sıcaklıkta, yayılan enerjinin maksimum olduğu belirli bir dalga boyu vardır, diğer dalga boylarında yayılan miktar, artan dalga boyları için nispeten yavaş ve daha kısa dalga boyları için daha hızlı azalır. Wien, bu maksimum radyasyonun meydana geldiği dalga boyunun bir radyatörün mutlak sıcaklığıyla ters orantılı olduğunu, bu tepe radyasyonunun değerinin sıcaklığın beşinci gücü olarak arttığını gösterdi. Wien'in Yer Değiştirme Yasası olarak bilinen maksimum radyasyon dalga boyu ile mutlak sıcaklık arasındaki bu ilişki, radyatörün sıcaklığı ne kadar yüksekse, daha kısa dalga boylarında radyasyon oranının o kadar büyük olduğunu göstermektedir.

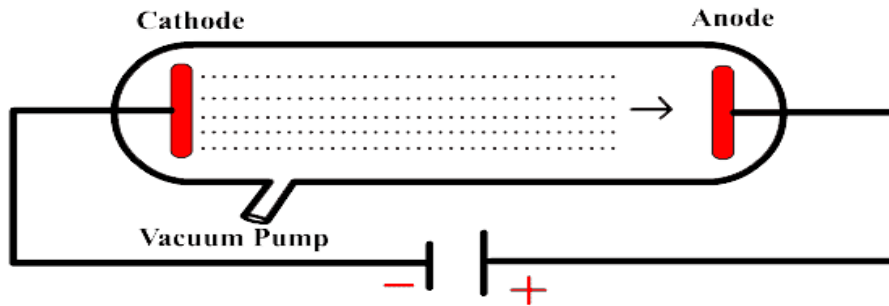
Bu gezegende mümkün olan herhangi bir sıcaklıkta, maksimum radyasyonun dalga boyu spektrumun kızılötesi bölgesindedir. Bu nedenle, radyatörün sıcaklığı ne kadar yüksek olursa, yaydığı enerji oranı o kadar büyük olacaktır ve

bir ışık kaynağı olarak o kadar verimli olacaktır. Ölçümle, belirli bir radyatörün toplam ışık çıkışının yaklaşık olarak mutlak sıcaklığın on ikinci gücü kadar arttığı bulunmuştur. Sıcaklıkla bu hızlı artışın nedeni, Şekil 26'da gösterilen eğrilerin görünür spektrum sınırları içinde kalan ve özellikle maksimum parlaklık bölgesinde (sarı-yeşil) bulunan oranı için gösterilen eğrilerden anlaşılır, sıcaklık arttıkça hızla artar.

Pratik filaman malzemeleri gerçek siyah cisimler olmamasına rağmen, özellikle görünür spektrum sınırları dahilinde çok fazla farklılık göstermezler. Tungsten seçici olarak kabul edilir ancak görünür spektrum üzerinde gri bir gövde gibi davranır. Gerçek akkor ışık kaynaklarının spektral enerji dağılımı, genellikle, görünür spektrum üzerinde aynı bağıl enerji dağılımına sahip olan siyah cismin sıcaklığı verilerek belirlenebilir. Bu yaygın bir prosedürdür. Yukarıdakilerden, akkor lamba üreticilerinin, lamba ömrünü kısaltmadan daha yüksek çalışma sıcaklıkları elde etmenin uzun bir hedef olduğu anlaşılacaktır.

3.3.7 Elektrominesans (Elektro Işıldama)

Aydınlatma, elektrominesansın doğal bir şeklidir. Sadece 1985 yılında cıva buharlı lambanın daha yaygın olarak kullanılmaya başlandığı, ardından düşük ve yüksek basınçlı sodyum lambaları yakından takip ettiği ve sonunda 1990'ların sonlarında metal halide lamba ortaya çıktı. Boşaltma veya ark, bir gaz veya buhar içinde gerçekleşir. Karbon arkının orijinal formu, esas olarak sıcaklık radyasyonu ile ışık üretir, ancak daha sonraki bazı formlar ark akışında elektro-ışıldama kullandı.



Şekil 3.10: Cıva Buharlı Lamba Şematik Şekli

Kaynak: (Hammond, 2018)

Başlangıçta kıvılcımlar uzar ve konumunu değiştiren ve dalgalanan flamalara bölünen sürekli bir akış oluşturur. Basınç yaklaşık 10 mm civarının altına düştüğünde, flamalar şişer ve tüpü dolduran bir parıltıya yol açar. Havaya göre pembe renktedir. Basınç yaklaşık 2 mm civaya düştüğünde, dikkatli bir gözlem, parlamayı bölümlere ayıran belirli koyu bantları ortaya çıkaracaktır.



En önemli özelliklerine sahip bir kızdırma deşarj tüpü: (a) Bir uçta bir anot ve diğer ucunda katot (b) Aston Karanlık Boşluğu (c) Katot ışıltısı (d) Katot karanlık alanı (Crookes karanlık alanı veya Hittorf olarak da adlandırılır) karanlık alan) (e) Negatif parlama (f) Faraday alanı (g) Pozitif sütun (h) Anot parlaması (i) Anot karanlık alanı.

Katot parlaması, hangi türler (iyonlar veya atomlar) katoda çarptığında, katot içindeki çarpışmalar bu enerjiyi yeniden dağıtır ve katottan elektronların

çıkmasına neden olur. Bu süreç ikincil elektron emisyonu olarak bilinir. Katottan kurtulduktan sonra, elektrik alanı elektronları ışıma deşarjının büyük bir kısmına hızlandırır. Katot karanlık boşluğu, katot ışıltısı ile negatif ışıma arasındaki ışıma deşarjındaki karanlık boşluktur. Crooke, Faraday ve Hittorf karanlık alanlarıyla eş anlamlıdır.

Faraday boşluğu, pozitif sütun ile vakum tüpündeki bir katottan gelen negatif ışıma arasındaki düşük ışık yoğunluğunun karanlık bir alanıdır.

Negatif ışıma, basınç düşük olduğunda meydana gelen vakum tüpündeki Crookes karanlık alanı ile Faraday karanlık alanı arasındaki bölgedir. İlk olarak 1885-1890 civarında kaydedildi.

Pozitif kolon, basınç düşük olduğunda meydana gelen, Faraday karanlık alanı ile bir vakum tüpündeki anot parlaması arasındaki aydınlık bölgedir.

Anot parlaması, basınç düşük olduğunda oluşan bir vakum tüpündeki pozitif kolon ile anot karanlık alanı arasındaki ışıklı bölgedir.

Anot karanlık alanı, bir vakum tüpündeki anot parlaması ile anot arasındaki karanlık bölgedir ve basınç düşük olduğunda oluşur.



Şekil 3.12: Neon Lamba Şematik Şekil

Kaynak:(https://en.wikipedia.org/wiki/Neon_lamp#/media/File:AC_powered_NE-2_type_neon_lamp_close-up.jpg, 2020)

Deşarjın görünümü yukarıdaki resimlerde gösterilmektedir. FS (Faraday uzayı) olarak gösterilen karanlık bölgeler, bir gazdaki elektriksel deşarj hakkında birçok deney yapan ve çok araştırma yapan ilk bilim adamları Crookes ve

Faraday'ın adını almıştır. Basınç hala daha da düşürülürse, pozitif kolondaki deşarjı korumak için voltajın artırılması gerekirken, Crookes karanlık alanı tüm tüpü bir milimetrenin 1/100'ü kadar bir basınçta doldurana kadar genişler ve yayılan ışık olmaz. Kızdırma deşarjı için gerekli minimum voltaj, deşarjın gerçekleştiği gaza göre değişir, ancak elektrotlar arasında metre uzunluk başına üç yüz volt mertebesinde dir.

Bir deşarjı sürdürmek için, arkı vurmak ve deşarjı başlatmaktan daha düşük bir voltajın gerekli olduğu bulundu.

3.3.8 Ark İletimi

Elektronların bir boşluktan atladığı, genellikle güçlü, kısa ve parlak bir elektrik akımı uygulandığında bir ark oluşur. Özel olarak tasarlanmış elektrotlardaki elektrik arkları çok yüksek ısı ve parlak ışık üretebilir ve spot ışıklarda kaynak ve aydınlatma gibi amaçlar için kullanılır. Elektrik devrelerindeki istenmeyen arklar yangına neden olabilir. Şimşek, statik elektrik boşalmalarının neden olduğu kıvılcımlar gibi, bir bulut ile dünya veya başka bir bulut arasındaki elektrik arkı durumudur.

Bir elektrik arkı, en yüksek akım yoğunluğuna sahip elektrik boşalması şekl idir. Bir ark boyunca maksimum akım, arkın kendisi tarafından değil, yalnızca dış devre ile sınırlıdır. Akım arttıkça ark üzerindeki voltaj azalır ve dinamik bir negatif direnç özelliği verir. Sürekli bir arkın gerekli olduğu durumlarda, bu özellik, akımı stabilize etmek için bazı harici devre elemanlarını gerektirir, aksi takdirde yalnızca besleme limiti ile sınırlı olarak artar.

Elektrotlardan geçen akım arttıkça, iki elektrot arasındaki bir ark iyonizasyon ve kızdırma deşarjı ile başlatılabilir. Elektrot aralığının bozulma gerilimi, elektrotları çevreleyen basınç ve gaz türünün bir fonksiyonudur. Bir ark başladığında, terminal voltajı bir akkor deşarjdan çok daha azdır ve akım daha yüksektir. Atmosfer basıncına yakın gazlardaki bir ark, görünür ışık yayımı, yüksek akım yoğunluğu ve yüksek sıcaklık ile karakterize edilir. Bir ark, kısmen hem elektronların hem de pozitif iyonların yaklaşık olarak eşit etkili sıcaklıkları ile bir akkor boşalmadan ayırt edilir; akkor deşarjda iyonlar elektronlardan çok daha az termal enerjiye sahiptir.

Çekilmiş bir ark, başlangıçta temas halinde olan ve ayrı çekilen iki elektrotla başlatılabilir; bu, yüksek voltajlı kızdırma deşarjı olmadan bir ark başlatabilir. Bu, bir kaynakçının bir mafsalı kaynak yapmaya başlaması, kaynak elektrodunu iş parçasına anlık olarak dokunması ve ardından kararlı bir ark oluşana kadar geri çekmesi yoludur. Diğer bir örnek, anahtarlar, röleler ve devre kesicilerdeki elektrik kontaklarının ayrılmasıdır; yüksek enerjili devrelerde, kontakların zarar görmesini önlemek için ark bastırma gerekebilir.

Sürekli elektrik arkı boyunca elektriksel direnç, daha fazla gaz molekülünü iyonize eden (iyonlaşma derecesinin sıcaklıkla belirlendiği yerde) ısı yaratır ve sıraya göre: katı-sıvı-gaz-plazma, gaz kademeli olarak termal bir plazmaya dönüştürülür. Termal plazma, sıcaklık ağır partiküller (yani atomlar, moleküller ve iyonlar) ve elektronlar boyunca nispeten homojen olduğunda termal denge içindedir. Bunun nedeni, termal plazmalar üretildiğinde, büyük hareket kabiliyetleri ve çok sayıları nedeniyle elektronları hızla ve elastik çarpışma (enerji kaybı olmadan) ağır parçacıklara dağıtabilen elektronlara elektrik enerjisi verilmesidir. Arkdaki akım, termiyonik emisyon ve yöntemdeki elektronların alan emisyonu ile sürdürülür. Akım, katot üzerinde çok küçük bir sıcak noktada yoğunlaşabilir; santimetrekare başına bir milyon amper düzeyinde akım yoğunlukları bulunabilir. Bir ışıma deşarjının aksine, pozitif sütun oldukça parlak olduğundan ve neredeyse her iki uçtaki elektrotlara kadar uzandığından bir arkın biraz ayırt edilebilir bir yapısı vardır. Birkaç voltluk katot düşüşü ve anot düşüşü, her elektrotun bir milimetresinin bir fraksiyonu içindeki bir bölgede meydana gelir. Pozitif sütunun daha düşük bir potansiyel eğimi vardır ve çok kısa yaylarda olmayabilir.

Düşük frekanslı (100 Hz'den az) bir alternatif akım arkı, bir doğru akım arkına benzer; her döngüde ark bozulma ile başlatılır ve elektrotlar, akım tersine döndükçe anot ve katot olarak rol değiştirir. Akımın frekansı arttıkça, iyonlaşmanın her yarım döngüde dağılması için yeterli zaman yoktur ve arkı sürdürmek için artık parçalanmaya gerek kalmaz; gerilim ve akım karakteristiği daha neredeyse omik hale gelir, yani daha fazla dirence sahiptir.

Elektrik arkının çeşitli şekilleri, doğrusal olmayan akım ve elektrik alanı modellerinin ortaya çıkan özellikleridir. Ark, iki iletken elektrot (genellikle tungsten veya karbondan yapılmıştır) arasındaki gazla dolu boşlukta meydana

gelir ve çoğu malzemeyi eritebilen veya buharlaştırabilen çok yüksek bir sıcaklıkla sonuçlanır. Bir elektrik arkı sürekli bir deşarj iken, benzer bir elektrik kıvılcımını boşalması anlıktır. Doğru Akım devrelerinde veya Alternatif Akım devrelerinde bir elektrik arkı oluşabilir. İkinci durumda, ark, akımın her yarım döngüsünde yeniden çarpabilir. Bir elektrik arkı, akım yoğunluğunun oldukça yüksek olması ve ark içindeki voltaj düşüşünün düşük olması nedeniyle bir akkor deşarjından farklıdır; katotta akım yoğunluğu santimetre kare başına bir mega amper kadar yüksek olabilir.

Bir elektrik arkının akım ve voltaj arasında doğrusal olmayan bir ilişkisi vardır. Ark oluşturulduktan sonra (ya bir kızdırma boşalmasından ilerleyerek ya da elektrotlara anlık olarak dokunarak sonra onları ayırarak), artan akım, ark terminalleri arasında daha düşük bir voltajla sonuçlanır. Bu negatif direnç etkisi, kararlı bir ark sağlamak için devreye bir miktar pozitif empedans - bir elektrik balastı - yerleştirilmesini gerektirir. Bu özellik, cihazdaki kontrolsüz elektrik arklarının bu kadar yıkıcı olmasının nedenidir, çünkü bir kez başlatıldığında, bir ark, aparat yok edilene kadar sabit voltajlı bir kaynaktan giderek daha fazla akım çekecektir.

3.3.9 Çizgi Tayfının Kuantum Teorisi

Her madde için kesin spektral çizgilerin açıklaması kuantum teorisi tarafından sağlandı. 1913 hidrojen atomu modelinde Niels Bohr, gözlemlenen doğrular dizisinin, elektronların yörüngesel açısal momentumlarının $h/2\pi$ miktarının bir tam katı olduğu atomik yörüngeler ile sınırlı olduğunu varsayarak açıklanabileceğini gösterdi; burada h , Planck'ın sabiti. $h/2\pi$ 'nin tam sayı katı (örneğin, 1, 2, 3...) genellikle kuantum numarası olarak adlandırılır ve n simgesi ile temsil edilir.

Bir elektron daha yüksek enerjili bir yörüngeden (daha yüksek açısal momentum) daha düşük enerjili bir yörüngeye geçtiğinde, frekansı ν , $\nu = \Delta E / h$ denklemi ile enerji farkı ΔE ile ilişkili olan bir ışık enerjisi fotonu yayılır. Hidrojen için, spektral çizgilerin frekansları $\nu = c R (1/n_f^2 - 1/n_i^2)$ ile verilir; burada c ışık hızı, R Rydberg sabiti ve n_f ve n_i son ve ilk kuantumdur. Elektron yörüngelerinin sayısı (n_i her zaman n_f 'den büyüktür). $n_f = 1$ olan spektral çizgiler dizisi Lyman serisi olarak bilinir; $n_f = 2$ için Balmer serisidir;

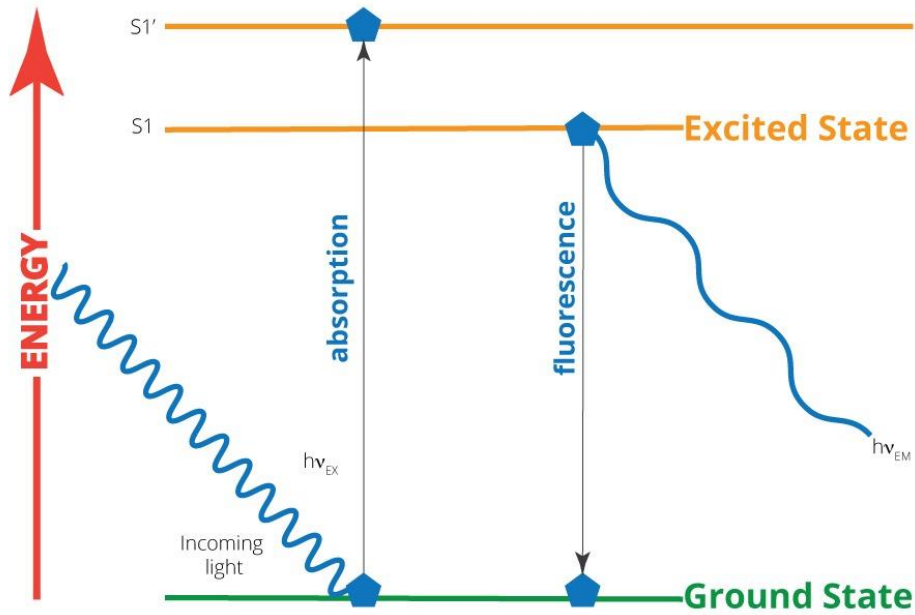
$nf = 3$ için Paschen serisidir; $nf = 4$ için Brackett serisidir; ve $nf = 5$ için Pfund serisidir. Bohr teorisi diğer maddelerin spektrumlarını açıklamada o kadar başarılı değildi, ancak kuantum teorisinin sonraki gelişmeleri, atomik ve moleküler spektrumların tüm yönlerinin, izin verilen farklı kuantum durumları arasındaki enerji geçişleri açısından nicel olarak açıklanabileceğini gösterdi.

3.3.10 Foto-Lüminesans (Foto-Işıldama)

Foto-ışıldama (PL olarak kısaltılır), bir maddenin fotonları (elektromanyetik radyasyon) emdiği ve ardından fotonları yeniden yaydığı bir süreçtir. Kuantum mekanik olarak bu, daha yüksek bir enerji durumuna bir uyarma ve ardından bir foton emisyonunun eşlik ettiği daha düşük bir enerji durumuna geri dönüş olarak tanımlanabilir. Bu, birçok ışıma biçiminden biridir (ışık yayımı) ve foto-uyarma (fotonlar tarafından uyarılma), dolayısıyla örnek foto - ile ayırt edilir. Emilim ve emisyon arasındaki süre tipik olarak son derece kısadır ve 10 nanosaniye civarındadır. Ancak özel durumlarda bu süre dakikalara veya saatlere kadar uzatılabilir.

En basit ışıkla ışıldayan işlemler, belirli bir dalga boyundaki bir fotonun emildiği ve eşdeğer bir fotonun hemen yayıldığı rezonant radyasyonlardır. Bu işlem, kimyasal substratın absorpsiyon ve emisyon arasında önemli bir dahili enerji geçişini içermez ve 10 nanosaniye düzeyinde son derece hızlıdır.

Kimyasal substrat absorpsiyon olayından enerjiyi yeniden yaymadan önce iç enerji geçişlerine girdiğinde daha ilginç süreçler meydana gelir. Bu türden en bilinen etki, aynı zamanda tipik olarak hızlı bir işlem olan, ancak orijinal enerjinin bir kısmının, yayılan ışık fotonlarının emilenlerden daha düşük enerjiye sahip olacak şekilde dağıtıldığı floresandır. Bu durumda üretilen fotonun enerji kaybına atıfta bulunarak kırmızıya kaydığı söylenir (Jablonski diyagramının gösterdiği gibi).



Şekil 3.13: Jablonski diyagramı

Kaynak: (<https://www.wpiinc.com/blog/post/ca-sup-2-sup-detection-in-muscle-tissue-using-fluorescence-spectroscopy>, 2020)

Foto-lüminesans, GaAs ve InP gibi yarı iletkenlerin saflığını ve kristal kalitesini ölçmek için önemli bir tekniktir. Foto ışıltama uyarımı (PLE) dahil olmak üzere çeşitli foto-lüminesans varyasyonları mevcuttur.

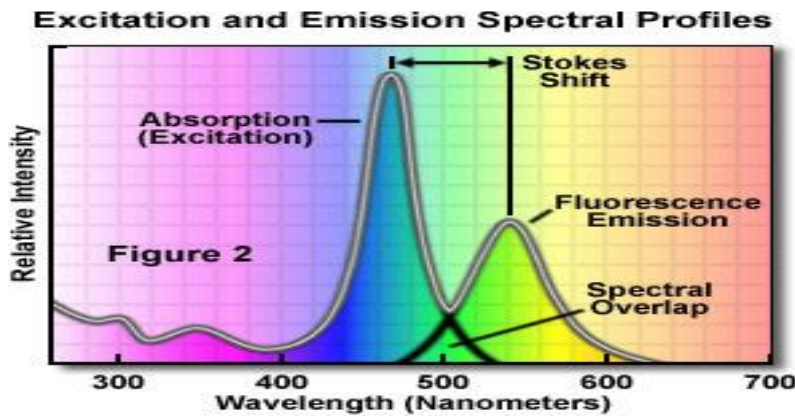
Zaman çözümlemeli foto-lüminesans (TRPL), numunenin bir ışık darbesiyle uyarıldığı ve daha sonra zamana göre foto-lüminesanstaki bozulmanın ölçüldüğü bir yöntemdir. Bu teknik, Galyum arsenit (GaAs.) Gibi III-V yarı iletkenlerin azınlık taşıyıcı ömrünün ölçülmesinde yararlıdır.

Foto-lüminesansın daha da özelleşmiş bir biçimi fosforesanstır; burada emilen fotonlardan gelen enerji, genellikle üçlü bir durum olan daha yüksek bir spin çokluğu durumuna geçişe maruz kalır. Enerji üçlü durumda hapsedildiğinde, daha düşük tekli enerji durumlarına geri dönmek kuantum mekanik olarak yasaktır, yani diğer geçişlerden çok daha yavaş gerçekleşir. Sonuç, bazen dakikalar veya saatler süren, tekil duruma yavaş bir ışınlısal geçiş sürecidir. Bu, "karanlıkta parlayan" maddelerin temelidir.

Işıl ışıl olan bir malzeme, yalnızca belirli bir radyasyon dalgaboyu bandına yanıt verir ve yalnızca malzemenin özelliği olan belirli bir dalga boyu bandından ışık yayar. Uyarma bandı içindeki herhangi bir dalga boyunun

radasyonu emisyon üretecektir, ancak gelen radyasyonun emisyon üretmedeki etkinliği bant boyunca değişiklik göstermektedir. Buradan, bu bantın dışındaki bir dalga boyundaki hiçbir radyasyon miktarı herhangi bir radyasyon emisyonu üretmeyecektir. Belirtilen bant içinde yayan radyasyonun dalga boyu ne olursa olsun, yayılan radyasyon malzemenin karakteristik emisyon bandı üzerinde her zaman aynı spektral dağılıma sahiptir. Bazı malzemeler hem floresans hem de fosforesans gösterir. Böyle bir durumda, emisyon bandı her iki fenomen için aynıdır, ancak her birinin kendi uyarma bandı vardır (genellikle iki örtüşme) ve belirli bir dalga boyundaki radyasyon, her iki olguyu da üretmede eşit derecede etkili değildir - aşağıdaki Uyarma ve Emisyon Eğrilerine bakınız. Verilen herhangi bir dalga boyundaki heyecan verici radyasyon için, yayılan ışığın yoğunluğu, gelen radyasyonun yoğunluğuyla orantılıdır.

Stokes Yasasında, yayılan radyasyonun baskın dalga boyunun emilen radyasyonunkinden daha uzun olduğu gösterilmiştir. Floresan ve deşarj lambalarında ultraviyeyi görünür ışığa dönüştürmek veya x-ışınlarını veya Gama ışınlarını tespit etmek için kullanılan tüm fosforlar bu yasaya uyar. Ancak son zamanlarda, kızıl ötesi görünür radyasyona dönüştüren belirli fosfor türleri geliştirilmiştir. Stokes Yasasının bu ihlali, ancak yayılan her kuantum için iki veya daha fazla kuantum (ayrık enerji miktarı) emilirse mümkündür. Çift absorpsiyonun gerekli olduğu gerçeğinden dolayı, bu fenomen yalnızca çok yoğun olay radyasyonu altında etkilidir. Işık yayan Diyotlar (LED'ler) gibi yarı iletken lambalar bunlara örnektir.



Şekil 3.14: Uyarma ve emisyon eğrileri

Kaynak:(<https://micro.magnet.fsu.edu/primer/lightandcolor/fluoroexcitation.html>, 2018)

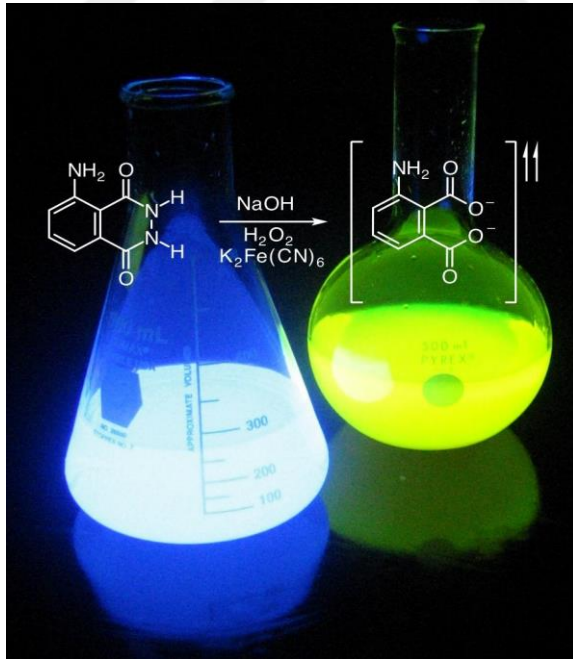
3.3.11 Kimyasal Işıldama

Kimyasal ışıldama, kimyasal bir reaksiyonun sonucu olarak ışık emisyonudur (ışıldama). Sınırlı ısı emisyonu da olabilir. A ve B reaktanları, heyecanlı bir ara ürün ile verilmiştir.

Kimyasal ışıldama, elektronik uyarılmış halin, elektronik uyarılmış haller yaratmanın daha tipik bir yolundan ziyade, bir kimyasal reaksiyonun ürününden türetilmesi açısından floresandan farklıdır. Bu, ışığın endotermik bir kimyasal reaksiyonu yürütmek için kullanıldığı bir foto-kimyasal reaksiyonun antitezidir. Burada ışık, kimyasal olarak ekzotermik bir reaksiyondan üretilir.

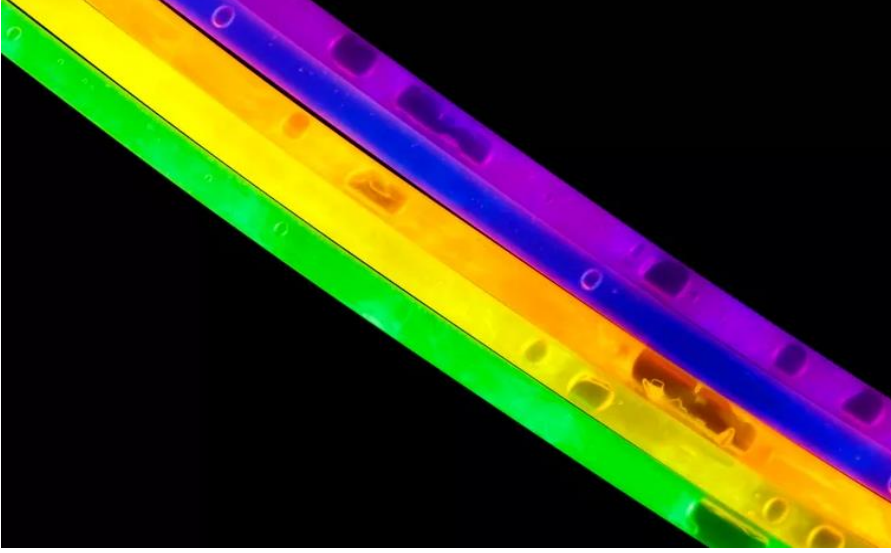
Endotermik süreç terimi, sistemin çevresinden enerji emdiği bir süreci veya reaksiyonu tanımlar. Ekzotermik reaksiyon, enerjiyi ışık veya ısı ile serbest bırakan kimyasal bir reaksiyondur. Endotermik reaksiyonun tam tersidir.

Laboratuvar ortamında standart bir kimyasal ışıldama örneği luminol testidir. Burada kan, hemoglobindeki demir ile temas üzerine lüminesans ile gösterilir. Canlı organizmalarda kimyasal ışıldama gerçekleştiğinde, fenomene biyo-ışıldama denir. Hafif bir çubuk, kimyasal ışımaya yoluyla ışık yayar.



Şekil 3.15: Luminol testi. Büyük miktarda ışık üreten bir erlenmeyer şişesinde gerçekleştirilen kemo-ışıldayan bir reaksiyon.

Kaynak: (<https://tr.pinterest.com/pin/344736546446916406/>, 2020)



Şekil 3.16: Kimyasal ışıldama örnek çubuklar

Kaynak:(<https://www.thoughtco.com/are-glow-sticks-endothermic-or-exothermic-604044>, 2019)

Ateşböceğinde, belirli bezlerdeki iki sıvı arasındaki kimyasal reaksiyonla ışık üretilir ve ışık üretiminin verimliliğinin son derece yüksek olduğu tahmin edilir, ancak bu reaksiyonun kızdırma çubuklarında olduğu gibi yapay kullanımının henüz pratikte günlük kullanım için olduğu kanıtlanmamıştır.

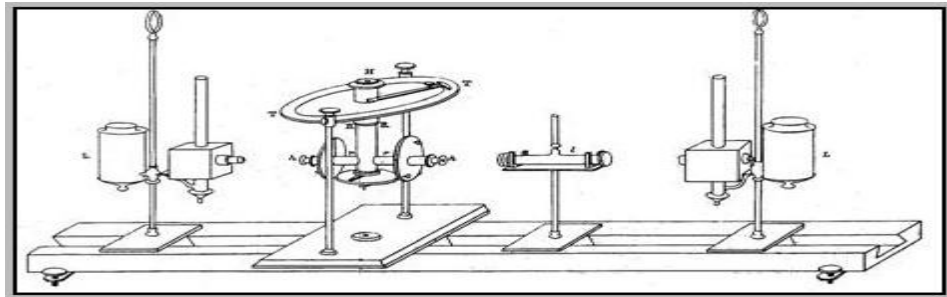
4. IŞIĞIN KONTROLÜ

4.1 Işığın Kontrolüne İçin Çalışmış Önemli Kişiler Ve Tarihçeleri

August Beer muhtemelen beklediğiniz gibi bir Alman fizikçi, kimyager ve matematikçiydi. 31 Temmuz 1825'te Almanya'nın Trier kentinde doğdu ve 18 Kasım 1863'te Almanya'nın Bonn kentinde öldü. 1852'de,

Beer, çeşitli tuzların renkli sulu çözeltilerinde kırmızı ışığın emilimi üzerine bir makale yayınladı. Bira, Bouguer'in ve Lambert'in soğurma yasalarından türetilen, belirli bir dalga boyunda bir çözelti yoluyla iletilen ışığın yoğunluğunun, yol uzunluğu d ve çözünen maddenin konsantrasyonu c ile üssel olarak azaldığı gerçeğinden yararlanır (çözücü, soğurucu olmadığı kabul edilir.). Aslında, Beer tarafından makalesinde tanımlanan "Soğurma Katsayısı" geçirgenliktir (veya aktarım oranı), $T = I / I_0$. Bu nedenle, Beer tarafından belirtildiği gibi, konsantre bir solüsyonun transmittansı, seyreltik bir solüsyonun transmittansının bir ölçümünden türetilebilir.

Herhangi bir konsantrasyon ve yol uzunluğu için ölçülen geçirgenlik, standart bir konsantrasyon ve yol uzunluğu için karşılık gelen geçirgenliğe normalize edilebilir. Bir dizi deneydeki Beer bunu doğrular,% 10'luk standart bir konsantrasyon ve 10 cm uzunluğunda standart bir yol tanımladı. Beer tarafından tasarlanan fotometre, aşağıdaki Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4.1: August Beer'in Fotometresi

Kaynak:(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/11/Photometer_devised_by_Beer.jpg, 2019)

Beer, 1854'te *Einleitung'u die höhere Optik'te* (Higher Optical'a Giriş) yazarak, bilimsel çalışmalarının sonuçlarını yayınlamaya devam etti. Onun bulguları, Johann Heinrich Lambert'inkilerle birlikte, Beer-Lambert yasasını oluşturur. 1855'te Bonn Üniversitesi'ne matematik profesörü olarak atandı. Beer ayrıca ölümünden iki yıl sonra yayınlanan "*Einheit in der Electrostatik*" i yazdı.

Pierre Bouguer, Fransız bir matematikçi, jeofizikçi, jeodezist ve astronomdu. Aynı zamanda üretken bir yazardı. Deniz mimarisinin (gemi tasarlayan) babası olarak da bilinir. 10 Şubat 1698'de Fransa'nın Le Croisic kentinde doğdu ve 15 Ağustos 1758'de Paris, Fransa'da öldü. 1729'da *Essai d'optique sur la gradation de la lumière* (Işığın derecelendirilmesi üzerine optik test} 'i yayınladı; amacı atmosferin belirli bir boyutundan geçerek kaybolan ışık miktarını tanımlamaktır ve ilk Günümüzde daha yaygın olarak Beer-Lambert yasası olarak bilinen şeyin bilinen keşfi Güneşin ışığını ayıncından 300 kat daha yoğun buldu ve böylece fotometride ilk ölçümlerden bazılarını yaptı.

Johann Heinrich Lambert matematik, fizik, felsefe, astronomi ve harita projeksiyonları konularına önemli katkılarda bulunan İsviçreli bir bilgindi. 26 Ağustos 1728'de Fransa'nın Mulhouse kentinde doğdu ve 25 Eylül 1777'de Almanya'nın Berlin kentinde öldü. Lambert ilk pratik higrometreyi icat etti. 1760'da fotometri üzerine bir kitap olan *Photometria* yayınladı. Işığın düz çizgiler halinde gittiği varsayımından, aydınlatmanın kaynağın gücü ile orantılı olduğunu, aydınlatılan yüzeyin mesafesinin karesiyle ve ışığın yönünün eğim açısının sinüsü ile ters orantılı olduğunu gösterdi. Bu sonuçlar, aydınlatmaların görsel olarak karşılaştırılmasını içeren deneylerle desteklenmiş ve aydınlatmanın hesaplanmasında kullanılmıştır. *Photometria*'da Lambert ayrıca ışık soğurma yasasını (Beer-Lambert yasası) formüle etti ve albedo terimini tanıttı. Lambert yansıması, 1760 tarihli *Photometria* kitabında mükemmel difüzyon kavramını ortaya koyan Johann Heinrich Lambert'ten adını almıştır. Perspektif üzerine klasik bir çalışma yazdı ve geometrik optiğe katkıda bulundu. Fotometrik birim lambert, fotometri çalışmasının kurulmasındaki çalışmalarından ötürü adlandırılmıştır. Lambert ayrıca üç boyutlu renkli modellerin geliştirilmesinde de öncüydü. Yaşamın ilerleyen dönemlerinde, altı farklı seviyede toplam 107 renk gösteren, kırmızı, sarı ve mavi pigmentleri çeşitli şekillerde birleştiren ve dikey bileşeni sağlamak için artan miktarda

beyazla birlikte üçgen renkli bir piramidin (Farbenpyramide) bir tanımını yayınladı. . Araştırmaları, Tobias Mayer'in önceki teorik önerileri üzerine inşa edildi ve bu ilk fikirleri büyük ölçüde genişletti. Lambert'e bu projede saray ressamı Benjamin Calau yardım etti.

Tobias Mayer, ayla ilgili çalışmalarıyla ünlü bir Alman astronomdu. 17 Şubat 1723'te Almanya'nın Marbach am Neckar kentinde doğdu ve 20 Şubat 1762'de Almanya'nın Göttingen kentinde öldü.

James Clerk Maxwell, matematiksel fizik alanında İskoç bir bilim adamıydı. En iyi bildiği, klasik elektromanyetik radyasyon teorisi, ilk kez elektrik manyetizması ve ışığı aynı fenomenin farklı tezahürü olarak bir araya getirmesidir. Birincisinin Sir Isaac Newton tarafından gerçekleştirilmesinden sonra genellikle fizikteki ikinci büyük birleşme olarak anılır. Maxwell, 1865 yılında "Elektromanyetik Alanın Dinamik Bir Teorisi" adlı kitabının yayınlanmasıyla, elektrik ve manyetik alanların, ışık hızında hareket eden dalgalar olarak uzayda ilerlediğini gösterdi. Maxwell, ışığın aynı ortamda elektrik ve manyetik olayların nedeni olan bir dalgalanma olduğunu öne sürdü. Işık ve elektrik olaylarının birleşmesi, radyo dalgalarının varlığının tahmin edilmesine yol açtı.

1865 yılında "Elektromanyetik Alanın Dinamik Bir Teorisi" nin yayınlanmasıyla Maxwell, elektrik ve manyetik alanların ışık hızında hareket eden dalgalar olarak uzayda ilerlediğini gösterdi. Maxwell, ışığın elektrik ve manyetik olayların nedeni olan aynı ortamda bir dalgalanma olduğunu öne sürdü. [7] Işık ve elektrik olaylarının birleşmesi, radyo dalgalarının varlığının tahmin edilmesine yol açtı.

Maxwell, gazların kinetik teorisinin yönlerini açıklamanın istatistiksel bir yolu olan Maxwell-Boltzmann dağılımının geliştirilmesine yardımcı oldu. Kinetiğin temelini oluşturan Maxwell-Boltzmann denklemi gazlar teorisi, belirli bir sıcaklıktaki bir gazın hız dağılımını tanımlar. Bu dağılım fonksiyonundan, en olası hız, ortalama hız ve ortalama kare hız elde edilebilir.

Keşifleri, özel görelilik ve kuantum mekaniği gibi alanların temelini atarak modern fizik çağının başlamasına yardımcı oldu. Pek çok fizikçi Maxwell'i 20. yüzyıl fiziği üzerinde en büyük etkiye sahip olan 19. yüzyıl bilim adamı olarak

görüyor. Bilime yaptığı katkılar, birçokları tarafından Isaac Newton ve Albert Einstein'ıninkileriyle aynı büyüklükte kabul edilir. Bin yıllık ankette - en önde gelen 100 fizikçinin araştırması - Maxwell, yalnızca Newton ve Einstein'ın ardından tüm zamanların en büyük üçüncü fizikçisi seçildi.

Christiaan Huygens Hollandalı bir fizikçi, matematikçi, astronom ve mucitti. O, tüm zamanların en büyük bilim adamlarından biri ve bilimsel devrimde önemli bir figür olarak kabul edilmektedir. 14 Nisan 1629'da Hollanda'nın Lahey kentinde doğdu ve 8 Temmuz 1695'te Hollanda'nın Lahey kentinde öldü. Optik alanında Huygens, 1678'de önerdiği ve 1690'da ilk matematiksel ışık teorisi olarak kabul edilen *Traité de la lumière*'de tanımladığı ışık dalgası teorisiyle tanınır. Bununla birlikte, teorisi başlangıçta Newton'un ışığı cisimcikler açısından açıklayan parçacık ışık teorisi lehine reddedildi. Augustin-Jean Fresnel, 1818'de Huygens'in ilkesini kabul edene ve ışığın doğrusal yayılma ve kırınım etkilerini açıklayabildiğini gösterene kadar. Bugün bu ilke Huygens-Fresnel ilkesi olarak bilinmektedir.

Huygens-Fresnel prensibi, bir dalga cephesindeki her noktanın bir dalgacık kaynağı olduğunu belirtir. Bu dalgacıklar, kaynak dalgayla aynı hızda ileri yönde yayılır. Yeni dalga cephesi, tüm dalgacıklara teğet bir çizgidir.

Augustin-Jean Fresnel, 1830'ların sonlarından 19. yüzyılın sonuna kadar Newton'un cismani ışık teorisinin kalıntılarını hariç tutarak, optik alanındaki araştırmaları ışığın dalga teorisinin neredeyse oybirliğiyle kabul edilmesine yol açan Fransız bir inşaat mühendisi ve fizikçiydi.

Ancak katadioptrik (yansıtıcı / kırıcı) Fresnel lensi icat etmesi ve deniz fenerlerinin görünürlüğünü genişletmek için "kademeli" lenslerin kullanımına öncülük ederek denizde sayısız hayat kurtarmasıyla belki de daha iyi tanınıyor. İlk olarak Count Buffon tarafından önerilen ve Fresnel tarafından bağımsız olarak yeniden icat edilen daha basit diyoptrik (tamamen kırıcı) kademeli mercek, ekran büyüteçlerinde ve tepegöz projektörleri için yoğunlaştırıcı merceklerde kullanılır.

Huygens'in ikincil dalgalar ilkesini ve Young'ın girişim ilkesini nicel terimlerle ifade ederek ve basit renklerin sinüzoidal dalgalardan oluştuğunu varsayarak, Fresnel, düz kenarlarla kırınımın ilk tatmin edici açıklamasını verdi, doğrusal

yayılmanın ilk tatmin edici dalga tabanlı açıklaması da dahil . Argümanının bir kısmı, aynı frekanstaki ancak farklı fazlardaki sinüzoidal fonksiyonların eklenmesinin, farklı yönlerde sahip kuvvetlerin eklenmesine benzer olduğunu bir kanıtıydı. Fresnel, ışık dalgalarının tamamen enine olduğunu da varsayarak, polarizasyon ve bunun eksikliği, kromatik polarizasyon mekanizması (polarize ışık bir çift kırılma kristalin bir diliminden ve ardından ikinci bir polarizörden geçirildiğinde üretilen renkler) ve şeffaf izotropik ortam (Brewster dahil) arasındaki bir sınırdaki iletim ve yansıma katsayıları açtı). Daha sonra, kalsit için yön-hız-polarizasyon ilişkisini genelleştirerek, iki eksenli sınıfın (Huygens'in ikincil dalga cephelerinin eksenel simetrik olmadığı) çift kırılma kristallerinde kırılan ışınların yönlerini ve polarizasyonlarını açıkladı. Saf enine dalga hipotezinin ilk yayınlanması ile çift eksenli soruna ilk doğru çözümünün sunulması arasındaki süre bir yıldan azdı. Daha sonra, doğrusal polarizasyon, dairesel polarizasyon ve eliptik polarizasyon terimlerini icat etti, optik rotasyonun dairesel polarizasyonun iki yönü için yayılma hızlarındaki bir fark olarak anlaşılabilirliğini ve (yansıma katsayısının karmaşık olmasına izin vererek) Fresnel eşkenar dörtgeninde kullanıldığı gibi, toplam iç yansıma nedeniyle kutuplaşmadaki değişiklik. Yerleşik korpüsküler teorisinin savunucuları, bu kadar az varsayımla bu kadar çok fenomenin nicel açıklamalarını karşılayamadı.

Yukarıdaki, bu ilk bilim adamları inanılmaz öngörülleri ile muazzam işler yapmışlardır.. Onların "yasalarının" günümüze kadar hala uygulanabilir olduğunu ve modern bilim ve fizik tarafından tartışmasız kaldığını düşünmek, bize hem ilham veriyor hem de yeni ufuklar açıyor. İnanılmaz bilim ve fizik adamlarıyla karşı karşıyayız.

4.2 Işığın Kontrolü

İster geleneksel eski teknoloji, ister yeni teknoloji LED'ler olsun, ışık kaynağı veya armatür türünden bağımsız olarak, ham ışık kontrol edilmelidir. Artık kullanmayı seçmiş olduğunuz ışığı, nasıl kontrol edeceğimizi araştıracağız bu bölümde.

Aydınlatma tasarımcısının/mühendisinin, projenin ve uygulamaların özel gereksinimlerine göre dağıtımı ve çoğu durumda, kendisine sunulan

kaynaklardan gelen ışığın rengini değiştirebilmesi gerekir. Bu, malzemelerin üzerlerine düşen ışık üzerindeki etkileriyle yapılır. Aydınlatma mühendisinin kullanabileceği dört yöntem vardır. Bunlar absorpsiyon, iletim, yansıma ve kırılmadır. Çoğu zaman, bu yöntemlerden biri veya daha fazlası aynı anda kullanılacaktır, ancak genellikle herhangi bir armatürde, bu yöntemlerden biri ışık kontrolünün temel yöntemidir ve bu, armatürün daha sonra nasıl sınıflandırıldığıdır.

Bazen aydınlatma mühendisinin sahip olmayı tercih etmeyeceği bir etki meydana gelebilir, ancak istenmeyen bir kontrolün, istenen aydınlatma kontrolü ile daha az ölçüde aynı anda meydana gelmesi olabilir. Örneğin, saydam veya dağınık camda istenmeyen soğurma veya bir cam refraktörün yüzeyindeki yansıma.

Bu bölümde ışık kontrol yöntemlerinin her birini ve ardından son olarak ışığın renk kontrolünü ele alacağız.

4.2.1 Absorpsiyon (Emilim)

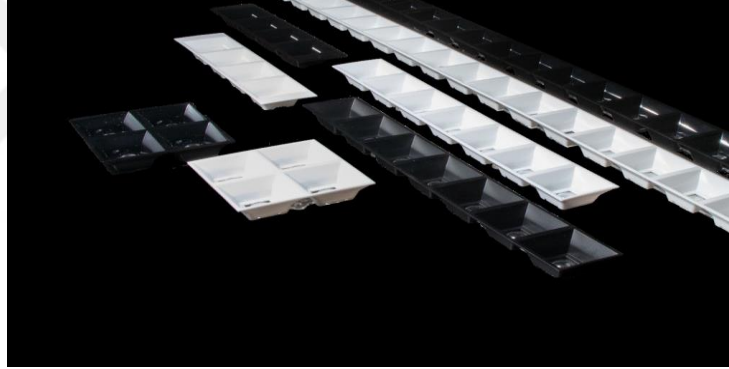
Bir aydınlatma mühendisi, ışığı kontrol etmek için emilimi nadiren kullanmak isteyecektir çünkü bu israf ve verimsizdir çünkü emilen ışık basitçe kaybolur ve istenmeyen ısı oluşumu, malzemenin belirli ışık dalga boylarını emmesine neden olabilir. AMA, eğer ışık, muhtemelen parlamaya yol açacak şekilde istenmeyen bir yönde yayılıyorsa ve bu ışığı yeniden yönlendirmek imkansızsa, o zaman o ışığı, istenmeyen yönde almaktansa absorbe etmek daha iyidir. Bu nasıl yapılır? Pek çok yol var. Amaca yönelik bir reflektör difüzörü imal ettirmek mümkün olabilir, belirli bir alanda istenmeyen ışık dağılımını sınırlandırmak için bir bölme yerleştirilebilir. Yetenekli aydınlatma mühendislerinin hayal gücünün sınırı yoktur !!!!

Bir aydınlatma projesinin kalitesini değerlendirmenin tek yolu verimlilik değildir. Bu gibi durumlarda ekranların yerleştirilmesi mümkündür. İstenmeyen yönde ışık istenmiyorsa, ekran istenmeyen tüm ışığı absorbe etmek için mümkün olduğunca siyah olmalıdır. Hatırlanması gereken en önemli nokta, istenen ışığı olabildiğince az emmeleri gerektirir. İstenilen ışık ekranın yanından geçmezse herhangi bir soruna yol açmaz, ancak istenen ve istenmeyen ışık ışınları perdelerin konumlandırılmasının pratik olduğu tek bölgeden geçerek

birbirini geçerse, ekranlar uygun şekilde yerleştirilmeli ve konumlandırılmalıdır.

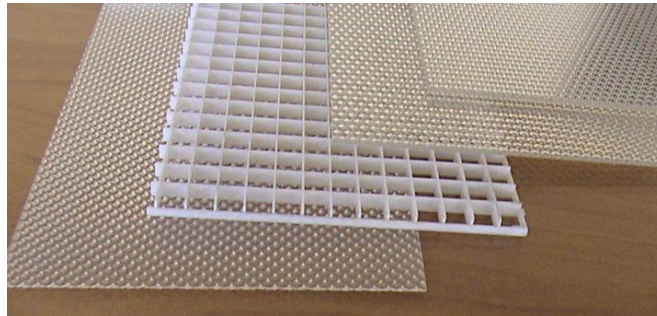
İstenmeyen ışığı kesmek için birkaç küçük ekran kullanılmalıdır. Bunlar "panjurlar" olarak bilinir. Bir büyük ekran kullanılıyorsa, buna genellikle "dökülme kalkanı" denir. İkinci tip genellikle ışığın çıktığı aydınlatma armatüründeki açıklığın kenarının dışına yerleştirilirken, panjurlar istenen ışığın çıktığı alan içinde düzenlenir. Bu tür perdelemenin en yaygın uygulaması, huzmedeki ışığın istenen ışık olduğu, ancak lambadan geniş açılarda çıkan ışığın istenmediği projektör ışıkları veya spot ışıklarında uygulanır.

Işık gözlemci tarafından görülebiliyorsa, dikkati ışık kaynağına çekerek dikkati aydınlatılan ana alandan uzaklaştırır. Hatta parlama kaynağı bile olabilir. Bunları önlemek için örnek bir yönlendirici resimlerini şekil 4.2 ve şekil 4.3 te görebilirsiniz.



Şekil 4.2: Işık kalkanı özel form lineerler armatürler için

Kaynak: (Ledil katalog , 2019)



Şekil 4.3: Aydınlatma armatür UGR örnek difüzörler

Kaynak: (<https://www.australiansheettraders.com.au/lighting-diffusers>, 2020)

Fotometride veya ışık ölçümünde soğurma ışığı arzu edilir. Hatalar, ışığın bilinmeyen ölçüde çevreleyen yüzeylerden yansımalarından kaynaklanır. Bu istenmeyen yansımalarından kaçınmak için, ölçüm noktasından görülebilen tüm siyah yüzeyler mat siyah olmalıdır. İyi bir mat siyah boya, kullanımı en pratik olanıdır, ancak hassas çalışma için siyah kadife en iyisidir. Siyah boya, belirli yönlerde ışığın% 5'ini yansıtabilir, ancak siyah kadife dokusu nedeniyle yalnızca önemsiz bir miktarı yansıtır.

4.2.2 Transmiyon (Geçirgenlik)

Bir ışık kaynağı bir küre veya bir gölge içine alındığında, şeffaf cam olsa bile, ışığın malzemeden geçirilmesi söz konusudur. Işık yön değiştirmeden malzemenin içinden geçtiğinde malzemeye şeffaf denir. Işık kaynağının net bir şekilde görülmemesine yol açan, sadece parlak bir yama olarak az miktarda saçılma meydana gelirse, malzemeye yarı saydam denir. Işığın çoğu, ışık ışınlarının aşağı yukarı tamamen parçalanması için malzemeye dağıldığında, malzemeye difüzör denir ve bu genellikle "hafif", "ağır" veya "geçirgenlik derecesine bağlı olarak tamamlanır.

Tam geçirgenlik meydana geldiğinde, normal olarak, banyoların ve tuvaletlerin pencerelerinde mahremiyet için kullanılan buzlu camlarda olduğu gibi, opak veya kısmen opak difüzyonlar yapılır. Ofislerde alçıpan bölmelerde cam bölmelerde de toplantılarda bir dereceye kadar mahremiyet sağlamak için kullanılır.

Tüm malzemeler, geri kalanı daha az veya daha fazla iletirken, bir miktar ışığı emer. Emilen bu ışık ısıya dönüşür ve malzeme ısınır; malzeme aynı zamanda bir oranda kızıl ötesi radyasyonu emdiği için, malzeme genellikle ısınır ve optik sistemler ve muhafazaları tasarlanırken bu akılda tutulmalıdır. Mühendis genellikle iletimin olabildiğince yüksek olmasını ve buna bağlı olarak, enerji israfını önlemek için emilimin mümkün olduğunca düşük olmasını ister. Ayrıca, malzemenin içinden geçen ışık yolu ne kadar uzun olursa, ışığın o kadar fazla emileceği de açıktır. Kalın bir malzeme parçası, aynı malzemeden ince bir parçadan daha fazlasını emecek ve daha az iletecektir.

Bundan sonra, saçılan ışık genellikle bir malzeme tabakası boyunca doğrudan iletilen ışıktan daha uzun bir yola sahip olacağından, yayılan bir camın, üretilen difüzyon ne kadar büyükse muhtemelen daha düşük bir ilettime sahip olacaktır.

Malzeme, ışığın tüm dalga boylarını eşit olarak iletirse, o zaman nötr olduğu veya seçici olmadığı söylenir. Materyalden gelen ışık, miktar olarak azalsa da, gelen ışıkla aynı spektral enerji dağılımına sahip olacaktır. Bununla birlikte, malzeme bazı dalga boylarını diğerlerinden daha fazla iletirse, ortaya çıkan ışık, gelen ışıktan farklı bir spektral bileşime sahip olacaktır. Gelen ışık beyazsa, ortaya çıkan ışık, farklı dalga boylarının iletimindeki varyasyona göre daha fazla veya daha az renklendirilecektir. Bu tür malzemeler, aktarım özelliklerinde seçici olarak anılır. Ardından, renk belirli dalga boylarının soğurulmasıyla üretildiği için, oldukça renkli bir camın önemli ölçüde daha düşük bir iletim hızına sahip olacağı açıktır. Dekoratif aydınlatma tasarımlarında çok renkli camlar ve plastikler dikkatli kullanılmalıdır. Demiryolu sinyallerinde olduğu gibi rengin önemli olduğu yerlerde, renk gereksinimi genellikle belirli bir ışık kaynağıyla tüm ünitenin verimliliğine bir sınır getirir. Günümüzde renkli LED ışık kaynakları, renkli cam veya malzeme lensleriyle kullanıldıklarında geleneksel ışık kaynaklarına göre daha fazla ışık yoğunluğuna sahip oldukları için kullanılmaktadır.

4.3 İletim Yasaları

4.3.1 Beer-Lambert yasası

Optikte Beer–Lambert yasası (Beer yasası, Lambert–Beer yasası veya Beer–Lambert–Bouguer yasası olarak da bilinir) ışığın emilimini ışığın içinden geçtiği malzemenin özelliklerine bağlar.

Beer-lambert yasası, ışığın bir madde içindeki transmisyonu (transmisivite) olan T ile soğurulma katsayısı α ve ışığın madde içinde gittiği uzaklık (yol uzunluğu) ℓ 'nin çarpımı arasında logaritmik bir ilişki olduğunu ifade eder. Soğurulma katsayısı da, soğuran maddenin molar absorptivitesi ϵ ile malzeme içindeki absorplayıcı cisimleri konsantrasyonu c 'nin çarpımı, veya absorpsiyon arakesiti σ ile soğurucuların sayısal yoğunluğu N 'nin çarpımıdır.

Klasik olarak, Beer-Lambert yasası ilk olarak bağımsız olarak tasarlandı ve Lambert yasası, emiciliğin numunenin kalınlığı ile doğru orantılı olduğunu belirtti ve Beer'in yasası, emmenin numunenin konsantrasyonu ile orantılı olduğunu belirtti. Beer-Lambert yasasının modern türevi iki yasayı birleştirir ve soğurmayı hem konsantrasyon hem de numunenin kalınlığı (yol uzunluğu) ile ilişkilendirir.



Şekil 4.4: Beer-Lambert yasasının bir örneği. Rhodamine 6B çözeltisini aydınlatan bir yeşil lazerin hüzmesi sıvının içinde ilerledikçe zayıflar.

Kaynak: (https://tr.wikipedia.org/wiki/Beer-Lambert_yasas%C4%B1, 2020)

Kavram olarak, Beer-Lambert yasasının türetilmesi basittir. Emici numuneyi ışık demetine dik olan ince dilimlere bölün. Bir dilimden çıkan ışık, giren ışıktan biraz daha az yoğun çünkü fotonların bir kısmı numunedeki moleküllere çarptı ve onu diğer tarafa geçiremedi. Absorpsiyon ölçümlerinin gerekli olduğu çoğu durumda, dilime giren ışığın büyük çoğunluğu absorbe edilmeden ayrılır. Problemin fiziksel tanımı farklılıklar açısından olduğu için - ışık dilimden geçmeden önceki ve sonraki yoğunluk -absorpsiyon için kolayca sıradan bir diferansiyel denklem modeli yazabiliriz. Emici malzeme dilimi nedeniyle yoğunluktaki fark azalır; dilimi terk ederek, dilime giren ışığın bir kısmıdır. Dilimin kalınlığı, soğurma miktarını ölçeklendirir (ince dilim çok fazla ışığı emmez, ancak kalın bir dilim çok emer). Bu kavramsal genel bakış, ne kadar ışığın emildiğini açıklamak için kullanılır. Bu sabitin değeri hakkında

söyleyebileceğimiz tek şey, her malzeme için farklı olacaktır. Ayrıca değerleri -1 ile 0 arasında sınırlandırılmalıdır. Aşağıdaki paragraflar bu sabitin anlamını ve türetmenin tamamını çok daha ayrıntılı olarak kapsamaktadır.

Parçacıkların, bir çözelti boyunca ışığın yoluna dik olan bir soğurma kesitine (yani alana) sahip olarak tanımlanabileceğini varsayalım, öyle ki parçacığa çarptığında bir ışık fotonu soğurulur ve çarparsa iletilir.

Belirli koşullar altında, Beer-Lambert kanunu, absorbans ve analit konsantrasyonu arasında doğrusal bir ilişki kuramaz. Bu sapmalar üç kategoriye ayrılır:

1. Gerçek Sapmalar - Bunlar, yasanın kendisinin sınırlamalarından kaynaklanan temel sapmalardır.
2. Kimyasal Sapmalar - Bunlar, analiz edilen numunenin belirli kimyasal türlerine bağlı olarak gözlemlenen sapmalardır.
3. Cihaz Sapmaları - Bunlar, absorbans ölçümlerinin nasıl yapıldığına bağlı olarak meydana gelen sapmalardır.

4.3.1.1 Önkoşullar

Beer yasasının geçerli olması için yerine getirilmesi gereken en az altı koşul vardır. Bunlar:

1. Emiciler birbirinden bağımsız hareket etmelidir.
2. Emici ortam, etkileşim hacminde homojen olmalıdır.
3. Emici ortam radyasyonu dağıtmamalıdır - bulanıklık olmamalıdır.
4. Gelen radyasyon, her biri soğurucu ortamda aynı uzunluğu geçen paralel ışıklardan oluşmalıdır.
5. Gelen radyasyon tercihen monokromatik olmalı veya en azından soğurucu geçişinkinden daha dar bir genişliğe sahip olmalıdır.
6. Olay akışı atomları veya molekülleri etkilememelidir; yalnızca incelenen türlerin invazif olmayan bir sondası olarak hareket etmelidir. Özellikle bu, ışığın optik doyumluğa veya optik pompalamaya neden olmaması gerektiğini, çünkü bu tür etkiler düşük seviyeyi tüketecek ve muhtemelen uyarılmış emisyonu açacaktır.

Bu koşullardan herhangi biri yerine getirilmezse, Beer yasasından sapmalar olacaktır.

4.3.1.2 Atmosferdeki Beer-Lambert yasası

Bu yasa aynı zamanda, güneş veya yıldız radyasyonunun atmosferde dolaşırken zayıflamasını tanımlamak için de uygulanır. Bu durumda, radyasyonun saçılması ve absorpsiyon vardır. Atmosfer için Beer – Lambert yasası genellikle şöyle yazılır:

$$I_t = I_1 * r^t \quad (4.1)$$

Burada;

I_t	: iletilen ışığın yoğunluğu,
I_1	gelen ışığın yoğunluğu,
r	malzemenin milimetre başına geçirgenliği,
t	: malzemenin milimetre cinsinden kalınlığı.

Bu nedenle, 1 mm kalınlığındaki belirli bir malzemeden bir tabaka gelen ışığın %50'sini iletecekse, 2 mm kalınlığındaki bir levha % 25'i ve 3 mm kalınlığındaki bir levha% 12,5'i vb.

Bir malzemenin iletim katsayısı, bir malzemenin birim kalınlığı başına iletilen fraksiyondur, ancak ışığın dalga boyuna göre değişir. Bu, tüm malzemeler için geçerlidir, ancak şeffaf camda olduğu gibi varyasyon küçüktür. İletim faktörü, ışığın girdiği yüz ile bir malzeme parçasını bıraktığı yüz arasında iletilen ışığın oranıdır, dalga boyuna göre değişecek ve en önemlisi kalınlık değiştikçe farklı boyutlarda değişecektir.

4.3.2 Yansıma (Fizik)

Antik Yunan matematikçi Öklid, yansıma yasasını yaklaşık MÖ 300'de tanımladı. Bu, ışığın düz çizgiler halinde hareket ettiğini ve bir yüzeyden çarptığı açıyla aynı açıda yansıdığını belirtir.

Yansıma, iki farklı ortam arasındaki bir arayüzde bir dalga cephesinin yönündeki değişikliktir, böylece ön dalga, kaynaklandığı ortama geri döner. Yaygın örnekler arasında ışığ, ses ve su dalgalarının yansıması bulunur. Yansıma yasası, speküler yansıma için dalganın yüzeyde meydana geldiği

açının, yansıtıldığı açıya eşit olduğunu söyler. Aynalar aynasal yansıma sergiler.

Akustikte yansıma ekolara neden olur ve sonarda kullanılır. Jeolojide, sismik dalgaların incelenmesinde önemlidir. Su kütlelerinde yüzey dalgaları ile yansıma gözlenir. Görünür ışığın yanı sıra birçok elektromanyetik dalga türünde yansıma gözlemlenir. VHF ve daha yüksek frekansların yansıması radyo iletimi ve radar için önemlidir. Sert X-ışınları ve gama ışınları bile özel "otlatma" aynaları ile sığ açılarda yansıtılabilir.



Şekil 4.5: Yansıma örneği

Kaynak:(<https://www.srainternational.org/blogs/srai-news/2020/01/15/view-from-the-top-time-for-reflection-and-inspirat>, 2020)

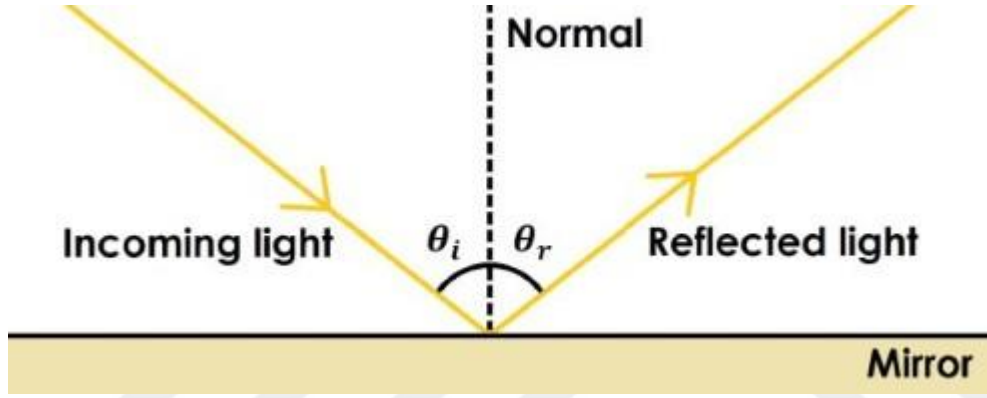


Şekil 4.6: İkili yansıma örneği

Kaynak:(<https://www.etsy.com/sg-en/listing/732876979/rainbow-over-lake-counted-cross-stitch>, 2020)

Arayüzün doğasına bağlı olarak ışığın yansıması ya speküler (aynaya benzer) ya da yayılır (enerjiyi korur, ancak görüntüyü kaybeder). Ayrıca, arayüz bir dielektrik ile bir iletken arasındaysa, yansıyan dalganın fazı korunur, aksi takdirde arayüz iki dielektrik arasındaysa, kırılma indislerine bağlı olarak faz korunabilir veya tersine çevrilebilir.

Bir ayna, speküler ışık yansıması için en yaygın modeli sağlar ve tipik olarak yansımanın fiilen meydana geldiği metalik kaplamalı bir cam levhadan oluşur. Metallerde yansıma, yüzey derinliklerinin ötesinde dalga yayılımının bastırılmasıyla artırılır. Yansıma, su veya cam gibi saydam ortamın yüzeyinde de meydana gelir. Geliş açısı (θ_i) = Yansıma açısı (θ_r)



Şekil 4.7: Yansıma yasası

Kaynak: (<http://www.thestargarden.co.uk/Reflection-refraction-and-diffraction.html>)

Yukarıdaki 4-7'deki diyagramda, bir ışık ışını dikey bir aynaya çarpar ve yansıtılır. Normal olarak bilinen O noktasından aynaya dik olarak hayali bir çizgi yansıtarak geliş açısını, (θ_i) 'yi ve yansıma açısını ölçebiliriz, (θ_r). Yansıma yasası, (θ_i) = (θ_r) veya başka bir deyişle geliş açısının yansıma açısına eşit olduğunu belirtir.

Aslında, ışık, belirli bir kırılma indisine sahip bir ortamdan farklı bir kırılma indisine sahip bir ortama gittiğinde, ışığın yansıması meydana gelebilir. En genel durumda, ışığın belirli bir kısmı ara yüzden yansıtılır ve geri kalanı kırılır. Bir sınıra çarpan bir ışık ışını için Maxwell denklemlerini çözmek, belirli bir durumda ışığın ne kadarının yansıtıldığını ve ne kadarının kırıldığını tahmin etmek için kullanılabilen Fresnel denklemlerinin türetilmesine izin verir. Işığın daha yoğun bir ortamdan toplam iç yansıması, geliş açısı kritik açının üzerindeyse meydana gelir.

Toplam iç yansıma, yaygın yollarla etkili bir şekilde yansıtılamayan dalgalara odaklanma aracı olarak kullanılır. X-ışını teleskopları, dalgalar için yakınsayan bir "tünel" oluşturularak oluşturulur. Dalgalar, bu tünelin yüzeyi ile düşük açıda etkileşime girdiğinde, odak noktasına doğru yansıtılır (veya tünel yüzeyiyle başka bir etkileşime doğru yansıtılır, sonunda odaktaki detektöre yönlendirilir). X-ışınları amaçlanan reflektörden basitçe geçeceği için geleneksel bir reflektör işe yaramaz.

Işık, dış ortama göre daha yoğun (daha yüksek kırılma indisine sahip) bir malzemedan yansıdığında, bir polarite tersine çevrilir. Aksine, daha az yoğun, daha düşük kırılma indisine sahip bir malzeme, fazdaki ışığı yansıtacaktır. Bu, ince film optiğı alanında önemli bir ilkedir.

Speküler yansıma görüntüleri oluşturur. Düz bir yüzeyden yansıma, soldan sağa ters çevrilmiş gibi görünen bir ayna görüntüsü oluşturur, çünkü gördüğümüz görüntüyü görüntünün konumuna döndürüldüğümüzde göreceğimiz şeyle karşılaştırırız. Eğimli bir yüzeydeki speküler yansıma, büyütülebilen veya küçültülebilen bir görüntü oluşturur; kavisli aynaların optik gücü vardır. Bu tür aynaların küre şeklinde veya parabolik yüzeyleri olabilir.

4.3.3 Yansıma Yasaları

4.3.3.1 Speküler yansıma

Yansıtıcı yüzey çok pürüzsüzse, meydana gelen ışığın yansımasına speküler veya düzenli yansıma denir. Yansıma yasaları aşağıdaki gibidir:

1. Gelen ışın, yansıyan ışın ve geliş noktasındaki yansıma yüzeyine normal aynı düzlemde uzanır.
2. Gelen ışının normal ile yaptığı açı, yansıyan ışının aynı normale yaptığı açıya eşittir.
3. Yansıtılan ışın ve gelen ışın, normalin zıt taraflarındadır.

Bu üç yasanın tümü yansıma denkleminden türetilebilir.

4.3.3.2 Mekanizma

Klasik elektro-dinamikte ışık, Maxwell Denklemleri tarafından yönetilen elektromanyetik dalga olarak kabul edilir. Bir malzemeye düşen ışık dalgaları,

her bir parçacığın küçük bir ikincil dalga yaymasına neden olarak, her bir parçacığın (bir dipol anten gibi) küçük bir ikincil dalga yaymasına neden olarak, tek tek atomlarda (veya metallerde elektron salınımları) küçük polarizasyon salınımlarına neden olur. Huygens-Fresnel ilkesine göre, tüm bu dalgalar speküler yansıma ve kırılma sağlamak için toplanır.

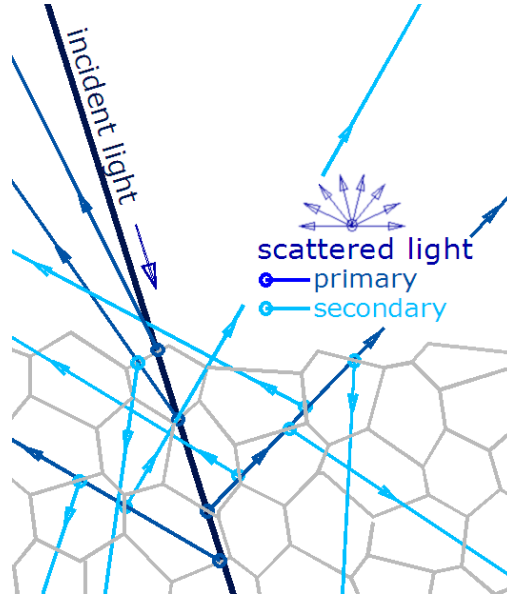
Dielektrik (cam) durumunda, ışığın elektrik alanı camdaki elektronlara etki eder, hareket eden elektronlar bir alan oluşturur ve yeni bir radyatör haline gelir. Camdaki kırılma ışığı, elektronların ileri ışıınımı ile gelen ışığın birleşimidir ve; Geriye dönük radyasyon, şeffaf malzemelerin yüzeyinden yansıdığını gördüğümüz radyasyondur, bu radyasyon camın her yerinden gelir, ancak toplam etkinin yüzeyden bir yansımaya eşdeğer olduğu ortaya çıkar.

Metallerde, bağlanma enerjisi olmayan elektronlara serbest elektron denir. Serbest elektronların yoğunluk sayısı çok büyük. Bu elektronlar gelen ışıkla salındığında, bu elektronların radyasyon alanı ile olay alanı arasındaki faz farklılıkları artar, bu nedenle ileri radyasyon gelen ışığı bir cilt derinliğinde telafi eder ve geriye doğru radyasyon sadece yansıyan ışıktır.

Fotonlar açısından ışık-madde etkileşimi, bir kuantum elektro-dinamik konusudur.

4.3.3.3 Dağınık Yansıma

Işık (metalik olmayan) bir malzemenin yüzeyine çarptığında, malzemenin içindeki mikroskobik düzensizliklerden kaynaklanan çoklu yansımalar nedeniyle her yöne sıçrar (örneğin, bir polikristalin malzemenin tane sınırları veya bir organik malzemenin hücre veya lif sınırları)) ve eğer pürüzlü ise yüzeyine göre.



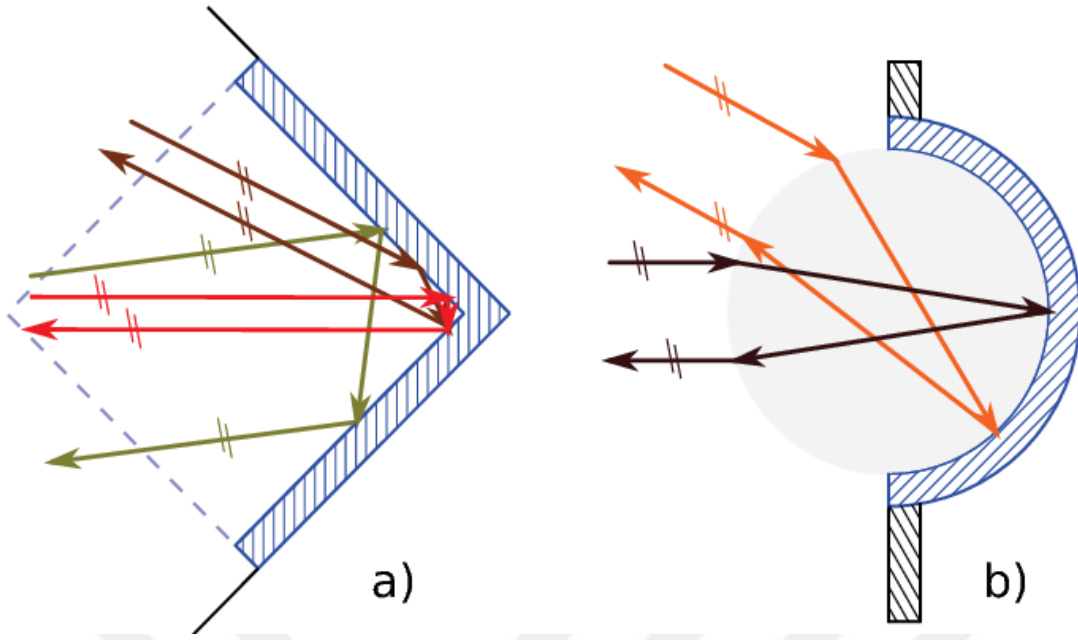
Şekil 4.8: Katı bir yüzey tarafından dağınık yansımanın genel mekanizması

Kaynak: (https://en.wikipedia.org/wiki/Diffuse_reflection, 2020)

Retro-Yansım

Bazı yüzeyler geriye doğru yansıma gösterir. Bu yüzeylerin yapısı, ışık geldiği yöne dönecek şekildedir.

Bir **retroreflektör** (bazen **retroflektör** veya **katafotolarak** da adlandırılır), radyasyonu (genellikle ışığı) minimum saçılma ile kaynağına geri yansıtan bir cihaz veya yüzeydir. Bu, düzlemsel bir aynadan farklı olarak, geniş bir geliş açısı aralığında çalışır, bunu yalnızca ayna dalga cephesine tam olarak dikse ve sıfır bir geliş açısına sahipse yapar. Yönlendirildiğinden, retroflektörün yansıması, dağınık bir reflektörden daha parlaktır. Köşe reflektörler ve kedi gözü reflektörler en çok kullanılan çeşitlerdir.



Şekil 4.9: Retroreflektör: a) Köşe küp geri yansıtıcı, b) Küresel retroreflektör (kedi gözü).

Kaynak: (Mikrodalga Teknikleri Konferansı (COMITE) 2017, 2017)

Küre, daha yüksek kırılma indisine sahip malzemedendir.

Güneş ışığıyla aydınlatılan bulutların üzerinde uçarken, uçağın gölgesi etrafında görülen bölge daha parlak görünecek ve çimenlerin üzerindeki çiyden de benzer bir etki görülebilir. Bu kısmi geri yansıma, kavisli damlacık yüzeyinin kırılma özellikleri ve damlacığın arka tarafındaki yansıtma özellikleri tarafından oluşturulur.

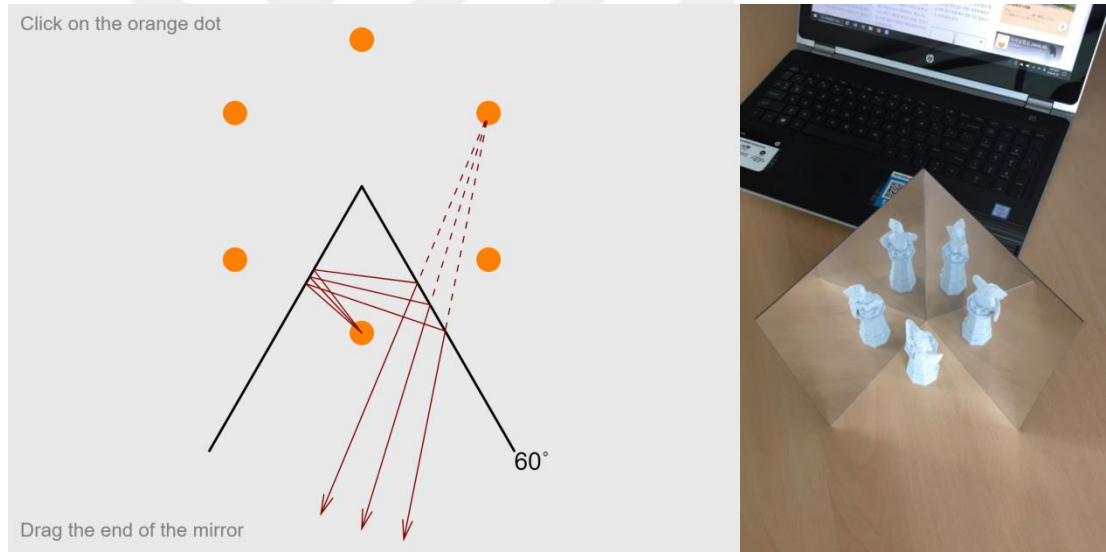
Bazı hayvanların retinaları, hayvanların gece görüşünü etkili bir şekilde iyileştirdiği için retro yansıtıcı görevi görür. Gözlerinin mercekle, gelen ve giden ışığın yollarını karşılıklı olarak değiştirdiğinden, etki, gözlerin bazen gece fenerle dağda yürürken görülen güçlü bir retro reflektör görevi görmesidir.

Basit bir geri yansıtıcı, üç normal aynayı birbirine dik olarak yerleştirerek yapılabilir (bir köşe reflektörü). Üretilen görüntü, tek bir aynanın ürettiği görüntünün tersidir. Bir yüzey, üzerine küçük bir kırılma küresi tabakası yerleştirerek veya küçük piramit benzeri yapılar oluşturarak kısmen geri yansıtıcı yapılabilir. Her iki durumda da iç yansıma, ışığın geldiği yere geri yansımaya neden olur. Bu, trafik işaretleri yapmak için kullanılır ve otomobil plakaları ışığı çoğunlukla geldiği yöne doğru yansıtır. Bu uygulamada, ışık

sürücünün gözlerinden ziyade karşıdan gelen bir arabanın farlarına geri yönlendirileceğinden, mükemmel bir retro-yansıma istenmez.

4.3.3.4 Çoklu Yansıma

Işık bir aynadan yansıdığında bir görüntü belirir. Tam olarak yüz yüze yerleştirilmiş iki ayna, düz bir çizgi boyunca sonsuz sayıda görüntünün görünümünü verir. Birbirine belirli bir açıyla oturan iki ayna arasında görülen çok sayıda görüntü bir daire üzerinde uzanmaktadır. Bu dairenin merkezi, aynaların hayali kesişme noktasında bulunur. Yüz yüze yerleştirilmiş dört aynadan oluşan bir kare, bir düzlemde düzenlenmiş sonsuz sayıda görüntünün görünümünü verir. Bir piramidi birleştiren dört ayna arasında görülen, her bir çift aynanın birbirine açılı oturduğu çoklu görüntüler bir küre üzerinde uzanmaktadır. Piramidin tabanı dikdörtgen şeklindeyse, görüntüler simitin bir bölümüne yayılır.

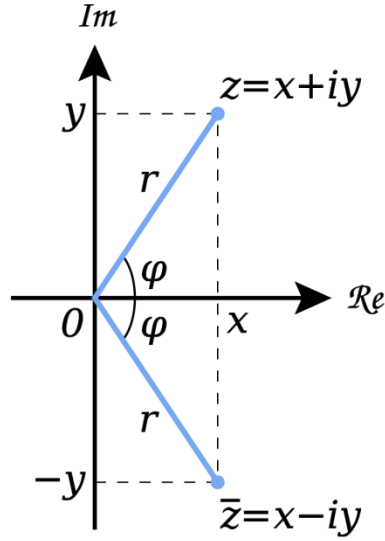


Şekil 4.10: Çoklu yansıma

Kaynak: (https://javalab.org/en/multiple_reflections_en/, 2020)

4.3.3.5 Karmaşık Eşlenik Yansıma

Doğrusal olmayan bir optik işlem nedeniyle ışık tam olarak geldiği yöne geri döner. Bu tür bir yansımada, sadece ışığın yönü tersine çevrilmez, aynı zamanda gerçek dalga cephelemi de tersine çevrilir. Bir konjuge reflektör, bir ışıktan sapmaları yansıtarak ve ardından yansımayı sapan (ışığı düz bir yoldan saptıran optikler, yani düzeltici lensler) optiklerden ikinci kez geçirerek gidermek için kullanılabilir.

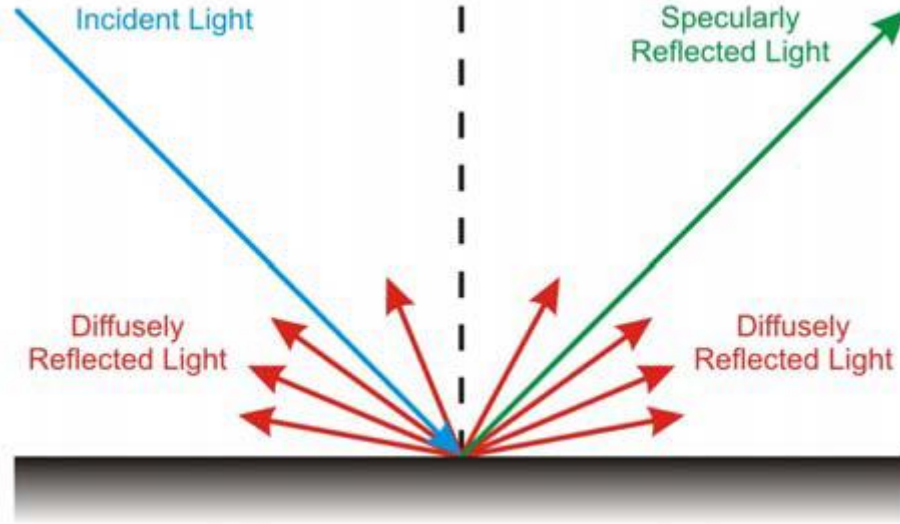


Şekil 4.11: Karmaşık düzlemde z ve eşlenik $\bar{z}$ 'nin geometrik gösterimi (Argand diyagramı) . Karmaşık eşlenik, z 'nin gerçek eksen boyunca yansıtılmasıyla bulunur.

Kaynak:(https://en.wikipedia.org/wiki/Complex_conjugate#/media/File:Complex_conjugate_picture.svg, 2020)

4.3.3.6 Karışık Yansım

Karma yansım, yüzeyin gelen ışığın bir kısmını dağınık ve bir oranını aynasal olarak yansıttığı yerde meydana gelir. İlki, yüzeyin kendisine orta düzeyde parlaklık verirken, ikincisi kendi görüntüsünün görünür olmasına neden olur. Bu tür bir yansım sırlı porselen, camsı emaye ve parlak boya üzerinde görülebilir. Bu tür düşünmeyi yöneten yasalar, aynasal ve dağınık olanların bir kombinasyonudur, her bir bileşen diğerinden tamamen bağımsız davranır. Speküler bileşenin gelen ışığı ile aynı spektral bileşime sahip olduğu, ancak dağınık olarak yansıyan ışığın yansıtma yüzeyinin rengini aldığı not edilmelidir. Buna bir örnek, yeşil camlı bir çaydanlığın üzerine düşen güneş ışığının, çanak çömleklerin yeşil arka planına karşı güneşin küçük bir altın görüntüsünü oluşturmasıdır.



Şekil 4.12: Karışık yansıma, aynasal ve yaygın yansımanın bir kombinasyonudur.

Kaynak: (Industrial Electronics (ISIE), 2010 IEEE International Symposium on, 2010)

4.3.3.7 Tercihli Yansıma

Bu, doğadaki en yaygın yansıma biçimidir. Yansıyan ışık her yöne dağılır, ancak farklı derecelerde, bazı yönlerde diğerlerinden daha fazla yansır; özellikle ışığın diğerlerinden daha fazla yönlendirildiği bir yön vardır ve bu nedenle tercih edilen yön olarak tanımlanır. Çoğu yüzey için tercih edilen yön, eğer yüzey speküler bir reflektör olsaydı ışığın yansıtılacağı yön ile çakışır ve bu nedenle gelen ışığın yönüne göre değişir. Tercihli bir reflektörün uzatılmış yüzeyi bu nedenle bazı kısımlarda diğerlerine göre daha parlak görünecek ve parlak görünecektir. Parlak alanlar, yüzey speküler olsaydı, kaynağın görüntülerinin görüneceği noktalarda ortalanacaktır, ancak tercihli yansıma, yalnızca hafifçe dağılmış aynasal yansıma olarak görülmemelidir. Aynı yasalara tabi değildir ve aslında tercihli yansıma için kesin yasalar formüle edilmemiştir. Özellikle, parlak alanların parlaklığı (keskin bir kenarı olmayan) kaynağın parlaklığıyla orantılı değildir; ne de basitçe yüzeydeki aydınlatma ile orantılıdır, çünkü bu, dağınık bir şekilde yansıtan bir yüzey olacaktır. Tercihli yansıma, yüksek bir yol yüzeyi parlaklığı ve nesnelerin iyi görünürlüğüne sağlamak için sokak yüzeyinden tercihli yansımayı kullanan modern sokak aydınlatması tekniğinde, mağazalarda ürün aydınlatmada, sahnelerde sanatçı odaklanması için vb. büyük bir rol oynar.

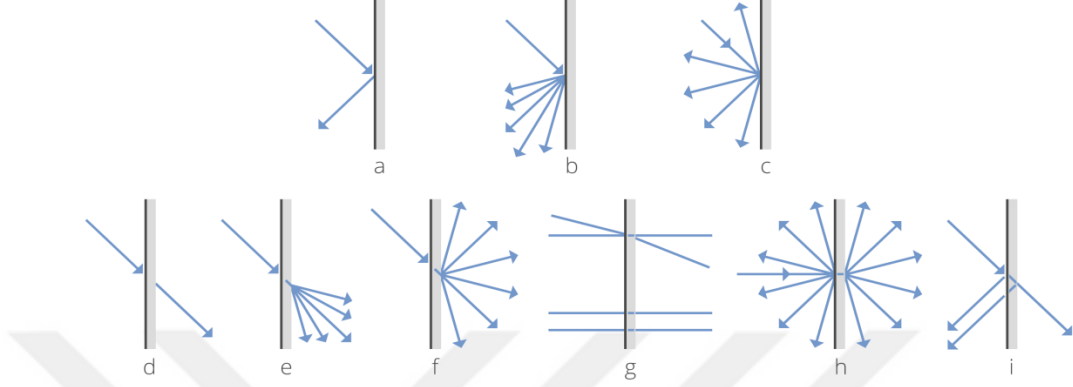
Tercih edilen yön, yüzey aynasal bir reflektör olsaydı, aynasal yönün meydana geleceği her zaman değildir. Dokuma kumaş, kadife, belirli sinema ekranı ve cam türleri gibi dokulu malzemeler, ışığı geldiği yönde geri yansıtma eğilimindedir.

Şekil 4.13: Tercihli yansımaya güzel bir örnek, He-Ne Lazer şematik diyagramı

4.4 Yansıma, Aktarım (İletim) Ve Soğurma

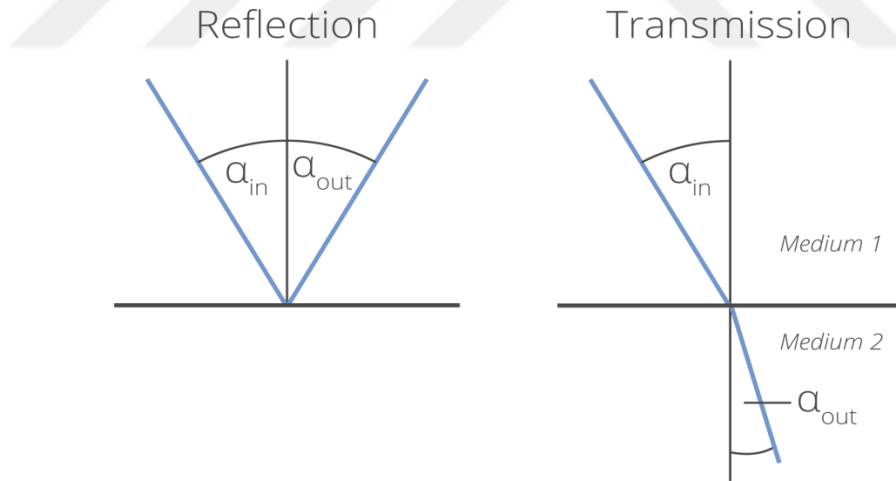
İstisna: Doppler efekti, yansıtan malzeme veya yüzey hareket halindeyken frekansta bir değişikliğe neden olur.

Soğurma, ışıma gücünün, madde ile etkileşim yoluyla başka bir enerji türüne, genellikle ısıya dönüştürülmesidir.



Şekil 4.14: Doğrudan, karışık ve dağınık yansıma alt: doğrudan, karışık ve dağınık iletim

Kaynak:(<https://www.gigahertz-optik.de/en-us/basics-light-measurement/light-color/reflection-trans-abs/>, 2020)



Şekil 4.15: Doğrudan yansıtıldığında veya doğrudan iletilildiğinde, tek yönlü bir ışın geometrik optik yasalarına uyar: doğrudan yansıma (sol): $\alpha_{in} = \alpha_{out}$, doğrudan iletim (sağ): $n_1 \times \sin(\alpha_{in}) = n_2 \times \sin(\alpha_{out})$ ilgili ortamın kırılma indisini gösteren n_1 ve n_2 ile $\sin(\alpha_{out})$

Kaynak:(<https://www.gigahertz-optik.de/en-us/basics-light-measurement/light-color/reflection-trans-abs/>, 2020)

4.4.1 Yansıma(ρ), Geçirgenlik(τ), Soğurma(α) Teknik Detay & Formülasyon

Genel olarak yansıma, iletim ve soğurma, etkilenen radyasyonun dalga boyuna bağlıdır. Bu nedenle, bu üç işlem ya monokromatik radyasyon için (bu durumda, "spektral" sıfatı ilgili miktara eklenir) veya belirli bir polikromatik radyasyon türü için ölçülebilir. İkincisi için, gelen radyasyonun spektral dağılımı belirtilmelidir. Ek olarak, yansıtma, geçirgenlik ve soğurma, gelen radyasyonun polarizasyonuna ve geometrik dağılımına da bağlı olabilir, bu nedenle de belirtilmesi gerekir.

Yansıtma ρ , yansıyan ışıma gücünün gelen ışıma gücüne oranı ile tanımlanır. Belirli bir alan elemanı yansıtıcı yüzeyin dA için, (diferansiyel) gelen ışıma gücü yüzeyi en ışık şiddeti E_e verilir E_e çarpılan yüzey elemanının boyutu ile, bu şekilde

$$d\Phi_{e, \text{olay}} = E_e dA \quad (4.2)$$

Yansıyan (diferansiyel) ışıma gücü, M_e çıkışının yüzey elemanının boyutu ile çarpılmasıyla verilir :

$$d\Phi_{e, \text{yansıtılan}} = M_e dA \quad (4.3)$$

Böylece,

$$\rho = \frac{d\Phi_{e, \text{yansıtılan}}}{d\Phi_{e, \text{olay}}} = \frac{M_e \times dA}{E_e \times dA} = \frac{M_e}{E_e}$$

(4.4) veya

$$M_e = \rho E_e \quad (4.5)$$

Toplam yansıma, düzenli (veya speküler olarak) yansıyan ışıma gücü ve dağınık olarak yansıyan ışıma gücünün gelen ışıma gücüne oranlarıyla verilen **düzenli yansıma ρ_r** ve **dağınık yansıma ρ_d** olarak daha da alt bölümlere ayrılır . Bu tanımdan anlaşıyor ki,

$$\rho = \rho_r + \rho_d \quad (4.6)$$

Geçirgenlik τ bir ortamın gelen ışıma gücü iletilen ışıma gücü oranı ile tanımlanır. Toplam geçirgenliği daha bölünmüştür **normal geçirgenlik**

τ_r ve **dağınık geçirgenliği** τ_d düzenli oranlarının verdiği (ya da doğrudan) radyan enerji iletilir ve dağınık gelen ışıma gücü radyant enerji iletilir.

Tekrar,

$$\tau = \tau_r + \tau_d \quad (4.7)$$

Soğurma α bir ortamın gelen ışıma gücü emilen ışıma gücü oranı ile tanımlanır. Işıma gücü değerlerinin oranları olan yansıma, geçirgenlik ve soğurma boyutsuzdur. Malzemelerin optik özelliklerini tanımlamak için yansıtma ve geçirgenlik gibi miktarlar kullanılır. Miktarlar, karmaşık radyasyon veya monokromatik radyasyon için geçerli olabilir. Malzemelerin optik özellikleri, aşağıdaki gibi birçok parametreye bağlı olduklarından sabit değildir:

- numunenin kalınlığı,
- yüzey koşulları,
- geliş açısı,
- sıcaklık,
- radyasyonun spektral bileşimi (CIE standart aydınlatıcılar A, B, C, D65 ve diğer aydınlatıcılar D) ve
- polarizasyon etkileri

Entegre küreler kullanılarak malzemelerin optik özelliklerinin ölçülmesi DIN 5036-3 ve CIE 130-1998'de açıklanmıştır.

4.5 Kritik Açı Ve Toplam İç Yansıma

Toplam iç yansıma , optik olarak daha yoğun bir ortam içindeki bir ışık ışınının optik olarak daha az yoğun ortamın çevreleyen yüzeylerinden daha yoğun ortama tam **yansımasını** ifade eder.

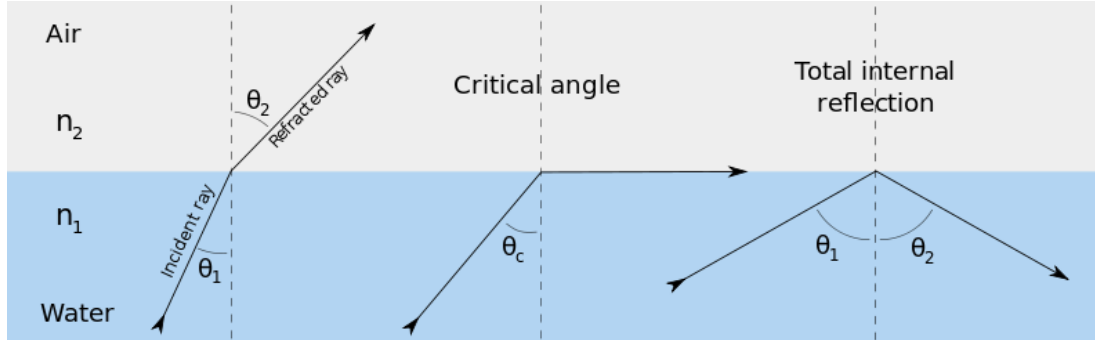
- Işık ışını, optik olarak daha yoğun bir ortamdan daha az yoğun bir ortama geçer.
- Geliş açısı, kritik açı adı verilen belirli bir açıdan daha büyük olmalıdır.

Optik olarak daha yoğun bir ortamdan daha az yoğun bir ortama geçen bir ışık ışını için, **kritik açı** , c, kırılma açısının olduğu geliş açısıdır 90° ' dir.

- Geliş açısı kritik açıdan daha az olduğunda, ışın daha az yoğun ortama geçer.
- Geliş açısı kritik açıdan daha büyük olduğunda, ışın daha yoğun ortama geri yansıtılır

Kritik açı, c ve kırılma indisi, n ile ilgili denklem:

$$\sin c = \frac{1}{n} \quad (4.8)$$



Şekil 4.16: Toplam iç yansıma dahil olmak üzere iki ortam arasındaki arayüzde ışığın kırılması. Yukarı bakıldığında yüzeyin yukarısı görülebilir; Düz bir açıyla bakıldığında sadece suyun dibinin bir yansıması görülebilir.

Kaynak: (<https://www.miniphysics.com/total-internal-reflection-2.html>, 2015)

Işın, optik olarak daha yoğun ortamdan daha nadir ortama (örneğin camdan havaya) geçtiğinde, normalden uzaklaşır çünkü μ_r , μ_i 'den küçüktür, i açısı (camdaki) r açısından daha küçüktür. (Havada). r açısı 90° 'ye eşitse, $\sin r = 1$ ve $\sin i = \mu_r / \mu_i$. Bu açıda bir ışın olayı yüzeye paralel olarak ortaya çıkar; Aslında 2. Bölümde tartışılan Fresnel yansıması nedeniyle, ortaya çıkan ışığın yoğunluğu sıfırdır çünkü tamamen yansıtılır (bu, havadaki geliş açısı 90° 'ye karşılık gelir, bunun için yansıtılan fraksiyon 1, 0'dır) . Işın bu değerden daha büyük bir açıda meydana gelirse, Snell Yasası kırılma açısının sinüsünün birlikten daha büyük olmasını gerektirir ki bu imkansızdır; Bu matematiksel zorluğun pratik anlamı, kırılma açısının 90° 'nin ötesine artması gerekirse (sinüsün μ_r / μ_i 'ye eşit olduğu bu değer ötesinde geliş açısında bir artışa karşılık gelir) kırılan ışının ikinci ortam, ancak yüzeyden geçmeden olay ışınında kalır ve yasa artık geçerli değildir.

Sinüsün μ_r / μ_i 'ye eşit olduğu daha yoğun ortamdaki bu geliş açısı, bu daha yoğun ortamdan belirtilen daha nadir ortama (örneğin camdan havaya) kırılma

için kritik açı olarak adlandırılır. Kritik açıdan daha büyük geliş açıları için, daha nadir ortama hiç ışık çıkmaz, ancak hepsi yüzey mükemmel bir aynasal yansıtıcıymış gibi yansıtılır. Yansıtılan ışının yoğunluğu o zaman gelen ışının yoğunluğu olur ve yönü daha önce belirtilen spekül yansıma için iki yasa ile verilir; böyle bir yansıma, toplam iç yansıma olarak bilinir. Kritik açıya ulaşıldığında, ışığın hareketinde ani bir değişiklik olmadığını unutmayın. Kritik açıdan daha küçük geliş açıları için, bir fraksiyon, Fresnel Yasasına göre spekül olarak yansıtılır ve geri kalanı yüzey boyunca iletilir, ancak yünden sapılır (yani kırılır). Kritik açıya eşit veya daha büyük geliş açıları için, yansıyan kırılma birliktir ve hiçbir ışık kırılmaz. Aydınlatma ekipmanının tasarımında toplam iç yansıma kullanılır, çünkü cam yüzey herhangi bir gümüşlenme veya başka bir işlem olmaksızın yüksek yansıma faktörünün spekül olarak yansıtan bir yüzeyi olarak davranır. Teorik olarak yansıma faktörünün 1,0 olması ve ışık kaybı olmaması gerekmesine rağmen, gerçek değer yüzeyin cila derecesine ve temizliğine bağlıdır. Optik olarak işlenmiş ve cilalanmış yüzeyler (kaliteli bir prizmatik dürbün çiftindeki prizmaların yüzleri gibi) için değer, birliğin çok az altındadır. Bununla birlikte, ışık tertibatlarında kullanılanlar gibi preslenmiş cam eşyalar için, optik olarak işlenmiş cam çok pahalı olduğundan, yansıma faktörü nadiren 0,9'u aşacaktır ve özellikle tozun yüzeye çökmesine izin verildiğinde, önemli ölçüde daha az olacaktır.

İdeal koşullar altında, su yüzeyine alttan bakan bir gözlemci, ufuktan ufka kadar tüm su üstü yarım kürenin mükemmel dairesel bir görüntüsünü görür. Hava / su sınırındaki kırılma nedeniyle , Snell'in penceresi, balık gözü merceğin etkisine benzer şekilde, 180° 'lik bir görüş açısını su altında 97° 'lik bir görüş açısına sıkıştırır . Bu görüntünün parlaklığı çevre / ufukta sıfıra düşer, çünkü düşük otlatma açıları gelen ışığın çoğu kırılmak yerine yansıtılır (bkz. Fresnel denklemleri). Kırılma, yüzeyin düzlüğündeki herhangi bir düzensizliğe (dalgalanmalar veya dalgalar gibi) karşı çok hassastır, bu da yerel bozulmalara veya görüntünün tamamen parçalanmasına neden olur. Bulanıklık Suda, dağınık bir ışık bulutunun arkasındaki görüntüyü perdeleyecek.

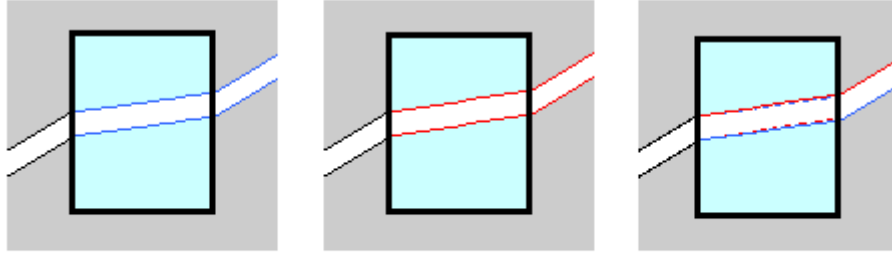


Şekil 4.17: Snell'sin penceresinden görünüm, dalgıç denizin dibinden denizin daireselliğini görebilir

Kaynak: (<https://www.uwphotographyguide.com/underwater-photography-snell039s-window>, 2018)

4.6 Paralel Kenarlı Blok Ve Prizmadaki Yansıma Ve Kırılma

Bir cam bloğun iki zıt kenarı paralel ise, bir ışının bloğa girip çıktığı noktalarda yüzeye olan açı paralel olacaktır; ikinci yüzdeki geliş açısı bu nedenle birinci yüzdeki geliş açısına eşittir ve Snell Yasasına göre bloktan çıkma açısı, birinci yüzeydeki geliş açısına eşittir. Işın nihayet bir yönde ortaya çıkar, ancak blok içinde Şekil 4.17'da gösterildiği gibi yüzlere normale daha yakın durur. Işının bir ucunda ince bir kırmızı saçak ve ışının karşı tarafında mevcut ince mor bir saçak vardır. Bu saçak dağılmanın kanıtıdır. İlk sınır boyunca iletdikten sonra beyaz ışığın çeşitli bileşenlerinin farklı bir sapma açısı olduğundan, menekşe kırmızından çok az ayrılır. İkinci sınır boyunca iletim üzerine kırılma yönü tersine çevrilir; yine de mor ışık dikdörtgenin içinden geçerken aşağıya doğru hareket ettiğinden, ışının alt kenarında bulunan ana renktir. Işının üst kenarındaki kırmızı ışık için de aynısı söylenebilir.

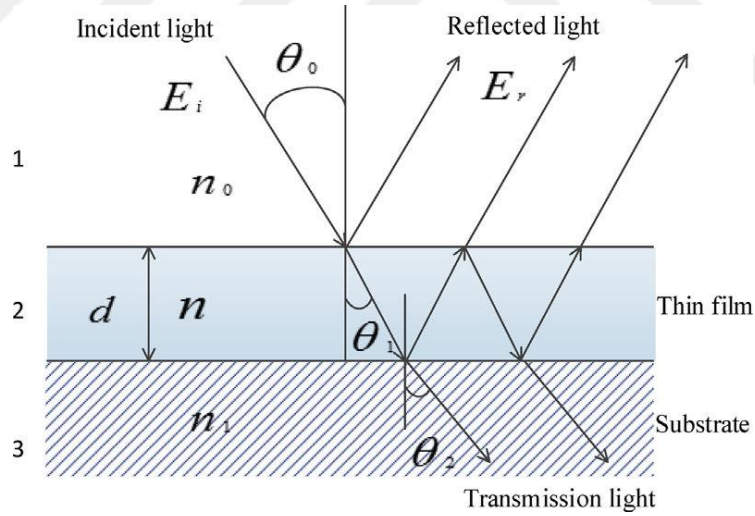


When white light passes through a parallelogram, there is no angle of deviation between the entry beam and exit beam. However, there is a thin fringe of red and of violet light on the outer edges of the beam emerging from the prism.

Şekil 4.18: Beyaz ışık bir paralel kenardan geçtiğinde, giriş ışını ile çıkış ışını arasında herhangi bir sapma açısı yoktur. ancak prizmadan çıkan ışının dış kenarlarında kırmızı ve mor ışıktan oluşan ince bir saçak vardır.

Kaynak: (<https://www.physicsclassroom.com/class/refrn/Lesson-4/Dispersion-of-Light-by-Prisms>, 2020)

Şekilde gösterilen basit yol, tam yol değildir. Fresnel Yasasına göre her yüze bir miktar ışık yansır ve herhangi bir ışık bir yüze her çarptığında, bir kısmının yanı sıra genellikle büyük kısmı olan bir kısmı da yüzey boyunca kırılır. Yolun tamamı aşağıdaki Şekil 4.18'de gösterilmektedir.



Şekil 4.19: Paralel kenar bir malzemedeki ışığın yansımaya ve kırılması

Kaynak: (Guo, 2017)

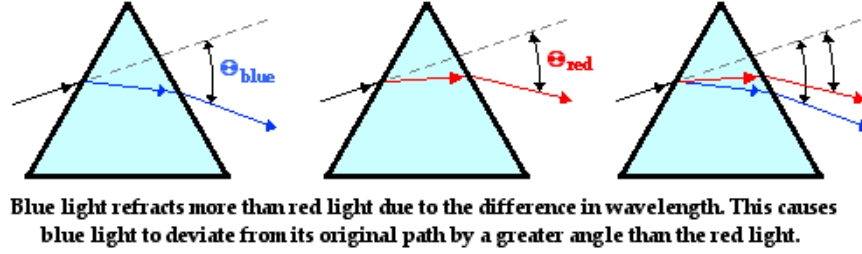
Yansıyan veya iletilen ardışık ışınlar çok hızlı bir şekilde zayıflar, böylece yalnızca ilk ışın fark edilir, ancak geliş açısı büyükse, iki veya üçü, cıvalı yüzeydeki bir kaynağın veya nesnenin birden fazla görüntüsüne yol açtıkları için tespit edilebilir. Genellikle yansıtılan herhangi bir noktada (Fresnel Yansıması) ışık olayının yaklaşık % 5'i kadardır ve geri kalanı yüzey boyunca

kırılır. Camın soğurma özelliklerine bağlı olarak belirli bir miktar, ışık bloğun yüzleri arasından geçerken emilir. Ortaya çıkan ışınlar olay ışına paraleldir. Gelen ışının başka bir yöne saptırılması istenirse, bloğun iki yüzü birbirine paralel hale getirilir, yani tepe açısı yüzlerin eğimi olan bir prizma oluşturacak şekilde birbirlerine eğimlidirler.

Şekil 4.18'deki resimlerden, prizmanın ürettiği toplam sapmanın, iki yüzde meydana gelen sapmaların cebirsel toplamı olduğu ve gelen ışının ilk yüzünün eğimini ve prizmanın açısını değiştirerek, toplam sapma, oldukça geniş bir değer aralığında değişebilir. Kırılan ışığın oranı geliş açısına bağlıdır, bu nedenle bir sınır vardır.

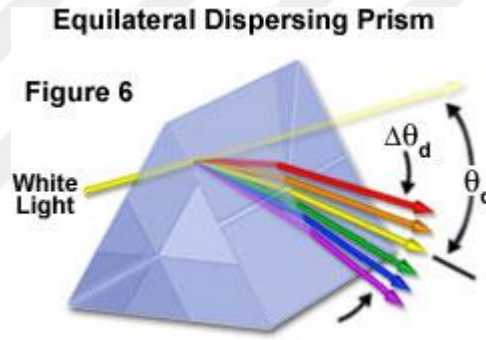
verimli bir şekilde elde edilebilen sapma. Örneğin, prizmanın iç yüzüne ulaştığında iletilen ışının açısı kritik açıya yaklaşırsa, ışığın çoğu ikinci yüzeyde dahili olarak yansıtılır ve prizma bir refraktör olarak neredeyse işe yaramaz hale gelir. Ortaya çıkan ışının daima prizmanın tabanına doğru saptığına dikkat edilmelidir. Yani; Bir ışık ışınının bir prizmadan geçişinin neden olduğu toplam kırılma miktarı genellikle **sapma açısı** (θ) cinsinden ifade edilir . Sapma açısı , prizmanın *ilk yüzüne* giren ışık ışını ile *ikinci yüzden* çıkan kırılan ışın arasında yapılan açıdır, prizmanın. Görünür ışığın farklı dalga boyları için farklı kırılma indisleri nedeniyle, sapma açısı dalga boyuna göre değişir. Daha kısa dalga boylarına sahip görünür ışık spektrumunun renkleri, daha uzun dalga boylu renklere göre orijinal yollarından daha fazla sapacaktır. Üçgen prizmadan farklı açılarda ışığın farklı renklerinin ortaya çıkması, bir gözlemcinin görünür ışığın bileşen renklerini birbirinden ayrılmış olarak görmesine yol açar. Konuyu biraz daha açacak olur isek; kırılma değerleri indeksinin ışık frekansına bağlı olmasıdır. Görünür ışık için n değeri, frekansla büyük bir değişim göstermez, ancak yine de bir varyasyon gösterir. Örneğin bazı cam türleri için mor ışığın frekansları için n değeri 1.53'tür; ve kırmızı ışığın frekansları için n değeri 1.51'dir. Emme ve yeniden yayma işlemi, yüksek frekanslı (daha düşük dalga boyu) mor ışığın taç camı boyunca daha düşük frekanslı (daha yüksek dalga boyu) kırmızı ışığa göre daha yavaş hareket etmesine neden olur. Değişen frekanslar için n değerindeki bu farktır.(ve dalga boyları) ışığın üçgen prizma ile dağılmasına neden olur. Soğurma ve yeniden yayma süreciyle büyük ölçüde yavaşlatılan mor ışık, kırmızı ışıktan daha fazla kırılır. Üçgen prizmanın ilk

sınırına beyaz ışığın girmesi üzerine, beyaz ışığın spektrumun bileşen renklerine hafif bir ayrımı olacaktır. İkinci sınırda üçgen prizmadan çıkıldığında, ayrım daha da büyür.



Şekil 4.20: Bir ışığın bir prizmada sapması Mavi ışık, dalga boyundaki farklılık nedeniyle kırmızı ışıktan daha fazla kırılır. Bu, mavi ışığın orijinal yoldan kırmızı ışıktan daha büyük bir açıyla sapmasına neden olur.

Kaynak: (<https://www.physicsclassroom.com/class/refrn/Lesson-4/Dispersion-of-Light-by-Prisms>, 2020)



Şekil 4.21: Beyaz ışığın prizmada kırılması ile ayrılan renklerin açılarını gösterir şekil

Kaynak: (Introduction to Prisms and Beamsplitters, 2018)



5. RENK

5.1 Rengin Fiziksel Özellikleri

Sir Isaac Newton (1642-1727), kesin deneyler üzerindeki büyük ustalığı sayesinde bilimin birçok yönü üzerinde, özellikle optik ve dinamik üzerinde derin bir etki yarattı. Newton geçmişine olan saygısını şu cümlelerle özetlemişti; “Diğerlerinden biraz daha uzağı görmüşsem, bunun nedeni devlerin omuzlarında durmuş olmamdır.”

5.2 Prizma Deneyi

Daha önceler, rengin, ışık ve karanlığın karışımıyla yaratıldığı düşünülüyordu. Ancak Newton, bir kitabın beyaz sayfasındaki karışık baskının, uzaktan bakıldığında renkli değil gri görüldüğünü belirtti. Işığı prizmalar aracılığıyla bükme deneyleri, sonunda, bir prizmada kırıldığında ayırt edilebilen, farklı renkli ışınların bir karışımının beyaz ışıktaki varoluşunun devrimci keşfine yol açtı. İlk deneyinde ışığı kepenklerdeki yuvarlak bir delikten yansıttı.

"Çok karanlık bir Odaya, yuvarlak bir deliğe, bir inç genişliğinin yaklaşık üçte biri kadar, pencerenin kapağında yapılmış bir cam prizma yerleştirdim." Newton, prizmanın duruşunu sabitlemeden ve ışığı beyaz bir kağıt yaprağına yansıtmadan önce ışığı duvara yansıtarak işe başladı.

Bu, güneşin esasen beyaz olan, ancak mavi bir üst kenarı ve kırmızı bir alt kenarı olan uzatılmış bir görüntüsünü oluşturdu. İkinci deneyinde, ışığı panjurlardaki dar bir yarıktan yansıtarak artık tanıdık olan çok renkli şeridi elde etti.



Şekil 5.1: Newton'un renkleri keşfi

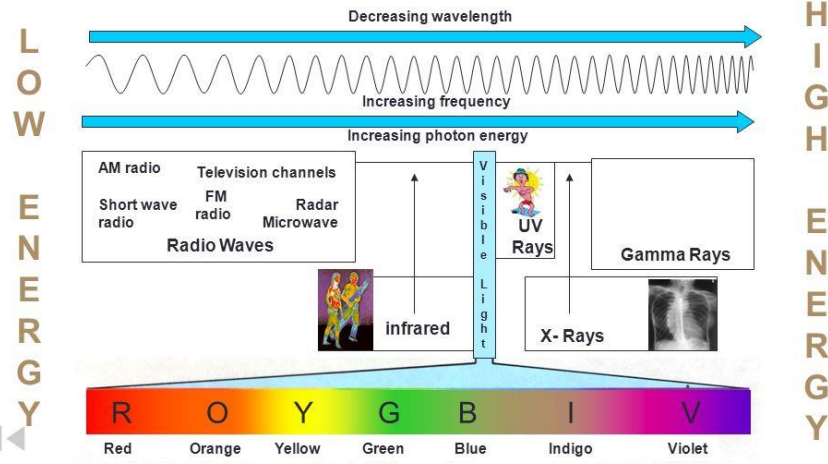
Kaynak: (Sir Isaac Newton's Influence on the Color Wheel, 2020)

Cambridge'e döndüğünde Newton, keşfi konusunda alışılmadık bir şekilde açıktı, prizma deneyini akranlarının önünde gösterdi ve renklerin beyaz ışık oluşturmak için yeniden birleştirilebileceğini gösterdi. 1669 ile 1671 yılları arasında halka açık konferanslarda (1728'de *Lectiones Opticae* adıyla yayınlandı) ve 1672'de Kraliyet Cemiyeti'ne yazdığı bir makalede keşiflerinin ayrıntılı bir açıklamasını yaptı. 1675'te, inceliğin rengi üzerine başka deneyler anlatan başka bir makale sundu. filmler ve levhalar ve ışık kuramı şaşırtıcı bir şekilde modern ışık kuantısına benzeyen cismani bir ışık teorisi ortaya koydu. Diğer birçok şeylerin yanı sıra, yağmur damlalarının güneş ışığını nasıl kırıp gökkuşakları oluşturduğunu da açıkladı. Bu, Aristoteles, Alhazen, Vitello ve Antonio de Dominis dahil olmak üzere bilimsel yazarları büyüleyen bir olgunun ilk kromatik açıklamasıydı. Spektrumun yedi rengine kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, çivit ve menekşe adını verdi. Newton ayrıca, 1801'e kadar Huygens'in Dalga teorisini canlandıran Thomas Young'ın gözün üç 'konisi' olduğunu göstermesine rağmen, spektrumun her bir renginin komşularıyla nasıl kademeli olarak birleştiğini anlattı.

Newton, farklı ışık dalga boylarının farklı renk hisleri ortaya çıkardığını gösterdi. Newton'un deneyinde ve tüm görüşümüzde ışık uyarıcıdır. Şimdi elektromanyetik spektruma tekrar bakalım. Bu diyagramda, aralığın 400 nm ucuna yakın spesifik dalga boyları "mavi" bir his üretecek, orta dalga boyları

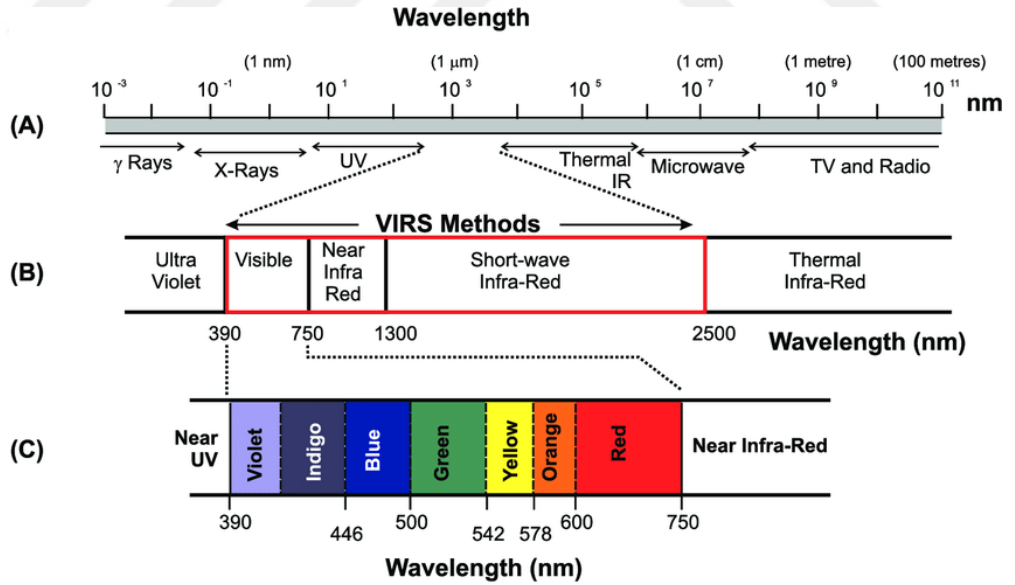
"yeşil veya sarımsı" bir renk hissi üretecek ve daha uzun dalga boyları "kırmızımsı" bir renk hissi üretecektir.

The Electromagnetic Spectrum



Şekil 5.2: Elektromanyetik Spektrum ve Dalga Boyları

Kaynak: (waves and electromagnetic spectrum, 2020)



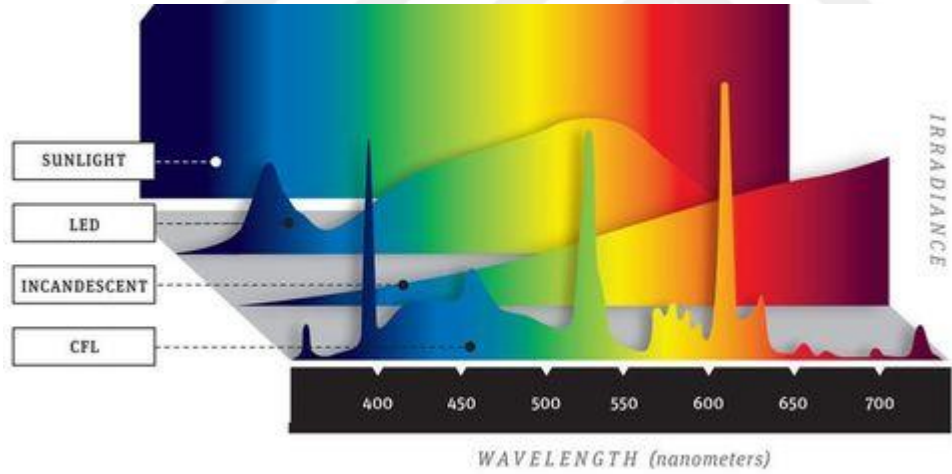
Şekil 5.3: Dalga Boyları ve Renkler

Kaynak: (https://www.researchgate.net/figure/The-electromagnetic-spectrum-showing-the-regions-of-interest-in-the-context-of_fig1_288899855, 2020)

Buradan şuna geleceğiz; "insan gözü tüm duygusal deneyimlerin tetikleyicisidir" demek makul derecede güvenlidir. Bunu anlamak için bu

bölümü derinleştireceğiz. İnsan görsel sistemine giren ve görmeyi başlatan enerjidir. Görsel sistem bu dalga boylarını yorumlar ve bilinçaltında onlara farklı renk algıları atar. Farklı ışık dalga boylarına farklı renk hisleri atamak bizim için yaygın ve kullanışlı olsa da, temelde yanıltır. Dalga boylarının kendilerinin rengi yoktur. Rengin bir vizyon yapısı olduğu söylenebilir. Renk bir algıdır.

Ama burada çok önemli olan şey şu - buradan itibaren jenerik isimleriyle bahsedeceğimiz elektrik ışıklarını içeren herhangi bir ışık kaynağı tarafından üretilen ışığın doğasını tam olarak anlamak için lambalardaki ışığın farklı dalga boylarından oluştuğunu anlamalıyız. Lambalardan ve gün ışığından gelen ışığın bileşimi, Spektral Güç Dağıtım Eğrisi (SPD) olarak adlandırdığımız bir grafiğe çizilebilen ayrı dalga boyu bileşenlerine bölünebilir. 2. Bölümde SPD eğrilerini göstermiştik. SPD, tüm ışık spektrumu boyunca her dalga boyundaki bağıl gücü gösterir. İşte bu kavramı anlamamıza yardımcı olacak iki SPD için şekil 5.4'e bakınız.



Şekil 5.4: Spektral Güç Dağılımı 3 Boyutlu Örnekleri

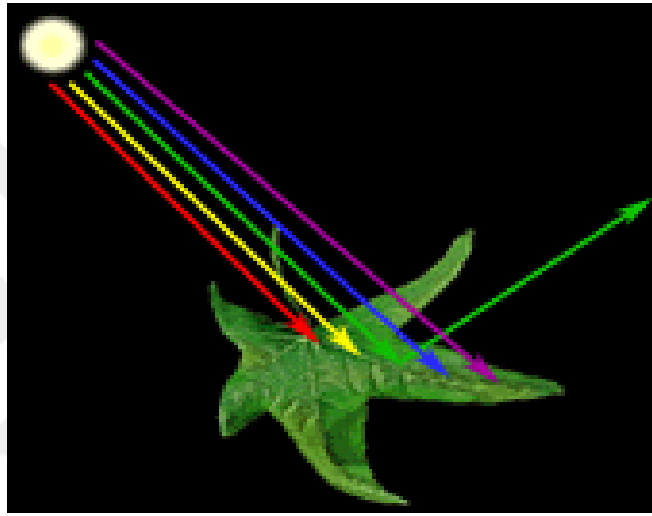
Kaynak: (Hermann, 2011)

Yukarıdaki diyagramda göreceğiniz üzere, beyaz ışığı (Sunlight) oluşturan bütün ana renkler hemen hemen eşdeğer bir şekilde diyagrama yansımıştır. Ledlerin mavi ve sarı-kırmızı renklerdeki yoğunluğunu görebilirsiniz. Akkor (incandescent) lambaların sıcak olduklarını da bu diyagramdan okuyabiliriz.

Şimdi vereceğimiz bilgi şu bilgi çok önemlidir; - nesnelerin kendiliğinden bir rengi yoktur. Yani, onlar aslında ışığın çeşitli dalga boylarını farklı oranlarda

yansıtır, iletir ve emer. Nesnelerin yansıtma özellikleri, bir nesnenin her dalga boyunda yansıtacağı göreceli gelen ışık miktarını veren Spektral Yansıtma Dağılımı (SRD) kullanılarak karakterize edilebilir.

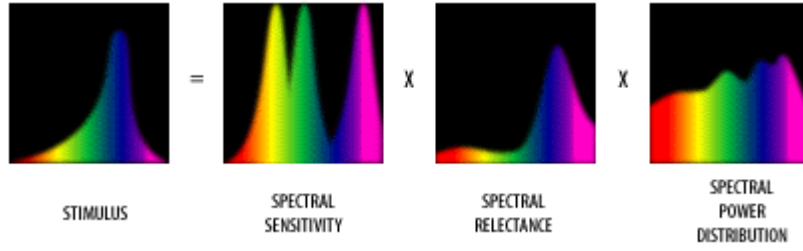
Bir nesneyi algıladığımız renk, hangi dalga boyundaki ışığın nesne tarafından soğurulduğu veya yansıtıldığı ile belirlenir. Gözümüze sadece yansıyan dalga boyları ulaşır ve renk olarak görülür. En yaygın bitkilerin yaprakları kırmızı, turuncu, mavi ve moru emer. Aynı zamanda tüm yeşil dalga boylarını yansıtırlar ve bu nedenle yeşil renkte görünürler. Nesnenin bu özelliklerine spektral yansıması denir.



Şekil 5.5: Spektral Yansıma

Kaynak: (Patrick, 2013)

Aşağıdaki grafikler, oluşturulan ışık yerine yansıyan ışığı göstermeleri dışında SPD grafiklerine benzer. Rengi anlamadaki kilit nokta, nesnelerde algıladığımız rengin, ışık kaynağı tarafından üretilen ışık spektrumu arasındaki karmaşık etkileşimin bir sonucu olan gözlerimize ulaşan ışık enerjisi spektrumunun bir sonucu olduğunu anlamaktır. Spektrumun bir nesne tarafından değiştirilmesi (yansıma, iletme ve soğurma). Aşağıdaki Şekil 5.6'da, gördüğümüz şeyin nihai sonucunu üretmek için ışık kaynaklarının SPD'lerinin nesnelerin SRD'leriyle nasıl etkileşime girdiğini gösterir.

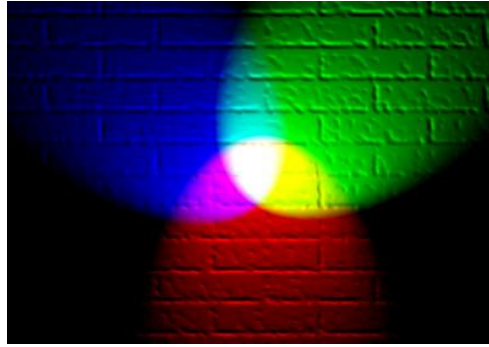


Şekil 5.6: Uyarıcı = Spektral duyarlılık x spektral yansıtma x SPD'ye eşit olduğunu gösterme

Kaynak: (Patrick, 2013)

5.3 Katkı Renk Sistemi

Katkılı renk karışımının arkasındaki temel dayanak, farklı dalga boyları birleştikçe, görsel sistemimiz üzerinde ortaya çıkan etkinin ilave olmasıdır. Başka bir deyişle, göz-beyin sistemi görsel duyular yaratmak için sinyalleri birleştirir. Katkı renkleri, algılanabilir tüm renk tonlarının farklı miktarlarda kırmızı, yeşil ve mavi ışığın karıştırılmasıyla oluşturulabileceğini belirtir. Eşit miktarda kırmızı, yeşil ve mavi beyaz hissi verir. Kırmızı, yeşil ve mavinin yokluğu siyah hissi verir. Veya, kırmızı ve yeşil ışık birbirine karışırsa ortaya çıkan his sarı ışıktır. Bu renk temsiline Katkı Renk Sistemi denir. Kendi ışıklarını yayan nesneleri nasıl gördüğümüzü açıklar.



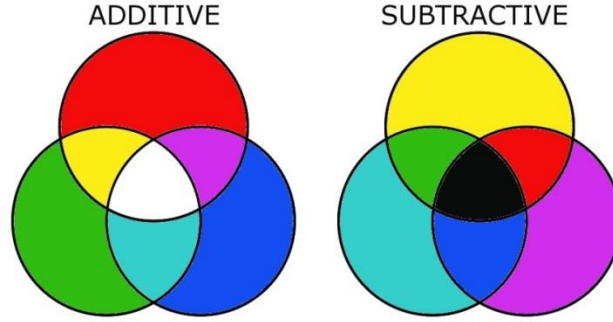
Şekil 5.7: İkincil renkleri gösteren kırmızı, yeşil ve mavi ışıklar

Kaynak: (Additive color, 2007)

5.4 Eksiltici Renk Sistemi

Başka bir aydınlatıcı kaynaktan gelen ışığı yansıttığı için görülen nesneler, eksiltici renk sistemi ile açıklanır. Nesnelerin rengi, büyük ölçüde nesnenin

içindeki pigmentlere bağlıdır. Pigmentler, eksiltici renk karışımının temelini oluşturur. Pigmentler, farklı dalga boylarındaki ışığı seçici olarak emen veya yansıtan kimyasallardır. Pigment, gelen ışığın belirli dalga boylarını çıkardığında veya absorbe ettiğinde, bir nesnede renk oluşturulur. Boyalar, eksiltici renk karışımının en iyi örneğidir. Eflatun boya veya pigment macenta görünür, çünkü yeşil ışığı emer ve kırmızı ile maviyi yansıtır. Benzer şekilde, camgöbeği bir boya kırmızıyı emer ve yeşili ve maviyi yansıtır ve sarı bir boya maviyi emer ve yeşil ve kırmızıyı yansıtır. Macenta ve camgöbeği boyları karıştırırsak karışım mavi görünecektir çünkü kombine pigmentler kırmızı ve yeşili emer. Son olarak, yeni mavi boyamızı sarı boyayla karıştırırsak, üç ana bilimsel rengin tamamı emilecek ve yeni karışım siyah görünecektir. Böylece pigmentli boya renklerinin tamamı çıkarılır.



Şekil 5.8: Katkı Renk ve Eksiltici Renk Sistemleri

Kaynak: (Subtractive and Additive colour Models, 2014)

5.5 Renklilik Ve Renk Karakterizasyonu

Renklilik, aydınlatmasına bakılmaksızın bir rengin veya ışık kaynağının kalitesinin nesnel bir özelliğidir. Dikkate alınan özellikler ton (kırmızı veya mavi gibi gerçek renk adı) ve doygunluktur (rengin ne kadar saf olduğu).

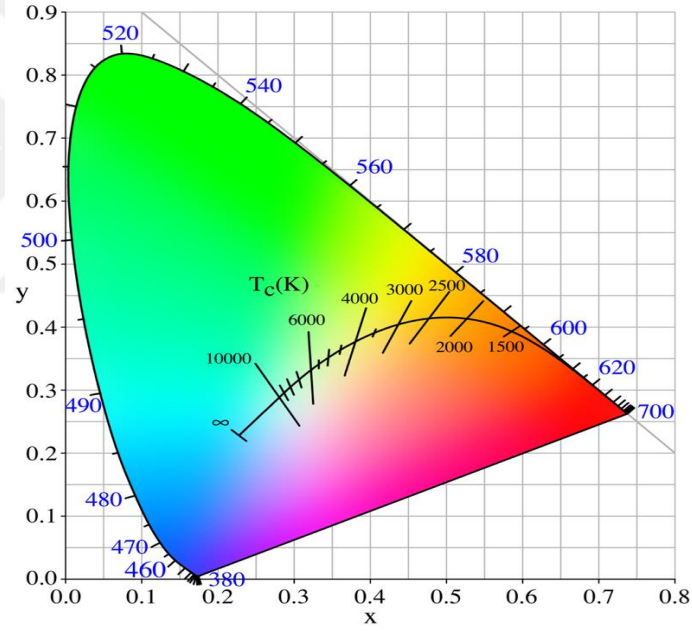
Bazı renkler tek, saf bir dalga boyuyla oluşturulabilse de, çoğu renk bir dalga boylarının karışımının sonucudur. Commission International de L'Eclairage (CIE veya International Commission on Illumination), 20. yüzyılın ilk yarısında, bir ışık kaynağında bulunan dalga boylarına göre rengi sistematik olarak ölçmek için bir yöntem geliştirmek için çalıştı. Bu sistem, CIE renk modeli veya CIE 1931 olarak bilinir. En sonuncusu CIE 1976 olmak üzere iki

kez güncellenmiştir, ancak yine de CIE 1931 Renklilik Diyagramını kullanmak yaygın bir uygulamadır.

CIE renk sisteminde en sık kullanılan araçlardan biri, iki boyutlu bir renk haritası olan CIE renklilik diyagramıdır. Gerçekte 3 boyut varken, iki koordinat biliyorsanız, üçüncü koordinatı bulabileceğiniz şekilde inşa edilmiştir. Aşağıdaki Şekil 5.9 'da, eğilmiş bir ata benzeyen CIE 1931 renklilik diyagramını göreceksiniz. Bu özel versiyon, ışığın dış çevre boyunca nanometre cinsinden dalga boylarını gösterir.

Bir ışık kaynağının renk noktası (aynı zamanda renklilik) genellikle CIE standart renk sistemi 1931'de temsil edilir. Her bir kendi kendini aydınlatan ışık kaynağı, x- ve y koordinatları ile açık bir şekilde belirlenebilir. İnsan gözüyle görülebilen dalga boyları, eğimli dış çevre çizgisi veya spektral lokus üzerine çizilir. Alt sınır, görünür ışığın görünmez UV ve IR radyasyonu ile sınırı olan mor çizgidir. Diyagramın ortasındaki beyaz ışık alanı, siyah gövde çizgisi (Black Body Line - BBL) ile işaretlenmiştir. BBL'deki tüm renk noktaları saf beyazdır ve çeşitli görünür dalga boylarının bir karışımından kaynaklanır. BBL'deki renk noktaları, dalga boylarının karışım oranıyla ayırt edilir. Çoğunlukla kırmızı dalga boyları mevcutsa, buna sıcak beyaz ışık denir. Öte yandan soğuk beyaz ışık, mavi dalga boylarının hakimiyetine sahiptir. BBL'de, renk sıcaklıklarının renk noktaları yaklaşık 1000 K (Kelvin) ile yaklaşık 40.000 K arasında konumlandırılmıştır. Işık kaynakları ≤ 3500 K'da sıcak beyaz, 3500 K ile 5000 K'da nötr beyaz ve soğuk beyaz olarak adlandırılır. Işık > 5000 K'da ışık. Beyaz ışık kaynağının renk noktası BBL'de değilse, bunun nedeni aşırı renk dalga boyudur. Renge bağlı olarak buna sarı, yeşil, mavi veya pembe tonlu denir. BBL, CCT (İlişkili Renk Sıcaklığı) çizgileriyle kesilir. Bu çizgiler, saf beyaz veya sarı veya pembe renkli olup olmadıklarına bakılmaksızın aynı renk sıcaklığına sahip renk noktalarından oluşur. Işık kaynakları ≤ 3500 K'da sıcak beyaz, 3500 K ile 5000 K'da nötr beyaz ve > 5000 K'da soğuk beyaz ışık olarak adlandırılır. Beyaz ışık kaynağının renk noktası BBL'de değilse, bunun nedeni fazla bir renk dalga boyu. Renge bağlı olarak buna sarı, yeşil, mavi veya pembe tonlu denir. BBL, CCT (İlişkili Renk Sıcaklığı) çizgileriyle kesilir. Bu çizgiler, saf beyaz veya sarı veya pembe renkli olup olmadıklarına bakılmaksızın aynı renk sıcaklığına sahip renk

noktalarından oluşur. Işık kaynakları ≤ 3500 K'da sıcak beyaz, 3500 K ila 5000 K'da nötr beyaz ve > 5000 K'da soğuk beyaz ışık olarak adlandırılır. Beyaz ışık kaynağının renk noktası BBL'de değilse, bunun nedeni fazla bir renk dalga boyu. Renge bağlı olarak buna sarı, yeşil, mavi veya pembe tonlu denir. BBL, CCT (İlişkili Renk Sıcaklığı) çizgileriyle kesilir. Bu çizgiler, saf beyaz veya sarı veya pembe renkli olup olmadıklarına bakılmaksızın aynı renk sıcaklığına sahip renk noktalarından oluşur. BBL, CCT (İlişkili Renk Sıcaklığı) çizgileriyle kesilir. Bu çizgiler, saf beyaz veya sarı veya pembe renkli olup olmadıklarına bakılmaksızın aynı renk sıcaklığına sahip renk noktalarından oluşur. BBL, CCT (İlişkili Renk Sıcaklığı) çizgileriyle kesilir. Bu çizgiler, saf beyaz veya sarı veya pembe renkli olup olmadıklarına bakılmaksızın aynı renk sıcaklığına sahip renk noktalarından oluşur.



Şekil 5.9: CIE xy 1931 renklilik diyagramı

Kaynak: (Planckian locus, 2020)

Yukarıdaki diyagramda, Planckian lokusu, siyah cisim ısısı değiştiğinde, siyah cisim renginin diyagramdan geçeceği yoldur. Konumdan geçen çizgiler, sabit ilişkili renk sıcaklığı çizgilerini gösterir. Monokromatik dalga boyları, nanometre birimlerinde mavi olarak gösterilir. En son sürüm, en yaygın kullanılan standart grafik olduğundan, 1931 CIE standart grafik kullanılır. Bu şema aydınlatma için önemlidir çünkü Renk Sıcaklığı ve Renk Dönüşüm İndeksi (CRI) belirlemede kullanılır.

5.6 Renk Ölçme

Spektral Güç Dağılımı (SPD) grafikleri, dalga boyu bazında ışık kaynakları tarafından yayılan renk hakkında bilgi sağlar. Bu grafikler hatırı sayılır bilgiler içerse de, insan görsel sistemine verilen yanıtı içermedikleri için doğrudan yorumlamaları zordur. Renk Sıcaklığı ve Renk Dönüşüm İndeksi olarak bilinen daha basit ölçüm, ışık kaynaklarının renk özelliklerini kategorize etmek için geliştirilmiştir. Renk sıcaklığı, yayılan ışığın genel renk tonunu tanımlamak için kullanılır ve doğrudan bakıldığında bir lambanın görünümünü içerir. Renk Dönüşüm İndeksi, bir lamba ile aydınlatıldığında nesnelerin nasıl görüneceğini özetlemek için kullanılır. Bu biraz basitleştirilmiş ölçümler, bir ışık kaynağının genel renk özelliklerinin hızlı bir şekilde gösterilmesini sağladıkları için, günlük aydınlatma tasarımında kullanılan temel unsurlardır.

Bir ışık kaynağının "Renk Sıcaklığı", renk görünümünün sayısal bir ölçümüdür. Yeterince yüksek bir sıcaklığa ısıtıldığında herhangi bir nesnenin ışık yayacağı ve sıcaklık arttıkça ışığın renginin tahmin edilebilir bir şekilde değişeceği ilkesine dayanmaktadır.

Bir demirci demirhanesine yerleştirildiğinde bir demire ne olduğunu düşünün. Ütü yeterince ısındığında akkorlaşmaya başlar. İlk başta soluk kırmızı ışık yayar. Sıcaklık arttıkça, demir soluk kırmızıdan turuncu-beyaza, ardından sarımsı beyaza değişir ve demirhanenin yeterince sıcak olması durumunda demir sonunda mavimsi beyaz parlar. Bu fenomen, renk sıcaklığının temelini oluşturur.

Gerçekte, aydınlatma dünyasında, renk sıcaklığını belirlemek için bir demirci demirhanesindeki demir değil, kara cisim radyatörleri kullanılır. Kara cisim radyatörü teoriktir. Sıcaklık artışıyla birlikte, siyah cisim kırmızıdan turuncudan sarıya, beyaza ve son olarak da mavi-beyaza geçer. Bir ışık kaynağının rengi, kelvin (K) cinsinden ifade edilen ve bir kara cismin renginin ışık kaynağının rengiyle tam olarak eşleştiği, Kelvin (K) cinsinden ölçülen sıcaklıktır. Birçok ışık kaynağı için tam bir eşleşme elde etmek mümkün değildir.

Mümkün olan en yakın eşleşme yapılır ve renk, İlişkili Renk Sıcaklığı (CCT) olarak tanımlanır. Örneğin 4100K renk sıcaklığı derecesine sahip bir flüoresan

lambda, 4100K veya 3827 °C veya 6920 °F'ye ısıtılmış bir kara cisminkine benzer bir renk görünümüne sahiptir.

Ayrıca, düşük bir renk sıcaklığını görünüşte "sıcak" olarak tanımladığımızda bazılarımızın bunu kafa karıştırıcı bulabileceğini ve daha yüksek renk sıcaklığına sahip olanlar "soğuk" olarak tanımlandığını biliyoruz. Bu açıklamaların kara cisim radyatörünün sıcaklığıyla hiçbir ilgisi yoktur. Ancak daha detaylı bilgi için, renk gruplarının özellikle doğada görünme veya algılanma biçimine, aydınlatmanın psikolojik etkisini incelersek, daha derinlemesine bilgi edinebiliriz. . Spektrumun mavi ucundan gelen renkler ve ışık kaynakları "soğuk" olarak adlandırılır. Spektrumun kırmızı / turuncu / sarı kısmına doğru renkler "sıcak" olarak tanımlanır.

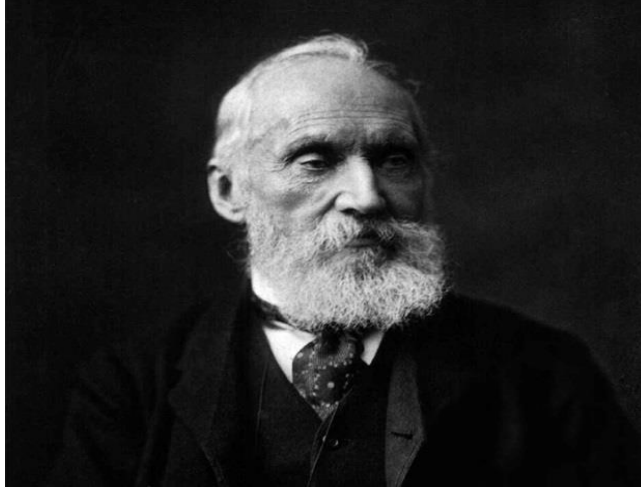
Renk Sıcaklığını (CCT)

CCT, bir ışık kaynağı tarafından üretilen ışığın rengidir ve Kelvin ölçüm ölçeğini kullanır. CCT, bir ışığın daha sarı - sıcak - veya daha mavi - soğuk görünüp görünmediğini gösterir. Sıcak renkli bir ampulün CCT'si genellikle 3.000K iken, soğuk beyaz bir ampulün CCT'si 4.100K veya daha yüksektir. Sezgisel olarak tersine, ışık ne kadar sıcaksa, yayılan renk o kadar soğuk olur.

Dikkat edilmesi gereken bazı kriterler şunlardır: 2800K, yaygın bir akkor ampul olarak bildiğimiz şeydir, ancak doğrudan güneş ışığı genellikle 4800K'dır.

5.7 Kelvin Tarihi

Işık tonunun ölçülmesi 1800'lerin sonlarında İngiliz fizikçi William Kelvin'in bir karbon bloğu ısıttığında meydana gelen renk değişikliğini keşfetmesiyle başladı. Loş bir kırmızıdan başlayarak, sarı tonlarına ve en yüksek sıcaklıkta parlak maviye kadar. Bu keşif, Kelvin adını taşıyan ve rengi üreten santigrat dereceleri ilişkili olarak ışığın rengini ölçen bir ölçekle sonuçlandı.



Şekil 5.10: İngiliz fizikçi William Kelvin

Kaynak: (Color temprature, 2016)

LED teknolojisi son birkaç yılda uzun bir yol kat etti. LED'in faydaları açık olsa da enerji verimliliği, daha uzun ömür ve daha düşük ısı üretimi - LED'lerde renk sıcaklığı ile ilgili soruları yanıtlamaya gelince çoğu kafasını kaşıyor. Öyle ki bilinmeyenden korkarak geçiş yapmaktan bizi alıkoyabilir. Burada LED'lerin renk sıcaklığı üzerindeki perdeyi kaldırarak ihtiyaçlar için, doğru kararı verebilmek için bu konuyu biraz daha detaylandırmak gerekir.

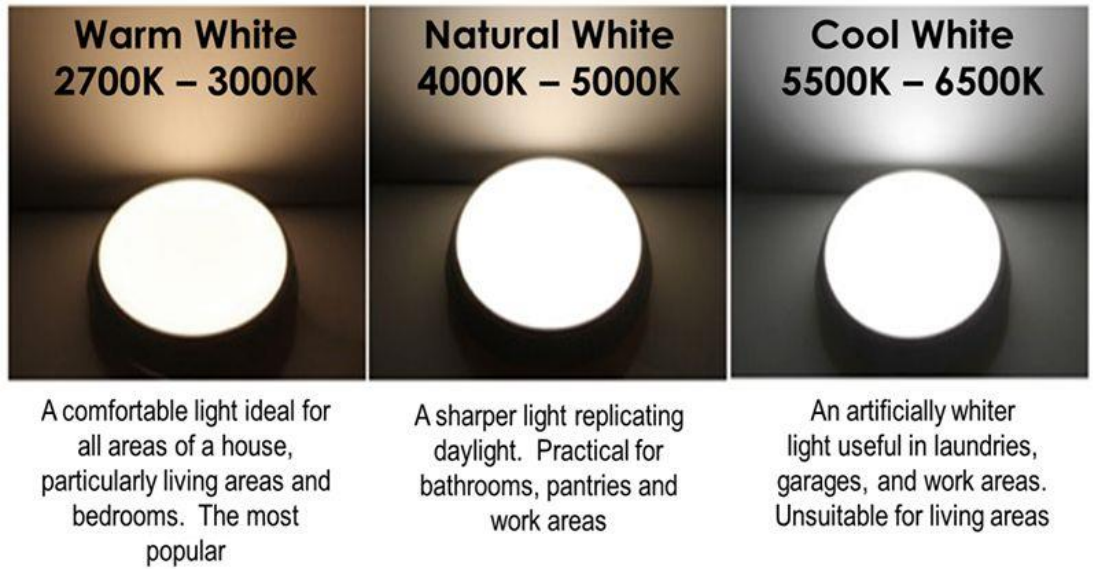
Kişisel tercihe ve aydınlatılan alanın nasıl kullanılacağına bağlı olarak, doğru LED'i seçmeye çalışırken farklı idealler ortaya çıkacaktır. Sınıflar ve depolar, renk spektrumunun daha soğuk ucunda (5500-6000K) parlak beyaz ışıktan yararlanırken, ahşap tonlu iç mekanlar daha sıcak bir doğal beyaz ışıktan (4000-4500K) yararlanır.

Restoranlar ambiyansı korumak için neredeyse her zaman daha düşük Kelvin ayarlarına ihtiyaç duyar. Bir mekanın işlevi ve havasının yanı sıra, doğru ışık kalitesini seçerken dekorda kullanılan renkler de dikkate alınmalıdır. Sıcak renkler, sıcak beyaz ışıkla aydınlatıldığında daha doygun görünür, maviler ve yeşiller ise daha soğuk beyaz ışık kalitelerinde patlar. Bir odada bir renk karışımı varsa, doğal bir beyaz ışık (4000-4500K) idealdir. Nihayetinde, bir ev veya iş yeri için bir beyaz ışık kalitesi seçmeden önce işlev ve kişisel tercihler dikkatlice değerlendirilmeli ve kendinizi tüm bu sayıların tam olarak ne anlama geldiği konusunda eğitmeniz doğru yöndeki ilk adımdır. Göreceli bir kavram olan bu ışık sıcaklıkları basit olarak üç başlık altında toplanır. Bunlar:

Sıcak Beyaz; 2700K - 3500K arasındadır; Yaşam alanlarında ve konut uygulamalarında kullanılan rahat bir beyaz renktir. Ev içi aydınlatmalarda genellikle sıcak beyaz tercih edilir.

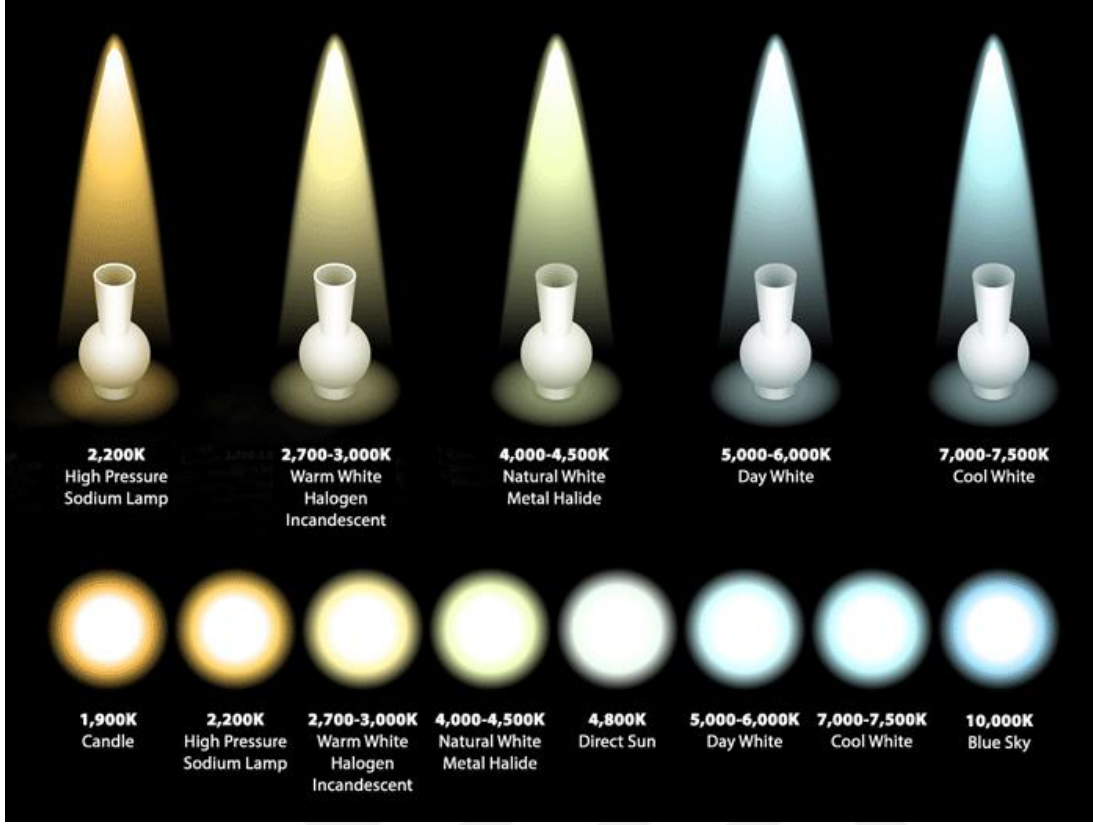
Gün Işığı – Doğal & Natural Beyaz; 4000K ile 4500K arasındadır; Ara bir renktir. Yaşam alanlarında konforun yanında uyarıcı da olmasını isteyenler veya alışveriş merkezi, ofis, teknik alanlarda soğuk beyazın sertliğinden rahatsız olup birazda konfor arayanlar tercih eder.

Soğuk Beyaz; 5000K ile 6500K arasındadır; Perakende alışveriş merkezlerinde, ofislerde normal olan ve çamaşırhaneler ve garajlar gibi ev çalışma alanlarında yararlı olan yapay olarak daha beyaz bir ışıktır. Soğuk beyaz ve biraz daha az sert olan "Doğal Beyaz", ev içi kullanım için sıcak beyazdan çok daha düşük taleptir.



Şekil 5.11: Beyaz ışık renkleri (What is the difference between Warm White and Cool White?, 2017)

Yukarıdaki bu genellemeyi, biraz da, hem üretim imkanlarıyla, hem de hassasiyetine düşürerek detaylandırdığımızda, aşağıdaki gibi bir şekil karşımıza çıkacaktır.



Şekil 5.12: Işık renkleri

Kaynak: (Color temperature, 2016)

5.8 Renk Oluşturma - Işık Nesnelerin Renklerini Nasıl Etkiler?

CCT, bir ışık kaynağı görünümünü tanımlarken kullanışlıdır, ancak nesnenin görünümünü açıklamaz. Bunun için Renk İşleme İndeksini (Color Rendering Index, CRI) anlamamız gerekiyor. Giysileri eşleştirirken, mimari yüzeyler satarken ve hatta makyaj uygularken, nesnelerin renginin farklı ışık kaynakları altında nasıl değişeceğini göz önünde bulundurmak önemlidir.

CRI, bir ışık kaynağının nesnelerde renk üretme yeteneğini ölçmeye yardımcı olmak için kullanılır. Lambaların kendilerinin görsel olarak incelenmesiyle lambaların renksel geriverim özellikleri değerlendirilemez. Lambaların renksel geriverim özelliklerini değerlendirirken, farklı ışık kaynakları altında aydınlatıldığında nesnelerin görünümünü gözlemlemek en anlamlı olanıdır. Bir nesne farklı ışık kaynakları altında gözlemlendiğinde meydana gelen renk kayması, CRI kullanılarak ölçülür.

Color Rendering Index (CRI), bir ışık kaynağının ayırt edici özelliklerini ölçmenin bir yoludur. Bu, akkor ışık veya gün ışığı gibi tanıdık bir referans temeli ile karşılaştırıldığında ışık kaynağının nesne renklerini "doğal olarak" nasıl gösterdiğinin bir değerlendirmesidir.

Renksel geriverim indeksi (CRI), 0 ile 100 arasında bir sayı olarak ölçülür. Sıfırda (0), tüm renkler aynı görünür. 100 CRI, nesnenin gerçek renklerini gösterir. Akkor ve halojen ışık kaynaklarının CRI değeri 100'dür.

Tipik olarak, CRI değeri 80 ila 90 olan ışık kaynakları iyi olarak kabul edilir ve 90+ CRI'ye sahip olanlar mükemmeldir! Genel kural şudur: CRI ne kadar yüksekse, renk oluşturma kapasitesi o kadar iyidir.

CRI, renk sıcaklığından bağımsızdır. Bunlar iki farklı şey. Örneğin, bir 5000K (gün ışığı rengi sıcaklığı) floresan ışık kaynağının CRI değeri 75 olabilir, ancak başka bir 5000K floresan ışık kaynağının CRI değeri 90 olabilir.

Aşağıdaki şekil, her görüntünün aynı sıcak renk sıcaklığına (2700K) sahip olduğu farklı CRI'ların iyi bir tasviridir.



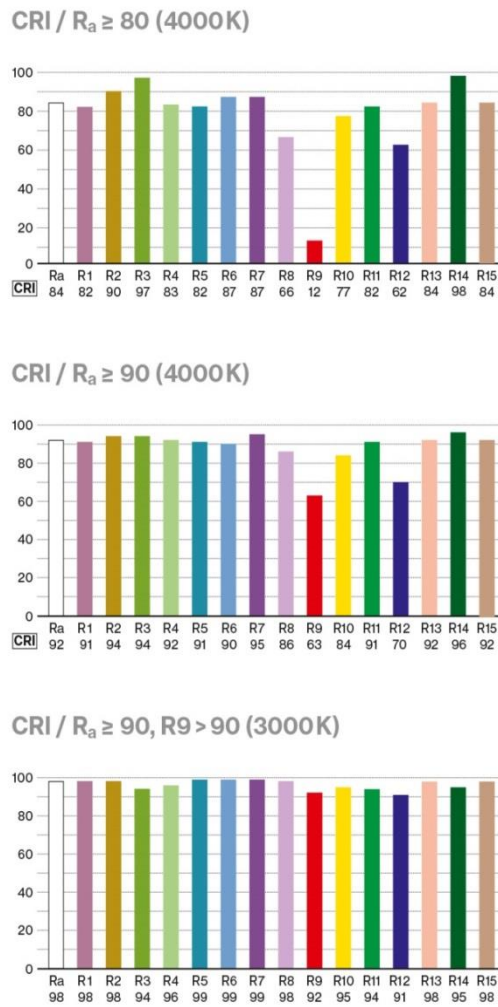
Şekil 5.13: CRI kıyaslama

Kaynak: (Lighting Education, 2020)

5.9 CRI / Ra Kıyaslama

Işık kaynaklarının kalitesini objektif bir şekilde değerlendirmek için, uluslararası kabul görmüş renksel geriverim indeksi Ra (İngilizce CRI) tanımlanmıştır. Test ışık kaynağı, seçilen 15 test rengi kullanılarak bir referans ışık kaynağı ile karşılaştırılır. Değerlendirme bant genişliği maksimum artı 100 ile eksi 60 arasındadır. Test ışık kaynağı test rengini ne kadar doğru bir şekilde üretirse, renk oluşturma değeri o kadar yüksek veya daha iyi olur. İlk 8 test renginin ortalama değeri, renk oluşturma indeksi Ra'yı verir. Ortalama Ra

değeri şunlara ayrılır: Ra 70-80 için orta derecede iyi renksel geriverim, örneğin sokak aydınlatması için; Ra 80-90 için iyi renksel geriverim, örneğin aydınlatma işyerleri için ve Ra 90-100 için çok iyi renksel geriverim, örneğin müzeler ve yüksek kaliteli perakende uygulamaları için. Renk sunumunun kalitesini daha fazla belirtmek için, Örneğin Ra 80 ila 90 bant genişliği dahilinde Ra (tip) 85 tipik bir Ra değeri de belirtilebilir. R9 - R15 test renkleri için sonuçlar, doymuş renklerin (R9 - R12), ten renginin (R13), yaprak yeşili (R14) ve Asya ten renginin (R15) renksel geriverimi hakkında ayrıntılı bilgi verir.



Şekil 5.14: CRI / R_a Kıyaslama Tablosu

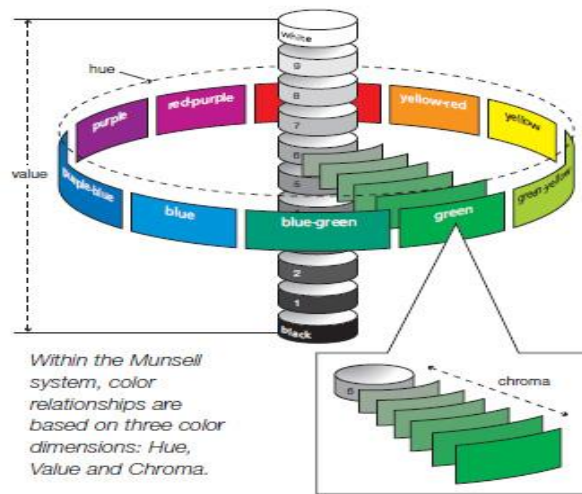
Kaynak: (Know How, 2020)

Genel olarak ve ortalama olarak, test kaynağına çok benzer şekilde, Munsell Renk Yongaları olarak bilinen sekiz test rengini oluşturan lambalar, yüksek bir

CRI'ye sahip olacaktır. Tersine, düşük CRI değerine sahip lambalar, standart lambaya kıyasla büyük bir renk kayması üretir. Şekil 5.13 'e bakın.

Gelen kolorimetri , **Munsell renk sistemi**, renk alanı belirtir. Bu renk alanı, özelliklerine göre üç grupta değerlendirilir. Bunlar; renk (temel renk), kroma (renk yoğunluk) ve değer (açıklık). 20. yüzyılın ilk on yılında Profesör Albert H.Munsell tarafından yaratılmış ve 1930'larda toprak araştırmaları için resmi renk sistemi olarak Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı (USDA) tarafından kabul edilmiştir.

Daha önceki birkaç renk düzeni sistemi, renkleri bir biçimde veya diğerinin üç boyutlu bir katı renk içine yerleştirmişti, ancak ton, değer ve kromayı algısal olarak tek tip ve bağımsız boyutlara ayıran ilk kişi Munsell idi. Renkleri üç boyutlu uzayda sistematik olarak ilk gösteren kişi oydu.. Munsell'in sistemi, özellikle daha sonraki yeniden yorumlamalar, insan deneklerin renge görsel tepkilerinin titiz ölçümlerine dayanıyor ve onu sağlam bir deneysel bilimsel temele oturtuyor. İnsan görsel algısındaki bu temelden dolayı, Munsell'in sistemi, çağdaş renk modellerinden daha uzun süre dayanmıştır. Aşağıdaki şekilde Ton Renk ailesi veya renk adı Renklilik, bir renk ile gri arasındaki farkın derecesidir. Chroma, benzer görüntüleme koşullarında beyaz görünen başka bir rengin parlaklığına göre renkliliktir. Bir rengin Gölgesi (koyuluk) veya tonu (açıklığı) değeri, Akromatik, renksiz bir kompozisyon anlamına gelir.



Şekil 5.13: Munsell Renk Sistemi

Kaynak: (color theory, 2013)

Daha sonra, parlak renkler içeren ek renk çipleri eklenmiştir. Bunlar R9'dan R15'e kadar numaralandırılmıştır. Tüm renk yongaları setini gösteren Şekil 5.14 'e bakın.

Sonuç olarak:

Rengi algılamamız için gerekli olan üç unsurun ışık, vizyon ve nesneler olduğunu hatırlattık size. Işık, vizyon için uyarıcıdır. Göz, görsel duygusal deneyimimizin tetikleyicisidir. Aynı zamanda renk algımızın da başlatıcısıdır. Yayılan ışık nesnelerle etkileşime girer. Sonuçta, aydınlatacağımız bir şey yoksa, renk de yoktur. CRI gibi basit bir ölçüm, belirli bir ışık kaynağıyla aydınlatıldığında bir dizi nesnenin nasıl görüneceği hakkında bize bir şeyler söyleyebilir. Nesneler, bazı dalga boylarını emerek veya ileterek ve diğerlerini yansıtarak gözlerimize geri yansıyan ışığı değiştirir. Görsel sistemimiz, gözümüze giren radyasyonu üç görsel kanal kullanarak işler ve karmaşık spektrumları beynin işlemesi için yönetilebilir sinyallere dönüştürür. Farklı tepkiler üreten uyaranlar, farklı renkler olarak algılanır. Nihayetinde, rengi olağanüstü karmaşık hale getiren ışık, nesneler ve görüntü arasındaki bu etkileşimdir.

Fiziksel dünya duyularımız aracılığıyla deneyimlenir - işitme, tat, koku, dokunma ve tabii ki görme. Sonuçta tatmin etmeye çalıştığımız şey duyularımızdır, ancak bunu doğrudan yapmayız. Bunu yediğimiz yiyecekler, çaldığımız müzik veya aydınlattığımız nesneler gibi nesneleri manipüle ederek yapıyoruz. Bu bölüm, vizyonumuza en iyi şekilde katkıda bulunma yeteneği için uygun ışık kaynağını seçme ihtiyacını kesinlikle vurgulamaktadır. Işık kaynaklarını aydınlatılmış ortamlarla dikkatli bir şekilde eşleştirerek, görsel olarak rahat ve ustaca yapıldığında mutlak görsel zevk hissine yol açabilecek ortamlara yol açacaktır!

Yapılan çalışmada aynı veya yakın sektörlerde örnek alınması ve iş sağlığı ve güvenliği açısından yarar sağlaması amacıyla bilimsel bir yaklaşım ortaya konulmuştur.

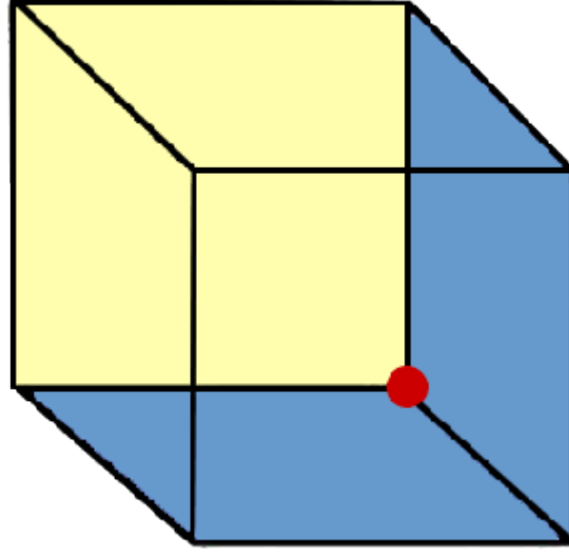
6. GÖRME

6.1 Işık Ve Göz

Perakende mağazalarında aydınlatma, tüketicileri alışveriş yapmaya ikna etmeyi amaçlar, bir hastanede aydınlatma, sakinlik yaratmayı, ziyaretin stresini azaltmayı, profesyonellik ve hijyenik bir ortam sunmayı amaçlamalıdır, bir restoran için aydınlatma rahat bir ortam yaratmalıdır. Bu bölümde, her olası uygulamada profesyonel bir aydınlatma mühendisi veya tasarımcısının, gözlemci için istenen "duygusal deneyimi" teşvik etmek için doğru aydınlatma ve efektleri yaratmaya çalışmasını inceleyeceğiz.

Aydınlatma, görme duyusuna bağlıdır ve görme, bireylerin bir tepkisi olduğu için büyük ölçüde öznel bir çalışmadır. Ancak göz, desenleri ve şekilleri tanıyarak görür ve ışık bu nesneleri tanıdık bir şekilde ortaya çıkararak göze yardımcı olur. Çok küçük yaşlardan itibaren öğrendiğimiz ve daha sonra her yeni gün öğrenmeye devam ettiğimiz nesneler ve şekiller, beynimizin derinliklerindeki veri tabanımızda saklanır.

Gördüklerimiz daha sonra beyin tarafından yorumlanır. Bu nedenle, gözün beyinle aynı embriyonik dokudan geliştiğini ve bu nedenle görme sürecinin gözü, gözdeki görüntüyü beyne ve beyne ileten sinir sistemini içerdiğini anlamamız önemlidir. Sistemin herhangi bir parçası bozulursa, mesaj beyne ulaşamayabilir veya bozulabilir. Görsel mekanizma kendi içinde başarısızlığa uğratılabilir ve çoğumuzun zaman zaman gördüğü bazı optik illüzyonlar, görsel mekanizmanın ne kadar duyarlı olabileceğini kanıtlar. Şekil 6.1 Necker'in Küpüne bakın.



Şekil 6.1: Necker'in küpü

([https://ar.pinterest.com/pin/179369997629085140/?amp_client_id=CLIENT_ID\(_\)&mweb_unauth_id={{default.session}}&simplified=true](https://ar.pinterest.com/pin/179369997629085140/?amp_client_id=CLIENT_ID(_)&mweb_unauth_id={{default.session}}&simplified=true), 2020)

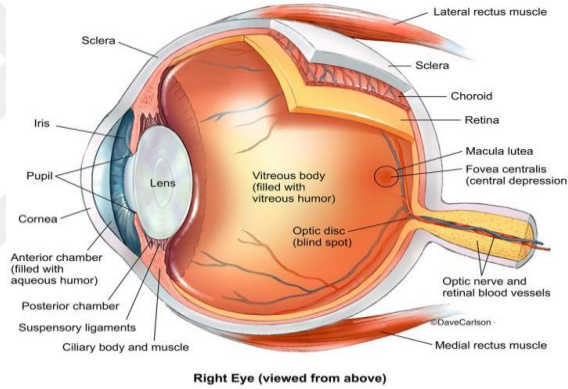
Yukarıdaki Şekil 6.1'deki Necker'in küpündeki, siyah noktanın ön panelde mi yoksa arka panelde mi olduğunu ve hangi panelde tam konumunu belirlemek zordur. Kalıcı bir bozulma, görüntünün gözün kendisinde baş aşağı üretilmesidir, ancak beyin görüntüyü doğru yorumlamayı öğrenmiştir. Bu nedenle ışık ve vizyonla uğraşırken gözün yapısı ve nasıl çalıştığı hakkında bilgi sahibi olmamız gerekir. Bu bilgi olmadan görsel görevin tam gereksinimlerini yorumlayamayız veya tanınabilecek modeller yaratamayız.

İnsan gözü, renkli görme zincirinin son halkasıdır. İnsan gözünün basit iki elemanlı bir merceği vardır. Kornea ön veya dış unsurdur ve mercek arka veya iç unsurdur. Göze giren ışık miktarı, ikisi arasında bulunan iris tarafından kontrol edilir. Işık, vitröz mizah adı verilen şeffaf bir jelden geçer ve göz küresinin arkasındaki retinada ters bir görüntü oluşturur.

İnsan gözünün yatay kesiti, gözün üç parçadan oluştuğunu ve bir kameraya benzetilebileceğini göstermektedir. Lens, farklı mesafelerdeki nesnelere odaklanabilen ve göz içinde bir görüntü oluşturan şeffaf bir gövdedir. Lens, nesnenin gözden uzaklığına bağlı olarak keskin odaklanmış görüntüler üretmek için lensin eğriliğini değiştiren Siliyer kaslar tarafından kontrol edilir. Kas gevşediğinde yaklaşık 8 m ve ötesini uzak görüş için şekillendirilir. Kas kasılır, lens yaklaşık 300 mm uzaklıktan bir nesneye odaklanır. Doğal olarak, mesafeler

gözün ve kasların durumuna bağlı olacaktır. Görüntüleri farklı mesafelerde keskin bir şekilde görebilme yeteneği, uyum olarak tanımlanır. Uzak görüşün uzak ve yakın noktaları arasındaki mesafe, konaklama aralığı olarak bilinir.

Retina, alınan izlenimleri beyne ileten hücrelerin bulunduğu gözün arkasındaki ekrandır. Bu, gözün üç katmanlı bir yapısının iç tabakasıdır. Merkez katman, göz içindeki iç ışık yansımalarını sınırlandırmak için koyu kahverengi pigmentli koroiddir. Esas olarak kan damarlarından oluşur. Sklera, amacı göz küresinin şeklini korumak olan dış sert dokudur. Göze ışığın girdiği kornea dışında, sklera neredeyse opaktır. Lens ve kornea arasındaki bölme, sulu mizah adı verilen şeffaf bir kırılma indisi 1.325 sıvısı ile doldurulur. Lens ve retina arasındaki bölme, kırılma indeksi 1.338 olan şeffaf jöle benzeri bir maddeyle doldurulur ve vitröz mizah olarak adlandırılır.



Şekil 6.2: Gözün anatomisi

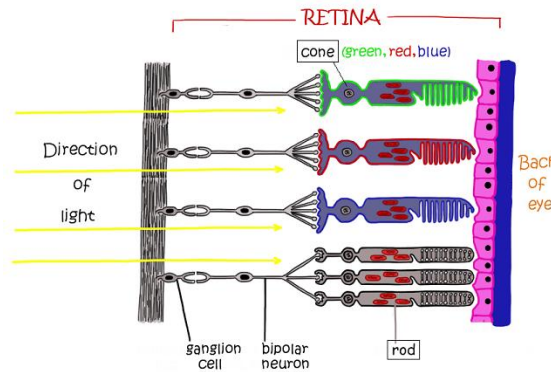
Kaynak: ("Eye Contact" by Ann Davis, 2019)

Kasten bir nesneye baktığımızda, görüntüsünü her bir gözün foveasına odaklıyoruz. Bunu yapmak için, gözlerimizi az ya da çok yakınlaştırmalıyız ve yakınsamayı sağlamak için gereken kas gücü, bize bir nesnenin uzaklığı hakkında bir izlenim veren bir faktördür. Dikkatimizi sahnenin belirli bir kısmına yoğunlaştırdığımızda, bu kısım en büyük netlikle görülüyor ve geri kalanı "sabitleme noktası" na olan mesafe arttıkça azalan bir ayrıntı derecesi ile görülüyor. Bir sahneye rasgele baktığımızda, gözlerimiz onun üzerinde gezinir ve birbiri ardına foveaya odaklanır, böylece bütüne dair genel bir izlenim ediniriz.

Gözde (retinanın içinde) milyonlarca (125 milyon çubuk ve 7 milyon koni) adette, üç tür foto-reseptör vardır. Bunlardan en bilinen ikisi çubuklar ve koniler olarak adlandırılır. Bu fotoreseptörler ışığı algılar ve beyni uyarmak için optik sinir yoluyla varlığını gösteren elektrik sinyallerini iletir.

Koniler esas olarak, retinada 0.025 cm çapında küçük bir çukur olan fovea'da yoğunlaşmıştır, ancak aynı zamanda çevre alanda daha az yer almaktadır. Her koni, optik sinire ayrı bir fiber ile bağlanır. Fovea bölgesi en keskin görüşü sağlar, yani en ince detayı algılayabilir. Göz, konileri iyi aydınlatma koşullarında (fotopik görüş) görüntülemek için kullanır. Aynı zamanda renkleri algılamamıza ve yüksek düzeyde keskinliğin (ayrıntıları ayırt etme becerisinin) keyfini çıkarmamıza olanak tanır.

Çubuklar çok düşük ışık seviyelerine karşı hassastır ve fovea centralis olarak da bilinen foveal bölge dışında retina boyunca yayılır. Ancak tek renklidir ve rengi göremez. Çubuk veya parafoveal görüş, az ışık olduğunda (skotopik görüş) kullanılır ve optik sinirle ortak bir bağlantıya sahip oldukları için ince ayrıntıları ayırt etmez. Çubuklar da renge duyarlı değildir ve bu nedenle gece veya loş ışık altında renkler kaybolur ve yalnızca kaba veya geniş ayrıntıların kaydedildiği "siyah beyaz bir dünya" görürüz. Ayrıca, düşük veya zayıf keskinlik seviyeleri nedeniyle ayrıntıları ayırt edemez. Bu nedenle, çok düşük ışık seviyelerinde insanlar her şeyi siyah-beyaz olarak görür.



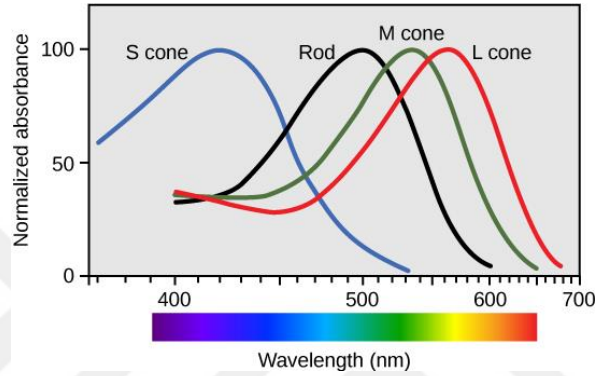
Şekil 6.3: Retinada bulunan fotoreseptörler Çubuklar ve Koniler

Kaynak: (Rüdiger Ganslandt, Handbook of Lighting Design, 1992)

Retina üç tür koni içerir. Bu üç türün her birindeki farklı ışığa duyarlı pigmentler, farklı ışık dalga boylarına yanıt verir. Sırasıyla yaklaşık 565 nm (uzun), 535 nm (orta) ve 420 nm (kısa) dalga boyunda tepe hassasiyetine sahip

üç farklı tür konilerdir. Çoğu dalga boyu, iki farklı türde koniyi tetikler ve 480 nm ile 530 nm arasındaki bölge, üç tür koninin de reaksiyona girmesine neden olur. Kırmızı koniler en çok kırmızı-sarı spektrumdaki ışıkla uyarılır. Yeşil koniler en çok sarı-yeşil spektrumdaki ışıkla uyarılır. Mavi koniler en çok mavi menekşe spektrumundaki ışıkla uyarılır. Bu fenomen, gözün spektral hassasiyetini tanımlar .

Gözün spektrumun herhangi bir rengini "görmesini" sağlamak için, yalnızca üç tür koniyi gerçek rengin yapacağına benzer bir şekilde uyarmak gerekir.



Şekil 6.4: Kırmızı, yeşil ve mavi konilerin spektral hassasiyetleri

Kaynak: (Biology, 2016)

Mezopik görüş olarak bilinen fotopik ve skotopik görüş arasında geçici bir bölge vardır.

Göz, herhangi bir sahnede 1000 ila 1 aralığında parlaklık arasında ayrım yapabilir. Elektrik ışığı olmayan bir oda gibi gölgeli bir alana gidersek, gözler daha düşük parlaklık seviyesine uyum sağlar ve görmeye başlar. daha fazla detay. Bu işlem, aydınlatma seviyeleri arasındaki farka bağlı olarak zaman alır. Örneğin, gündüz bir tünele girersek veya geceleri iyi aydınlatılmış bir yoldan ayrılırsak, gözün daha düşük parlaklık seviyelerine uyum sağlaması birkaç dakika alabilir. Yolda bir engel varsa ve parlaklık farkları çok büyükse veya seyahat süresi / hızı çok kısaysa, bu tehlikeli bir durum olabilir. Tam karanlığa adaptasyon, özellikle ani bir elektrik kesintisi durumunda 30 dakikaya kadar sürebilir.

Benzer şekilde, daha karanlık bir çevreden daha açık bir ortama geçerse, adaptasyon süreci çok daha hızlıdır, ancak parlama olarak bilinen parlak koşullara duyarlı olabiliriz.

Parlaklıktaki bu değişiklikleri telafi etmek için meydana gelen göz hassasiyeti değişiklikleri, irisin parlaklık seviyesine göre kapanan hareketinden değil, retina hassasiyetinden kaynaklanmaktadır. İrisin deklanşör mekanizması, gözü parlaklıktaki hızlı artışlara karşı korumaya yardımcı olur, ancak yoğunluk kontrolü yalnızca yaklaşık 8: 1 civarındadır. İris, "durdurarak" küçük yakın nesnelerin tanımını artırması açısından da önemlidir. Bu, gözler yakın bir nesneye yaklaştığında ve uyum sağladığında otomatik bir işlemdir.

Binoküler görüş sağlamak için iki gözümüz var ve bu sayede yakındaki nesnelere biraz farklı yönlerden bakılıyor. Bu vizyon, mesafeyi değerlendirmek ve düz iki boyutlu nesneler yerine katıları görmek için bize yardımcı olur.

Tüm nesneler soğurdukları veya yansıttıkları ışıkla görülürken, aralarındaki farklılıklar nedeniyle, ister parlaklık ister renk ister her ikisi de birbirlerinden ayırıyoruz. Dahası, herhangi bir tek nesnenin ayrıntıları tamamen aynı şekilde ayırt edilir ve eğer nesne tek tip renkte ise, örneğin küçük, kendinden renkli bir malzeme ise, sadece parlaklıkta farklılıklar kalır. Bu nedenle, gözün küçük parlaklık farklılıklarına olabildiğince duyarlı olması gerektiği açıktır. Araştırmalar, ortalama bir gözün yaklaşık %1'lik bir parlaklık farkını algılayabildiğini göstermektedir. Sadece tespit edilebilen bu yüzde parlaklık farkı, Fechner Fraksiyonu olarak adlandırılır. Fechner Fraksiyonu: "Kapalı olan bir göz karanlık bir filtreden baktıktan sonra (yaklaşık % 5geçiş) bir alanın parlaklığındaki azalmanın, bir alana dürbünle bakıldığında öznel izlenimi. Bu paradoksaldır, çünkü gözler tarafından daha fazla ışık alındığında alan, monokülerle karşılaştırıldığında dürbünle görüntülenir.

6.2 Görmedeki Prensipler

Psikofizik, nesnel uyaran yoğunluğunu (S) ve bunun öznel algısını (R) niteliksel olarak ilişkilendirmeye çalışır. (Psikofizik, fiziksel uyaranlar ile öznel bağıntıları veya algıları arasındaki ilişkiyi ele alan bir psikoloji alt disiplini-dir.) Uyaran genellikle duyusal bir uyarıcıdır ve ikincisi öznenin tepkisidir. Aradaki nörofizyolojik süreç dikkate alınmaz. S ve R'ye ek olarak, açıklama için S₀ ile bir eşik yoğunluğuna da ihtiyacımız var. S₀'ın altında, sistemdeki içsel sinirsel gürültü ("karanlık ışık") nedeniyle uyaran hiç algılanmaz. Diğer bir deyişle, S₀ mutlak eşiktir.

Görme ve nesnenin uyarılmasıyla, gördüklerimizin öznel fikri arasında ilişki kurmaya çalışır. Uyarının yoğunluğu düşük veya sıfır ise, muhtemelen ışığın zorlukla görebileceğimiz kadar loş olması nedeniyle gerçekten fark edilmediğini belirtmeye devam ediyor.

İnsanların bir tür duyuşal uyarana maruz bırakıldığı ve bir şekilde bununla ilgili algılarını ölçmelerinin istendiği deneyler temelinde S ve R arasındaki ilişkiyi açıklayan bir dizi denklem vardır.

Weber-Fechner yasası, iki fiziksel büyüklük uyararı arasındaki ilişkiyi, ikisi arasında sadece algılanan bir farkla nicel olarak tanımlamaya çalışır. Başka bir psikofiziksel yasa olan Steven'in güç yasası, özellikle uyarının fiziksel büyüklüğüyle ilgili algının kapsamını ölçmeyi amaçlamaktadır.

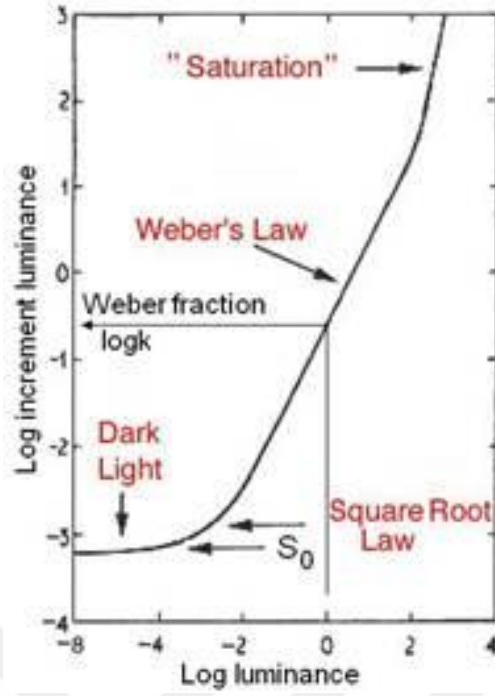
Weber-Fechner testi ile bir deneğe neredeyse aynı iki uyararı (örneğin, iki benzer ağırlık) sunulur ve aralarındaki farkı fark edip edemeyeceği test edilir. En küçük göze çarpan fark, uyarının yoğunluğuyla kabaca orantılı görünmektedir. Örneğin, bir kişi sürekli olarak 110 gramlık bir ağırlığın 100 gramdan daha ağır olduğunu hissedebiliyorsa, 1100 gramın 1000 gramdan fazla olduğunu da hissedebiliyordu. Sonuç olarak, matematiksel açıklama şöyledir:

$$\Delta S / S = k \text{ veya } (6.1)$$

$$\log \Delta S = \log k + \log S \quad (6.2)$$

burada k, sadece göze çarpan bir farkı (JND) algılamak için en küçük kesirdir, aynı zamanda Weber kesri veya Weber sabiti olarak da adlandırılır. Yasa, dolaylı olarak, öznel bir hissin büyüklüğünün, uyararı yoğunluğu S'nin logaritması ile orantılı olarak arttığı kavramına dayanmaktadır. Bu, JND'lerin ilave olduğu anlamına gelir.

İlişkiler, uyararı paradigmasına bağlı k ile her türlü duyuşal algı için geçerlidir.



Şekil 6.5: Sktopik sistem (çubuk görüşü) için bir JND parlaklık için Weber-Fechner yasası ve çok küçük ve çok büyük uyarılar için sapmaları.

Kaynak: (Infrared Photometry, 2020)

6.3 Görme

Yasa sadece sınırlı bir S aralığı için geçerlidir. Algının gücü S ile artar. Ancak, çok yüksek S artık artmaz ve sonuç olarak k (teorik olarak) sonsuza yükselir. Bu, Şekil 6.5'teki eğrinin dikey hale geldiği anlamına gelir: sistem doymuştur. Ayrıca çok düşük S için güçlü bir sapma vardır. Şekil 6.5, algılama eşiğine (ΔL ; dikey eksen) ulaşıncaya kadar artan bir ışık uyarını (log parlaklığı L; yatay eksen) için bu sapmaları görselleştirir.

JND'ye karşı S eğrisinin yatay kısmındaki JND, S_0 tarafından belirlenir, çünkü L nispeten düşüktür ve JND'yi önemli ölçüde etkilemez. S_0 'ın etkisini dikkate alarak Denklem. (6.2) şöyle olur:

$$\log \Delta S = \log k + \log (S - S_0) \quad (6.3)$$

Bu, eğrinin yatay kısmından Weber kısmına yavaş bir geçiş sağlar.

JND / S eğrisinin ikinci kısmına karekök yasası veya de Vries-Rose yasası bölgesi denir. Eğrinin bu kısmı arka plandaki kuantal dalgalanma ile sınırlıdır. Görsel sistem, absorbe edilen her ışık kuantumunu algılayıp kodlayabilen

neredeyse ideal bir detektördür. Yalnızca L'deki kuantal dalgalanmalardan kaynaklanan gürültü ile sınırlıdır. ΔL , yalnızca L.'deki dalgalanmaları yeterince aştığında tespit edilebilir.

Log ΔL ile log L'nin grafiği çizildiğinde, Weber yasası bölümü ideal olarak 1 eğimine sahiptir. Bu, doğrusal olarak çizilen ΔL ve L'nin düz bir çizgi verdiği anlamına gelir. Çubuk yolu için, çubuk yolunun gerçek Weber koşullarında işlediğini gösteren 0,8 veya daha düşük bir eğim bulunur. Bununla birlikte, şimdi ΔL ve L'nin lin-lin grafiği bir kare kök gibi aşağı doğru içbükeydir. Eğim>1 ile, eğri, ikinci dereceden bir fonksiyon gibi yukarı doğru içbükeydir. Eğimin (α) değişkenliği denklemde şu şekilde ifade edilebilir:

$$\log \Delta S = \log k + \alpha \log (S - S_0) \quad (6.4)$$

Eğrinin Weber bölümü, nesneleri arka planından ayırmak için tasarlanmış görsel sistemimizin önemli bir yönünü göstermektedir. Gerçek dünyada nesnelerin kontrastı vardır, bu sabit ve ortam parlaklığından bağımsızdır. Weber yasası tarafından yönetilen zıtlık algısı, karşıtlık sabitliği veya zıtlık değişmezliği kavramına götürür. Çubuk ve koni sistemi için Weber fraksiyonu sırasıyla 0.14 ve yaklaşık 0.025'tir. Eğrinin son bölümü "doygunluğu" gösterir: çubuklar yüksek parlaklıkta doymuştur ve şimdi koni sistemi eşik mekanizmasına hakimdir. Gerçek doygunluk sonsuz eğime sahiptir.

İnsan gözünün renk aralığı 400nm ile 760nm (1nm = 10⁻⁹m) arasındadır. Renk hassasiyeti tamamen konilerde yatıyor gibi görünüyor; daha hassas çubuk reseptörleri renksiz olarak tanımlanan akromatiktir. Bununla birlikte, LED ışıklarının, skotopik açıdan zengin LED ışıklarda koni reseptörleriyle çalışan çubuk reseptörlerinde çok daha fazla tepki tetiklediği bulunmuştur. Bunun etkisi, ışığın çalışma düzleminde okunan gerçek ışık seviyesinden daha parlak görünmesidir.

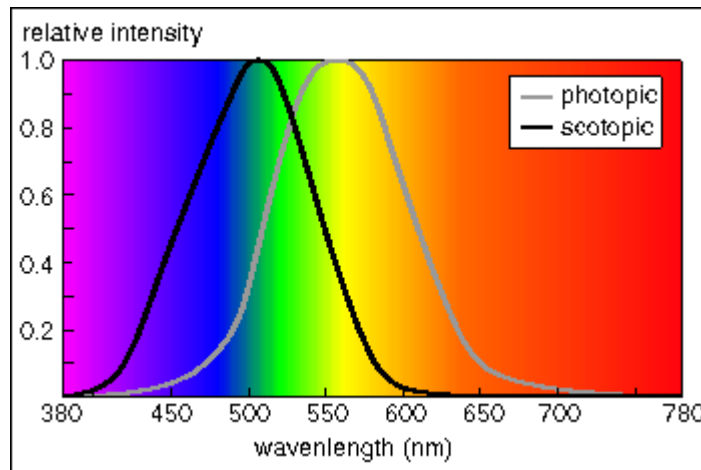
Gözün hassasiyeti tüm elektromanyetik spektrum boyunca sabit değildir. Başlangıç olarak, insan gözü yalnızca 380 ile 780 nm arasındaki dalga boylarına duyarlıdır. Buna "görünür spektrum" veya "ışık" diyoruz.

Görünür aralığın üzerinde bile gözümüz farklı dalga boylarına farklı tepki verir. Duyarlılığı görünür spektrumun her iki ucunda sıfırdır ve gündüz (fotopik) ve gece (skotopik) görüş için sırasıyla 555 ve 507 nm'de pik yapar.

Bu yüzden ışığı ölçmek basit bir iş değil. Kullanılan aletin karakteristiğinin insan gözüyle eşleştirilmesi gerekir. Bu, sözde $v(\lambda)$ düzeltmesi uygulanarak yapılır. Bu, enstrümanın 555 nm'de en hassas olmasına ve tıpkı gözlerimiz gibi görünür spektrumun alt ve üst ucuna daha az duyarlı olmasına neden olur

Spektrumun çeşitli renkleri için ışık etkinliği, uluslararası tanımlanmış standart gözlemci için Şekil 6.6'da gösterilmektedir. Bireylerin özellikle spektrumun uçlarında biraz farklı tepkileri vardır, ancak görüşte gerçek bir eksiklik ("renk körlüğü" denilen) olmadıkça, bireysel farklılıklar dünyanın farklı yerlerinde bile ciddi görünmemektedir. "Renk körlüğü" durumu, bir fotopigmentteki eksikliğe veya sinir ağındaki bir kusura atfedilir, örneğin Protanopia (kırmızı körlük), uzun dalga foto pigmentinin yokluğunu gösterir. Erkeklerin yaklaşık% 8'i ve kadınların% 0,5'i bu göz bozukluğundan muzdariptir. Yaş ayrıca küçük değişiklikler de beraberinde getirir.

Fotopik eğri, yani alacakaranlık ve karanlık koşullar hariç her şeyin normal koni görüşüdür. Spektrumun sarı-yeşil bölgesinde maksimum hassasiyetin 555nm'ye yakın olduğu görülüyor. Bu dalga boyunda yayılan belirli bir enerjiden gelen görsel duyu, 510nm (yeşil) veya 610nm (sarı) dalga boylarında üretilenden iki kat daha fazla ve 470nm (mavi) veya 650nm (kırmızı) duyumun on katıdır.



Şekil 6.6: İnsan gözünün hassasiyeti

Kaynak: (The $v(\lambda)$ Curve, 2020)

Aynı zamanda $v(\lambda)$ eğrisi olarak da bilinen gündüz eğrisi, $30 \text{ cd} / \text{m}^2$ 'nin üzerindeki parlaklıklara uygulanabilir. Gece görüşü, $v'(\lambda)$ eğrisiyle

ilgilidir ve $0.003 \text{ cd} / \text{m}^2$ 'nin altındaki aydınlatma değerleri için geçerlidir. Bu iki değer arasında, iki spektral tepki eğrisinin bir karışımı meydana gelir.

Duyarlılığın hangi düzeyde bozulmaya başladığı konusunda size bir fikir vermek için, bir salonda iyi aydınlatılmış bir konumdaki bir gazetenin parlaklığı yaklaşık 18 lüks olabilir. Aynı aydınlatma altındaki siyah bir kumaş parçasının parlaklığı yaklaşık ellide bir (0.3 lux) kadardır ve bu noktada gözün kontrast duyarlılığının hızla düşmeye başladığı görülecektir. Bu nedenle, bu kumaş üzerindeki tek tek iplikler altından daha az görünür ve aydınlatma on kat daha fazladır.

Skotopik görüş hiçbir rengi ayırt etmez. Skotopik görüş esnasında tüm nesneler gri görünecektir.



Şekil 6.7: Fotopik ve Skotopik görüş

Kaynak: (The $v(\lambda)$ Curve, 2020)

Çubukların kontrolü ele geçirdiği karanlık koşullarda (skotopik görüş), skotopik eğri, fotopik eğriye kıyasla farkı gösterir. Maksimum hassasiyet 505 nm 'ye kayar ve tüm eğri onunla birlikte hareket eder. Sonuç olarak, karanlığa adapte olan göz, normal adapte göze kıyasla maviye kırmızı ışığa göre daha duyarlıdır. Bu fenomen Purkinje Kayması olarak bilinir. Bu değişim nedeniyle, biri kırmızı, diğeri mavi, her ikisi de gün boyunca eşit derecede parlak görünen iki çiçek yatağı, ay ışığında eşit derecede parlak olmayacaktır. Mavi yatak kırmızı yataktan daha parlak görünecek, ancak her iki yatak da sadece çubuklar çalıştığı

için renklerini kaybetmiş olacak. Etki, rengin tanınmasına değil, yalnızca farklı ışık dalga boylarına duyarlılığı değiştirdi.

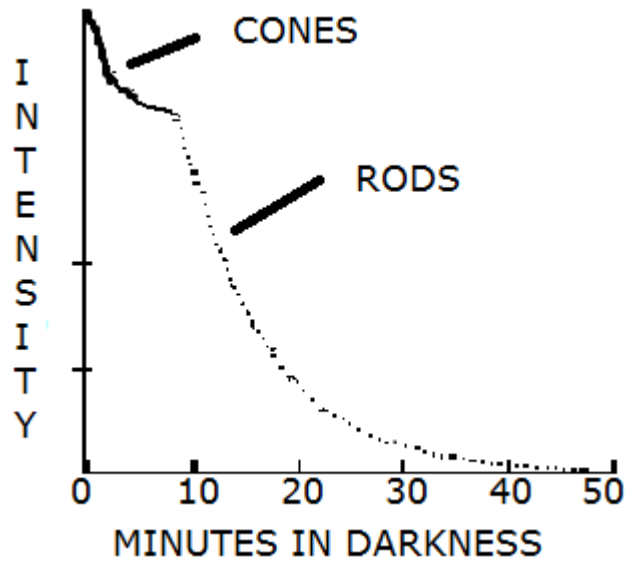
Fotopik eğriden skotopik eğriye geçiş aniden meydana gelmez. Işık azaldıkça, çubuk reseptörleri giderek daha aktif hale gelir ve eğri kademeli olarak bir uçtan diğerine kayar.

Fotopik görüş eğrisi, sıradan aydınlatılmış iç mekanlarda bulunan parlaklık seviyelerini ifade eder. Çok parlak ışıklar için, örneğin çıplak elektrik deşarjlı lambalar için, spektral ışık verimliliği eğrisinin yine farklı bir şekle sahip olduğuna dair kanıtlar vardır.

6.4 Adaptasyon

Gün ışığı seviyelerinde, gölgelerdeki farklılıkları ayırt edemezken, yıldız ışığı koşullarında, gün ortası gökyüzü kadar parlak bir nesne, rahatsız edici bir şekilde göz kamaştırıcı görünecektir.

Görsel fizyolojide adaptasyon, gözün retinasının çeşitli ışık seviyelerine uyum sağlama yeteneğidir. Doğal gece görüşü veya skotopik görüş, düşük ışık koşullarında görme yeteneğidir. İnsanlarda, koni hücreleri yalnızca daha yüksek aydınlatma seviyelerinde çalışabildiğinden, çubuk hücreler yalnızca gece görüşünden sorumludur. Gece görüşü, gündüz görüşünden daha düşük kalitededir çünkü çözünürlük sınırlıdır ve renkler ayırt edilemez; sadece gri tonları görölmektedir. İnsanların gündüz görüşünden gece görüşüne geçiş yapabilmeleri için, iki saate kadar karanlık bir adaptasyon döneminden geçmeleri gerekir; bu süre içinde, her bir göz yüksek bir ışıktan düşük bir lüminesans "ayarına" uyum sağlar ve hassasiyeti birçok büyüklük derecesinde büyük ölçüde arttırır. Bu adaptasyon süresi, çubuk ve koni hücreleri arasında farklıdır ve retina duyarlılığını arttırmak için fotopigmentlerin rejenerasyonundan kaynaklanır. Işık adaptasyonu ise saniyeler içinde çok hızlı çalışır.



Şekil 6.8: Karanlık Adaptasyon grafiği

Kaynak: (Adaptation (eye), 2020)

6.5 Verimlilik

İnsan gözü, çok karanlıktan çok parlak ışık seviyelerine kadar çeşitli durumlarda işlev görebilir; algılama yetenekleri dokuz büyüklüğe ulaşır. Bu şu anlama gelir, gözün algılayabileceği en parlak ve en karanlık ışık sinyalinin yaklaşık 1.000.000 farklı faktör olduğu anlamına gelir. Bununla birlikte, herhangi bir zamanda, göz ancak binlik bir kontrast oranını algılayabilir. Gözün daha geniş erişimini sağlayan siyah tanımını uyarlayabilme yeteneğidir.

Gözün parlak güneş ışığından tam karanlığa tam olarak uyum sağlaması ve tam gün ışığından on bin ila bir milyon kat daha hassas hale gelmesi yaklaşık 20-30 dakika sürer. Buna, Karanlık Adaptasyon denir. Bu süreçte gözün renk algısı da değişir (buna da Purkinje etkisi denir). Ancak gözün karanlıktan gelen parlak güneş ışığına alışması yaklaşık beş dakika sürer. Buna da , Işık Adaptasyonu denir. Bunun nedeni, ilk beş dakika boyunca karanlığa ilk girdiklerinde konilerin daha fazla hassasiyet kazanması, ancak çubukların beş veya daha fazla dakika sonra devreye girmesidir.

Örneğin. Sinemaya gitmiş bir kişi, sinemanın parlak dış cephesinden nispeten karanlık iç kısmına girdiğinde, göreceli karanlığa bakarken dikkatlice yürür. Filmin başlamasını beklerken sinemanın göreceli karanlığına alışmak biraz

zaman alır. Bu yüzden mübaşirler, el fenerleri ile koltukları gösterir. Film biter. Gösteriden sonra, gözlerini kısmasına ve gözlerini korumasına neden olan parlak güneş ışığına çıkar. Göz, bir anda normale döner.

6.6 Ortam Işığı Tepkisi

6.6.1 Karanlığa görsel tepki

Küçük bir adaptasyon mekanizması, göz bebeğinin retinaya otomatik olarak ulaşan ışık miktarını ayarlayan ışık refleksidir.

Değişen ortam ışığı seviyelerine yanıt olarak, gözün çubukları ve konileri, görsel sistemi ayarlamak için hem tek başına hem de birlikte çalışır. Gözdeki çubukların ve konilerin duyarlılığındaki değişiklikler, karanlığa adaptasyona en büyük katkı sağlar.

Işık seviyeleri belirli bir parlaklık seviyesi 30 lüks'ün üzerine çıktığında, koni mekanizması, Fotopik görüş aracılığıyla görmeye aracılık etmede rol oynar. Bu seviyenin altında, çubuk mekanizması tamamen Skotopik (gece) görüş sağlamayı devralır. İki mekanizmanın birlikte çalıştığı aralığa Mezopik aralık denir, çünkü iki mekanizma arasında ani bir geçiş yoktur. Bu uyarlama, Duplicity Theory'nin temelini oluşturur - koniler parlak ışıkta işlev görür ve çubuklar loş ışıkta işlev görür.

6.6.2 Karanlık adaptasyonu

Retinanın fotoreseptörlerindeki biyolojik bir pigment olan Rodopsin, ışığa tepki olarak anında ışıkla ağarır. Çubuklar ışığa karşı daha hassastır ve bu nedenle ışıktaki değişime tam olarak uyum sağlamaları daha uzun sürer. Foto pigmentleri daha yavaş yenilenen çubuklar yaklaşık yarım saat kadar maksimum hassasiyetine ulaşmaz. Kozalakların karanlığa alışması yaklaşık 9–10 dakika sürer. Işığa duyarlılık, hücre içi kalsiyum iyonlarındaki ve sıklık guanozin monofosfatındaki değişikliklerle modüle edilir.

Çubuk yolunun hassasiyeti karanlıkta 5–10 dakika içinde önemli ölçüde iyileşir. Çubuk mekanizmasının devreye girdiği zamanı belirlemek için renk testi kullanılır. Renkli noktalar renksiz görüldüğü zaman, sadece koni yolları rengi kodluyor deriz.

Karanlığa adaptasyonu beş faktör etkiler. Bunlar:

Ön adapte edici ışığın yoğunluğu ve süresi: Önceden uyarlanan parlaklık seviyelerinin artırılmasıyla, koni mekanizması baskınlığının süresi uzarken, çubuk mekanizmasının geçişi daha geciktirilir. Ek olarak, mutlak eşiğe ulaşmak daha uzun sürer. Bunun tersi, önceden uyarlanan parlaklık seviyelerini azaltmak için de geçerlidir.

Retina'nın Boyutu Ve Yeri: Retinadaki çubukların ve konilerin dağılımı nedeniyle test noktasının konumu karanlık adaptasyon eğrisini etkiler.

Eşik Işığının Dalga Boyu: Uyaranların dalga boylarının değiştirilmesi de karanlık adaptasyon eğrisini etkiler. Aşırı kırmızı gibi uzun dalga boyları, çubuk ve koni hücreleri uzun dalga boylarındaki ışığa benzer hassasiyetlere sahip olduğundan, belirgin bir çubuk / koni kırılmasının yokluğunu yaratır. Tersine, kısa dalga boylarında, çubuk / koni kırılması daha belirgindir çünkü çubuk hücreleri, karanlığa adapte olduktan sonra çubuk hücreleri konilerden çok daha hassastır.

Rodopsin (görsel mor) Rejenerasyon : Koyuluk adaptasyonu, hem konilerin hem de çubukların eşikini etkileyen foto-pigment ağartmaya bağlıdır.

İnhibisyon: Nöronların inhibisyonu, sinapslardaki aktivasyonu da etkiler. Bir çubuk veya koni pigmentinin ağartılmasıyla birlikte, ganglion hücreleri üzerindeki sinyallerin birleşmesi engellenerek yakınsamayı azaltır. Alfa adaptasyonu, yani hızlı hassasiyet dalgalanmaları, sinir kontrolü ile güçlendirilir. Yaygın ganglion hücrelerinin yanı sıra yatay ve amacrin hücreleri sayesinde sinyallerin birleştirilmesi, kümülatif bir etkiye izin verir. Ve böylece uyarı alanı, ışığın yoğunluğuyla ters orantılıdır, 100 çubukluk güçlü bir uyarıcı, 1.000 çubukluk zayıf bir uyarana eşdeğerdir.

Yeterli parlak ışıktaki yakınsama düşüktür, ancak karanlık adaptasyon sırasında çubuk sinyallerinin yakınsaması yakınsamayı artırır. Bunun nedeni yapısal değişiklikler değil, parlak ışıktaki mesajların yakınsamasını durduran olası bir engellemedir. Yalnızca bir göz açıksa, kapalı göz, yeniden açıldığında önceden uyarlanmış göze uyacak şekilde ayrı ayrı adapte edilmelidir.

6.7 Parlama & Kamaşma & Kontrast

Doğrudan veya yansıyan güneş ışığı gibi parlak ışık veya gece araba farları gibi yapay ışık varlığında görmenin zorluğu **parlama** denir. Bu nedenle, bazı arabalarda otomatik parlama önleyici işlevlere sahip aynalar bulunur.

Parlama, görev (bakılan) ile parlama kaynağı arasındaki önemli bir parlaklık oranından kaynaklanır. Görev ile parlama kaynağı arasındaki açı ve göz adaptasyonu gibi faktörler, parlama deneyimi üzerinde önemli etkilere sahiptir.

Kamaşma genellikle iki türe ayrılabilir: rahatsız edici kamaşma ve engelli kamaşma. Rahatsız edici parlama, içgüdüsel olarak parlak bir ışık kaynağından uzağa bakma isteği veya bir görevi görmede güçlükle sonuçlanır. Engellilik parlaması, rahatsızlık yaratmadan nesnelerin görüşünü bozar. Bu, örneğin günbatımında batıya doğru giderken ortaya çıkabilir.

Engellilik parlaması, genellikle ışığın göz küresi içindeki yansımasından kaynaklanır ve görev ile parlama kaynağı arasındaki kontrastı görevin ayırt edilemeyeceği noktaya indirir. Parlama o kadar yoğun olduğunda görme tamamen bozulduğunda, buna **kamaşma** denir.

İyi aydınlatmanın temel bir özelliği, parlamanın ne ölçüde sınırlı olduğudur. Göz kamaştırmanın iki yönü vardır: Görsel performansın nesnel değer kaybı ve aşırı parlaklık seviyeleri veya görüş alanındaki parlaklık seviyelerindeki keskin kontrastlar yoluyla bireyler tarafından hissedilen öznel rahatsızlık.

Kontrast, bir nesneyi (veya bir görüntü veya ekrandaki temsilini) ayırt edilebilir kılan parlaklık ve/veya renkteki farktır. Gerçek dünyanın görsel algılanmasında, kontrast, nesnenin ve aynı görüş alanı içindeki diğer nesnelerin renk ve parlaklığındaki farkla belirlenir. İnsan görsel sistemi, kontrasta mutlak parlaklıktan daha duyarlı olduğu için, gün içinde veya bir yerden bir yere aydınlatmada meydana gelen büyük değişikliklerden bağımsız olarak dünyayı benzer şekilde algılayabiliriz. Bir görüntünün maksimum kontrastı, kontrast oranı veya dinamik aralıktır. Kontrast ayrıca, bir belge üzerindeki basılı materyalin rengi veya gölgesi ile üzerine basıldığı arka plan arasındaki farktır, örneğin optik karakter tanımadaki.

Görsel performansta nesnel bir değer kaybı olması durumunda fizyolojik parlama terimi uygulanır. Bu durumda, bir parlama kaynağından gelen ışık, görsel görevin parlaklık modelini üst üste getirir ve böylece görünürlüğü azaltır. Görsel görevin ışık yoğunluğunun ve parlama kaynağının bu üst üste binmesinin nedeni, görüntülerin doğrudan retina üzerine bindirilmesi olabilir. Parlama kaynağından gelen ışığın göz içinde dağılmasıyla ortaya çıkan dağınık veya rahatsız edici ışığın üst üste binmesi, genellikle görsel performansı düşürmek için yeterlidir. Işık saçılma derecesi, öncelikle iç gözün opaklığına bağlıdır. İkincisi yaşla birlikte artar ve yaşlı insanların parlamaya karşı önemli ölçüde daha duyarlı olmasının sebebidir.

En aşırı fizyolojik parlama durumu sakatlık parlamasıdır. Bu, görme alanında 104 cd/m^2 'den fazla parlaklık seviyeleri görüldüğünde ortaya çıkar, örn. doğrudan yapay ışık kaynaklarına veya güneşe baktığımızda. Engellilik parlaması, ortamdaki parlaklık kontrastına bağlı değildir. Parlaklık seviyesi artırılarak ortadan kaldırılamaz. Engelli parlaması, mimari aydınlatmada nadiren sorun yaratır. Burada daha çok göreceli bir parlama sorunudur, burada görsel performansın azalması aşırı parlaklıktan değil, görüş alanı içindeki yüksek parlaklık kontrastlarından kaynaklanır.

Parlama kaynağı, görsel performansta bir azalmanın nedeni değilse, yalnızca öznel bir girişim faktörü ise, rahatsızlık parlaması terimi kullanılır. Rahatsızlık parlaması, bir bireyin istemsiz veya bilinçsiz bir şekilde görme alanındaki yüksek parlaklık seviyelerinden rahatsız olması durumunda ortaya çıkar. Kişinin bakışları sürekli olarak görsel görevden parlama kaynağına doğru çekilir, ancak bu artan parlaklık alanı beklenen bilgiyi sağlamada başarısız olur. Bir parlama kaynağı aynı zamanda sıklıkla görsel gürültü olarak adlandırılır ve bu nedenle, sürekli olarak dikkatimizi çeken ve algımızı zayıflatan rahatsız edici bir sesle karşılaştırılabilir.

Tekrar tekrar çeşitli parlaklık seviyelerine ve görsel görev ile parlama kaynağı arasındaki mesafeye ayarlanmak zorunda kalmak, nihayetinde hoş olmayan ve hatta acı verici olduğu düşünülen göz yorgunluğuna yol açar. Görsel performans nesnel olarak değişmeden kalabilse de, rahatsızlık veren göz kamaştırıcılığı yüksek derecede huzursuzluğa yol açabilir ve bu da kişinin işyerindeki genel performansı üzerinde bir etkiye sahip olacaktır.

Belirli bir durumdan bağımsız olarak verilen parlaklık veya parlaklık kontrast değerlerinin aşılması olarak açıklanabilen engellilik parlamasının aksine, rahatsızlık parlaması, bağlam dışında tanımlanamayan bilgilerin işlenmesiyle ilgili bir sorundur. Görüş alanında önemli ölçüde parlaklık kontrastları meydana gelse de, bu kontrastlar bekleniyorsa ve değerli bilgiler sağlıyorsa rahatsızlık parlaması bir problem haline gelmez, örneğin; Kristal bir avizenin ışıltılı ışığı veya bir pencereden hoş bir manzara. Öte yandan, parlaklık seviyelerindeki küçük farklılıklar bile, bu zıtlıklar daha önemli bilgilerin üzerini örter ve kendileri hiçbir bilgi sağlamazsa, rahatsızlık veren parlamaya neden olabilir; Örneğin. parlak kağıt üzerinde yansımalar olması durumunda, düzgün bir şekilde bulutlu bir gökyüzüne veya aydınlık bir tavana baktığımızda. Engellilik ve rahatsızlık parıltısının ikisi de iki şekilde olur. Birincisi, görsel görevin görüş alanında parlama kaynağının kendisinin görülebildiği doğrudan parlamadır. Bu durumda, parlama derecesi esas olarak parlama kaynağının ışık yoğunluğuna, parlaklığının görsel görevle kontrastına, boyutuna ve görsel göreve olan yakınlığına bağlıdır.

Parlama kaynağının görsel görev veya ortam alanı tarafından yansıtıldığı parlama şekli, yukarıda belirtilen faktörlere ve yansıtma yüzeyinin speküler kalitesine ve konumuna bağlıdır.

Yansıyan ışığın neden olduğu rahatsızlık parlaması, parlak kağıda basılmış metinleri okuyan veya bilgisayar monitörlerinde çalışan kişiler için önemli sorunlar yaratır. Çünkü göz, yakın mesafedeki görsel göreve ve yansıyan parlama kaynağının dikkatinin dağılmasına uyum sağlamak için sürekli olarak zorlanır.

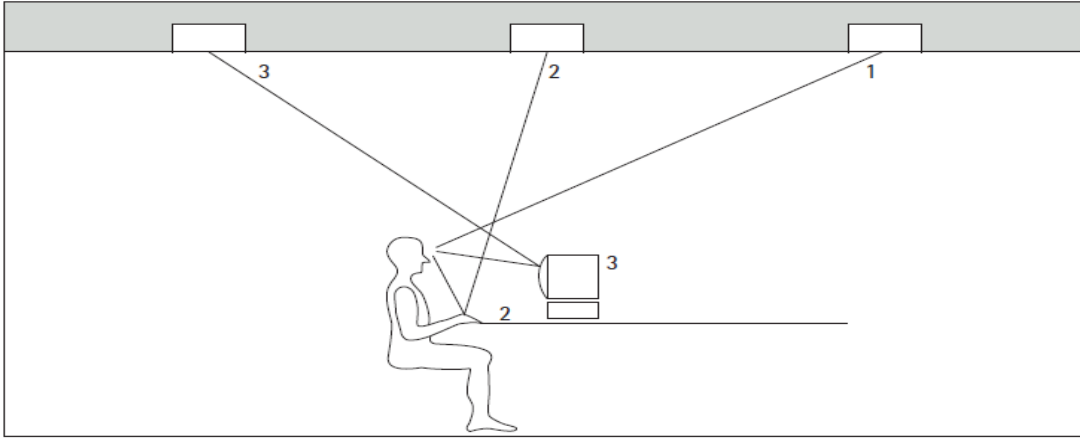
İstenmeyen parlamaya neden olabilecek parlaklık ve parlaklık kontrastlarının değerlendirilmesi, ağırlıklı olarak ortamın türüne ve aydınlatmanın yerine getirmeyi amaçladığı gereksinime bağlıdır. Festival veya tiyatro ortamını yöneten kurallar, işyerleri için olanlardan tamamen farklıdır; bir durumda istenen parlaklık, başka bir durumda istenmeyen parlama olarak kabul edilebilir.

Hakim bakış açıları da önemli bir rol oynar; Bir sandalyede dik oturan bir kişi için parlamayan bir aydınlatma, aynı xperson arkasına yaslanırsa parlama oluşturabilir.

İşyerlerinde aydınlatma alanında kamaşma sınırlamasına uygulanan bir dizi resmileştirilmiş kural vardır; bir kural olarak, aydınlatmayı sağlayan panjurlu armatürlere sahip bir masada oturan bir kişiye dayanır. Oturma pozisyonunun yüksekliğinden ve tercih edilen görüş yönünden, ışık kaynaklarının en fazla parlamayı üretme eğiliminde olacağı alanlar tanımlanabilir. Pencereleden gelen kamaşmanın yanı sıra kamaşma, esas olarak tavanın belirli kısımlarında bulunan armatürler tarafından üretilir.

Doğrudan kamaşma durumunda, bu oturan kişinin önündeki tavan alanıdır ve 45 ° 'den daha düşük açılarda algılanır. Yansıyan parlama durumunda, parlama ağırlıklı olarak armatürlerden kaynaklanır. Doğrudan kişinin önünde tavan alanında bulunur. Pratik olarak dikey yüzeylerde yansıyan parlama özel bir durum sunar. Bu durumda kamaşma esas olarak kişinin arkasındaki tavan alanındaki kamaşma kaynaklarından kaynaklanır. Parlama, parlaklık kontrastlarını azaltarak en aza indirilebilir. Örneğin, ortam parlaklığını artırarak veya parlama kaynağının parlaklığını düşürerek. Armatür geometrisini uygun şekilde düzenleyerek parlama da önlenir. Kesintisiz panjurlu armatür sıraları, örneğin görüş yönüne çapraz olarak yerleştirilmemeli, görüş yönüne paralel olarak ve çalışma yerleri arasına monte edilmelidir.

Doğru armatür seçimi ile uygun parlama sınırlaması sağlanabilir. Özel olarak geliştirilmiş reflektörler, kritik açının üzerine yerleştirilen armatürlerin herhangi bir kabul edilemez parlaklık üretmemesini garanti edebilir. Aşağıya doğru yalnızca minimum düzeyde doğrudan ışık yayan aydınlatma armatürleri kurmak, yansıyan parlamayı sınırlamaya yönelik önemli bir katkı sağlayabilir.



Şekil 6.9 Parlama şekilleri. Parlama ile ilgili olarak, öncelikli olarak armatürlerin (1) neden olduğu doğrudan parlama, yatay görsel görevler durumunda yansıyan parlama (2) ve dikey görsel görevler durumunda yansıyan parlama (3). (Rüdiger Ganslandt, Erco Handbook of Lighting Design, 1982)

6.8 Görme Hızı

Gözün, farklı fotografik emülsiyonların hızındaki farklılığa benzetilebilecek bir şekilde, farklı koşullar altında değişen retinanın "hızını" görmesinin zaman alması her zaman takdir edilmez. Sahne parlaklığı daha yüksek olduğunda göz, izlenimleri daha hızlı kaydeder. Bu, doğal olarak ışığın görsel mor üzerindeki etkisinden kaynaklanıyor gibi görünmektedir, çünkü kimyasal reaksiyonun yoğunluğunun ışık uyarıcısında artması beklenecektir. Bu nedenle, loş bir ışıktaki ayırt edilemeyen küçük salınımlar, iyi ışıktaki fark edilir ve bir nesnenin hareket hızı, aydınlatmadaki artışla daha büyük görünür. Sabit bir hızda hareket eden ancak farklı derecelerde aydınlatılmış alanlardan geçen bir nesne sarsıntılı bir şekilde hareket ediyormuş gibi görünecektir. Örneğin, bir konveyör bandı üzerindeki nesneler, artan aydınlatma ile daha hızlı incelenebilir ve başka bir örnek, bir açık hava tenis alanı eşit olmayan bir şekilde aydınlatılırsa, top düzensiz bir şekilde hareket ediyor gibi görünecektir.

6.9 Görsel Görev & Performans

Bu, son derece karmaşık bir organ olan insan gözüyle ilgili bir çalışmadır. Ancak görsel görev ile görsel performans arasındaki genel ilişkiyi şöyle özetlemek uygundur.

Görsel Performans: Bir nesneden yayılan ışık, göz tarafından alınır ve daha sonra beyne iletilen elektrik uyarılarına dönüştürülür.

Renk Algılama: İnsan gözü, ışığın farklı dalga boylarını yüksek derecede ayırt edebilir.

Yönsel Algılama: Retinanın farklı bölgelerine gelen ve odaklanan ışık uyarılarına, beyin tarafından farklı yönlerden geldiği şeklinde yorumlanır.

Uzay Algısı: Göz tarafından alınan ve beyin tarafından yorumlanan tüm ayrı ve bireysel unsurlar, nesnenin tam bir resmini oluşturur ve bu sayede belirli bir şekil, boyut ve yapı olarak kabul edilir.

Hareket Algısı: Gözler hareketli bir nesneye sabitlenirse, göz kasları nesneyi odakta tutmak için gözleri ayarlar. Bunu yaparak beyin, nesnenin hareket yönünü ve hızını yorumlayabilecektir.

Parlaklık Algısı: Beyin, bir nesnenin parlaklığını veya yansıtıcı özelliklerini, genel görsel sahne ile olan ilişkisine göre yorumlayacaktır.

Görme Engeli: Görme alanındaki istenmeyen veya kontrolsüz parlama, parlamanın türüne ve miktarına bağlı olarak görüşü bozabilir veya onu değişen derecelerde azaltabilir.



7. AYDINLATMA MALZEMELERİ

Birçok aydınlatma mühendisi, aydınlatma tasarımcısı, mimar malzemelerin ve kaplamaların seçiminin bir projenin geliştirilmesi sırasında alınan en önemli kararlar arasında olduğuna bilir. Ancak aydınlatma olmadan herhangi bir malzemenin estetik özelliklerini algılayamayız, bu nedenle mimari kaplamaların etkisini en üst düzeye çıkarmak için uygun aydınlatmanın gerekli olduğu mantıklıdır. Aydınlatma yaklaşımı belirlenirken malzemelerin çeşitli özellikleri anlaşılmalıdır. Elbette, belirli renklerin seçimi, aydınlatma mühendisi & tasarımcısının görevler ve uyumluluk için uygun şekilde tasarım yapmasını aşırı derecede zorlaştırabilir.

7.1 Dikkat Edilecek Özellikler

Doku: Yüzey dokusundaki farklılığın neden olduğu gölgeler, bir malzemedeki derinliği algılamasını sağlayan kontrast oluşturur. Işık kaynağının konumu, gölgenin uzunluğunu belirleyerek yüzeyi farklı derecelerde tanımlama ile oluşturur. Bu, görsel dikkati yüzeydeki herhangi bir düzensizlik veya hataya da odaklayabilir. Yüzey tatsız ve düpedüz çirkin bile görünebilir.

Yüzey yansımaları: Opak bir malzemenin ışığı nasıl yansıttığı, izleyicinin yüzeyinde mevcut olan aydınlatma algısını belirler. Yansıtılmış veya oldukça speküler bir yüzey, görüntüyü en iyi şekilde yansıtabilirken, yüzeyde ışık olsa bile yansımada görülen ortam aydınlatılmamışsa karanlık görünecektir. Mat veya dağınık malzemeler ışığı birçok yönden eşit olarak yansıtır ve birçok açıdan benzer bir ışık kalitesi sağlar.

Renk: Her nesne, kendisine çarpan ışığın bir kısmını emer. Bir yüzeydeki pigment, görünür spektrumun ne kadar ve hangi bileşenlerinin göze ulaşacağını belirler. Genel olarak, koyu renkler açık renklere göre daha fazla aydınlatma emer.

Işık iletimi: Şeffaf ve yarı saydam malzemeler ışığın içlerinden geçmesine izin verir. Bu malzemelerin iç bileşimi, iletilen ışığın miktarını ve kalitesini etkiler.

7.2 Aydınlatma Yöntemleri

Aydınlatma mühendisi ve aydınlatma tasarımcısı, yukarı bölümündeki özelliklerin hangi kombinasyonunun mevcut olduğuna bağlı olarak bir malzemenin nasıl aydınlatılacağına karar vermelidir. Kullanılabilecek tipik ışıklandırma yöntemleri arasında duvarda otlatma (dikey bir yüzeyin çok dik bir açıyla aydınlatılması); vurgulu aydınlatma (bir nesneyi veya yüzeyi, birincil görünümün dikey ekseninden 30 ° ile 45 ° arasında bir açıdan aydınlatma); duvar yıkama (bir duvar yüzeyinin düz bir açıdan 'eşit' aydınlatılması). Bu tartışmanın amaçları doğrultusunda, vurgulu aydınlatma ve duvar yıkama, göz hizasından bakıldığında malzeme üzerinde aynı etkiye sahiptir; ve ortam aydınlatması (ışığın söz konusu malzemeye çarpmadan önce başka bir yüzeyden yansımından kaynaklanan dolaylı aydınlatma). Tipik yapı malzemelerini aydınlatırken bu ilkelerin nasıl uygulanacağını dikkat edilmelidir. Bu tipik yapı malzemeleri ve detayları şöyledir:

Alçı: Zanaatkarlığın kalitesi, sıva ve alçıpan yüzeyleri aydınlatırken birincil husustur. Duvardaki tipik alçı levha yapısı, ortam veya duvar yıkama koşulları altında fark edilmeyecek olan yüzey bitiminde çekici olmayan varyasyonları ortaya çıkaracaktır. Bazen alçı, dokuda kasıtlı bir değişiklik veya cilalı bir yüzey işlemi ile belirtilir. Dekoratif sıva ustaları tarafından ustaca uygulanan bu yüzeyler, ışıkla sıyrıldığında en iyi şekilde görünür.

Taş: Taş malzemeleri aydınlatmak için seçenekleri değerlendirirken, aydınlatma tasarımcısı mimari amacı ve kaplama türünü anlamalıdır. Taş doğal karakteri için seçilmişse, yüzeye yakın aydınlatma armatürleri yerleştirmek organik dokuyu ortaya çıkaracaktır. Dağınık bir ortam ışığı ile aydınlatılan aynı malzeme daha az dramatik görünecektir. İster kolay bakım için, ister üst düzey denekler için seçilmiş olsun, yüksek derecede cilalı taş birçok mimari uygulamada belirtilmiştir. Böyle bir yüzeyi duvar yıkarken meydana gelen ışık kaynağının örtülü yansımalarından kaçınmak için özel dikkat gösterilmelidir. Honlanmış yüzeyler, aydınlatma tasarımcısına yansıyan parlama olmadan birçok taş türünde bulunan aynasal bileşenleri ortaya çıkarma fırsatı sunar.

Metal: Speküler yüzeylere sahip metal malzemeler, genellikle doğrudan ışık olmadan ilginç şekilde aydınlatılmış bir yüzey oluşturmak için kullanılır. Bu etkiye izin veren aynaya benzer nitelikler, dikkatlice değerlendirilmezse parlamaya neden olabilir. Metal yüzeylere mikro doku eklenmesi, yansıyan ışığı birden çok yöne yayarak birçok açıdan parlak görünen bir yüzey elde edilmesini sağlar. Işık kaynağının konumuna bağlı olarak, görüntüde görülen yörünge kumlu desenin farklı alanları ışığı yakalar. Görüntü, homojen bir yüzey işleminin eklenmesiyle aynı yörünge malzemesini göstermektedir. Bu dokuyu ekleyerek tüm yüzey daha parlak görünür. Etki, yansıtıcı yüzeylere saten kaplama eklemeye benzer.

Kumaş: Kumaşları aydınlatırken örgünün rengi, ölçeği ve yansıtıcı nitelikleri dikkate alınmalıdır. Malzeme opaksa, çok yoğunsa ve mat bir yüzeye sahipse, herhangi bir aydınlatma yaklaşımı benzer sonuçlara sahip olacaktır. Metal kumaşlar, son derece speküler, açık dokumalı bir kumaşı aydınlatırken var olan fırsatlara ilişkin bazı bilgiler sunar. Yansıtıcı özelliklerinin bir sonucu olarak, çözü (dikey örgülü kablolar) ve atkı (yatay çubuklar), ışık kaynağının boyutuna ve rengine bağlı olarak farklı görünmektedir. Bir halojen nokta kaynağı, flüoresan ortam aydınlatma koşullarında dokunun aynı malzemeden daha düz görünmesini sağlar. Mimari uygulamaya, örgünün ölçeğine ve izleyicinin konumuna bağlı olarak, bu ince kumaş efektinin prensipleri kumaşı aydınlatırken geçerli olabilir.

Plastik: Mimari plastikleri arkadan aydınlatırken, izleyicinin ışık kaynağını, konumunu ve boyutunu ayırt etme yeteneği dikkate alınmalıdır. Aydınlatma tasarımının amacı yüzeyi muntazam bir şekilde aydınlatmak veya lamba görüntüsünün bir görünümünü ortaya çıkarmak olsun, yarı saydam malzemenin bazı spesifik özellikleri endişe vericidir. Hücresel bir akriliğin iç yapısı, izleyicinin bir ışık kaynağının ötesindeki konumu hakkındaki farkındalığını pekiştiren bir gölge modeli yaratır. Aşındırılmış akrilik paneller gibi arkadan aydınlatmalı katı çekirdek malzemelerde bulunan daha tutarlı ışık gradyanı, daha homojen bir ışık dağılımının tercih edildiği durumlara uygundur.

Cam: Aydınlatma tasarımcıları yarı saydam camı aydınlatırken armatürün iç yapısını ve lamba görüntüsünü göz önünde bulundurmalıdır; camın yüzey nitelikleri de aydınlatma düzenini etkileyebilir. Pürüzsüz bir cam yüzey,

aydınlatma durumuna ve izleyicinin konumuna bağılı olarak bir ayna işlevi görecektir. Bu cam türü, arkadan aydınlatıldığında plastiklerle hemen hemen aynı görünür. Dokulu camı aydınlatırken, ışık kaynağını malzemenin kenarına veya bir sıyırma açısına yerleştirerek yüzeyin ışıldamasını sağlamak mümkündür.

Projeler genellikle gerçekleşirken, mimari bitirmeler ve aydınlatma gözden geçirilmesi gereken ilk öğeler arasındadır. Malzemelerin ve aydınlatmanın seçimine entegre bir yaklaşım, proje tasarımına ve bütçe hedeflerine en iyi şekilde hizmet eder. Çünkü uygun aydınlatma olmadan malzemeler tam estetik potansiyellerine ulaşamazlar. Bu iki mimari unsur her zaman birlikte düşünülmelidir.

Örneğin; Şerit ledlerin kalitesinden bağımsız olarak herhangi bir SMD tipi şerit led ışık kullanırken, LED'lerin tek tek noktalarının görünür olmasını sağlamak için difüzörün kalitesinin plastik veya camdan çok önemli olduğunu unutmayın. LED'lerin istenen veya izin verilen görünürlük derecesi, difüzör malzemesinin yoğunluğunu belirleyecektir. Daha yoğun veya yarı saydamlık veya opaklığın, yayılan ışığın etkinliğini veya verimliliğini belirler.

7.3 Aydınlatma Kontrolü

Daha önce işlemiş olduğumuz bölüm, ışığın kontrolü yani ışıyan ışığın kontrolüydü. Bu bölümde ise analog veya dijital aydınlatma kontrol sistemleri olan aydınlatma kontrollerini inceleyeceğiz.

Aydınlatma kontrolleri terimi tipik olarak bir alan içindeki aydınlatmanın bağımsız kontrolünü belirtmek için kullanılır. Bu, sabit ışık gruplarını bağımsız olarak veya ayrı ayrı ışıkları kontrol etmek için kabloyla bağlanmış doluluk sensörlerini, zaman saatlerini ve fotoselleri içerebilir. Ayarlama, her kontrol cihazı konumunda manuel olarak gerçekleşir, ancak bir kez ayarlandıktan sonra, sistem bu kullanıcı gereksinimlerini karşılayana kadar büyük olasılıkla ayarlanacağı bir ilk kullanım döneminden sonra nadiren değiştirilir.

Aydınlatma kontrol sistemi terimi, aydınlatma kontrolü ile ilgili akıllı bir ağ bağlantılı cihaz sistemini ifade eder. Bu daha karmaşık sistemler arasında röleler, kullanım sensörleri, fotoseller, ışık kontrol anahtarları veya dokunmatik

ekranlar ve diğer bina sistemlerinden (yangın alarmı veya HVAC gibi) sinyaller bulunabilir. Sistemin ayarlanması hem cihaz lokasyonlarında hem de merkezi bilgisayar lokasyonlarında yazılım programları veya diğer arayüz cihazları vasıtasıyla gerçekleşir.

7.3.1 Aydınlatma kontrolünün avantajları

Bir aydınlatma kontrol sisteminin bağımsız aydınlatma kontrollerine veya geleneksel manuel anahtarlama göre en büyük avantajı, tek bir kullanıcı arayüz cihazından ayrı ışıkları veya ışık gruplarını kontrol etme yeteneğidir. Bir kullanıcı cihazından birden fazla ışık kaynağını kontrol etme yeteneği, karmaşık aydınlatma sahnelerinin oluşturulmasına izin verir. Bir odanın, her biri odadaki farklı etkinlikler veya durumlar için oluşturulmuş birden fazla sahnesi olabilir. Aydınlatma kontrol sistemlerinin en büyük yararı, enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Daha uzun lamba ömrü, kullanılmadığında ışıkları kısarken ve kapatırken de elde edilir. Kablosuz aydınlatma kontrol sistemleri, azaltılmış kurulum maliyetleri ve anahtarların ve sensörlerin yerleştirilebileceği yerlerde daha fazla esneklik gibi ek faydalar sağlar.

7.3.2 Otomatik kontrol

Aydınlatma kontrol sistemleri tipik olarak bir aydınlatma cihazının çıktısını aşağıdakilere göre otomatik olarak ayarlama yeteneği sağlar:

1. Kronolojik zaman (günün saati). Kronolojik zaman çizelgeleri günün, haftanın, ayın veya yılın belirli zamanlarını içerir.
2. Astronomik zaman (gün doğumu / gün batımı). Astronomik zaman çizelgeleri, genellikle dış aydınlatmayı değiştirmek için kullanılan gün doğumu ve gün batımı saatlerini içerir. Astronomik zaman planlaması, binanın konumunun ayarlanmasını gerektirir. Bu, enlem ve boylam yoluyla binanın coğrafi konumu kullanılarak veya yaklaşık konumu ve karşılık gelen astronomik süreleri veren belirli bir veri tabanındaki en yakın şehri seçerek gerçekleştirilir.
3. Doluluk sensörlerini kullanarak doluluk. Alan doluluğu öncelikle doluluk sensörleri ile belirlenir.
4. Fotoseller kullanılarak gün ışığı kullanılabilirliği. Elektrikli aydınlatma enerjisi kullanımı, mevcut gün ışığı seviyesine yanıt olarak elektrik

lambalarının otomatik olarak kısılması ve / veya değiştirilmesiyle ayarlanabilir. Gün ışığı olduğunda kullanılan elektrikli aydınlatma miktarını azaltmak, gün ışığı hasadı olarak bilinir.

5. Alarm koşulları. Alarm koşulları tipik olarak, yangın alarmı veya HVAC sistemi gibi diğer bina sistemlerinden gelen ve örneğin bir acil durum "tüm ışıklar açık" komutunu tetikleyebilen girdileri içerir.

6. Program mantığı (olayların kombinasyonu). Program mantığı, eğer-ise-değilse ifadeleri ve mantıksal operatörler gibi yapıları kullanarak yukarıdaki tüm öğeleri birbirine bağlayabilir.

7.3.3 Aydınlatma kontrol sistemi türleri

1980'lerde ticari aydınlatmayı daha kontrol edilebilir kılmak için güçlü bir gereksinim vardı, böylece daha enerji verimli hale getirilebilirdi. Başlangıçta bu analog kontrol ile yapıldı ve floresan balastların ve dimmerlerin merkezi bir kaynaktan kontrol edilmesine izin verdi. Bu doğru yönde atılmış bir adımdı, ancak kablolama karmaşıktı ve bu nedenle uygun maliyetli değildi. Tridonic, 1991 yılında yayın protokolleri DSI ile dijitale geçen ilk şirket oldu. DSI, hatta bağlı tüm armatürlerin parlaklığını değiştirmek için tek bir kontrol değeri ilettiği için temel bir protokoldür. Bu protokolü daha çekici kılan ve yerleşik analog seçenekle rekabet edebilen şey basit kablolamadır. Bununla birlikte, iki tür aydınlatma kontrol sistemi vardır:

1. Analog aydınlatma kontrolü. Analog aydınlatma kontrol sistemlerine örnekler:

a. 0-10V tabanlı sistem,

b. D54 tabanlı sistemler (Avrupa standardı),

c. AMX192 tabanlı sistemler (genellikle sadece AMX olarak anılır) (ABD standardı).



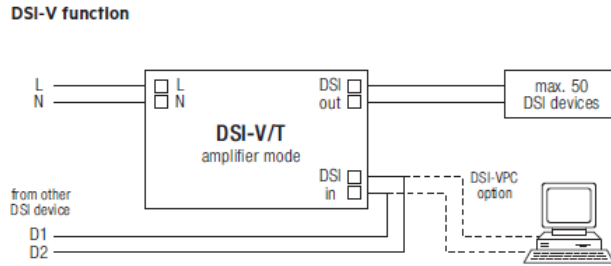
Şekil 7.1: 1-10 V tabanlı sistem sürücü resmi

Kaynak: (LLC7220 Dynadimmer SELV, 2015)

2. Dijital aydınlatma kontrolü. Dijital aydınlatma kontrol sistemleri şunlardır:

a. DSI (Digital Serial Interface) tabanlı sistem

Binalardaki (başlangıçta elektrik balastları) aydınlatmanın kontrolüne yönelik bir protokoldür. 1991 yılında Avusturya'lı Tridonic şirketi tarafından oluşturuldu ve Manchester kodlu 8 bit protokolüne, 1200 baud veri hızına, 1 başlangıç bitine , 8 veri bitine (karartma değeri), 4 durdurma bitine dayanıyor ve daha fazlasının temelini oluşturuyor.



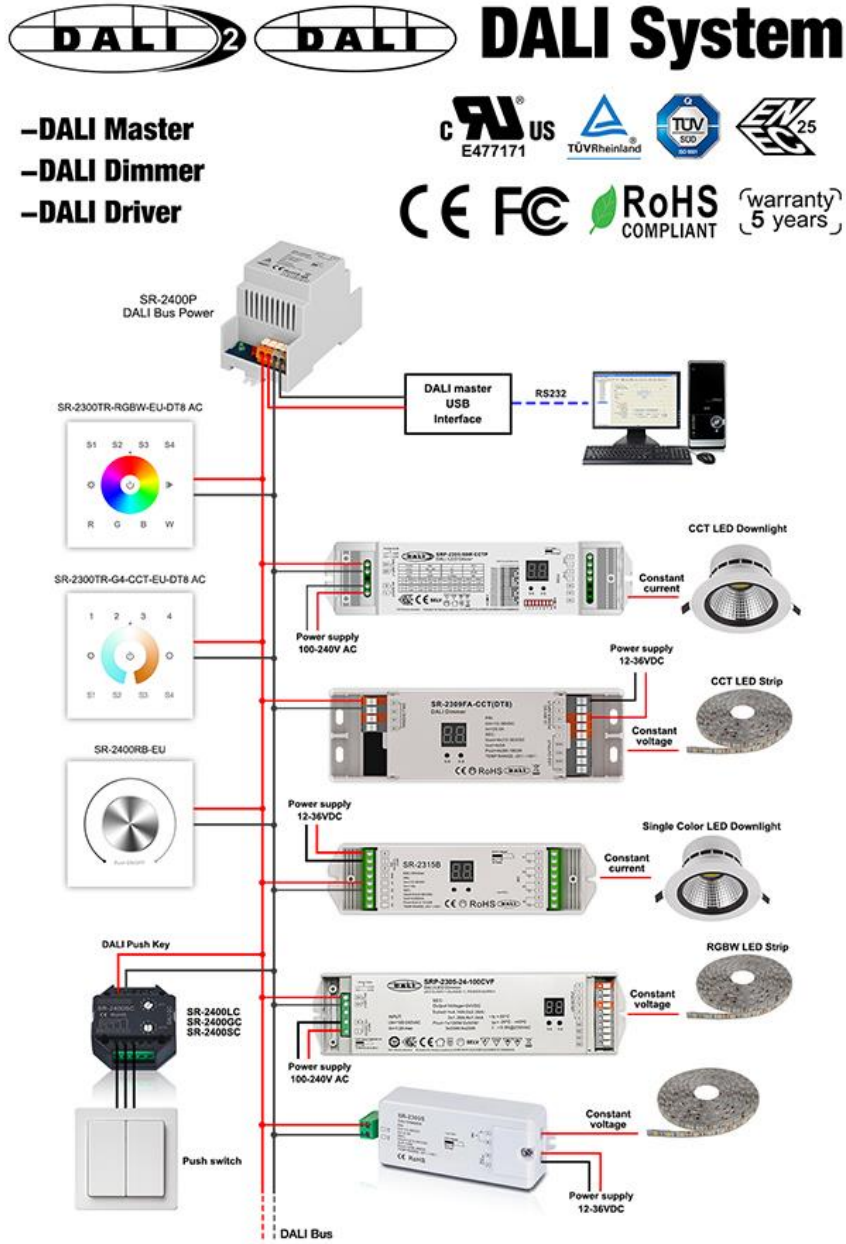
Şekil 7.2: DSI sinyallerini yükseltmek için kontrol modülü

Kaynak: (Lighting Controls and Connectivity DSI components, 2020)

b. DALI (Digital Addressable Lighting Interface) tabanlı sistemler

Aydınlatmayı kontrol eden ağ tabanlı ürünler için bir ticari markadır . Temel teknoloji, 1-10 V / 0-10 V aydınlatma kontrol sistemlerinin halefi ve çeşitli tescilli protokole açık standart bir alternatif olarak aydınlatma ekipmanı üreticilerinden oluşan bir konsorsiyum tarafından oluşturulmuştur . DALI,

DALI-2 ve D4i ticari markaları, aydınlatma endüstrisi birliği olan DiiA'ya (Digital Illumination Interface Alliance) aittir .



Şekil 7.5: Dali Sistem şematik şekli

Kaynak: (Dali Series, 2019)

c. KNX tabanlı sistemler,

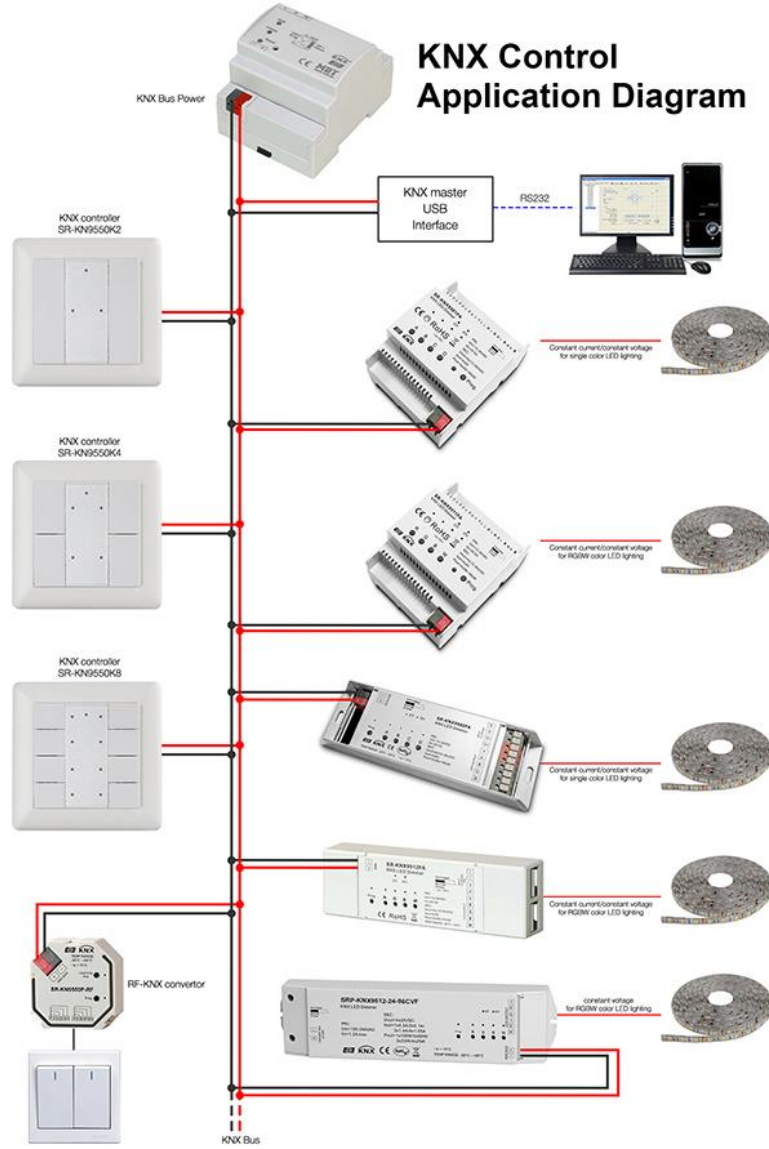
KNX, HVAC, aydınlatma sistemleri, multimedya, güvenlik, enerji yönetimi ve daha fazlası gibi herhangi bir konut, ticari veya endüstriyel binanın entegre fonksiyonlarının otomasyonunu kontrol eden bir teknolojidir.



KNX Series

KNX Smart LED Control System

- KNX Manual dimmer
- KNX Dimmable Driver
- KNX Push Button Controller



Şekil 7.6: KNX Sistem şematik şekli

Kaynak: (KNX Series, 2019)

d. DMX tabanlı sistemler (DMX genellikle DMX 512 olarak anılır).

DMX512 ("512 bilgi parçalı Dijital Çoklayıcı"), sahne ışıklandırmasını ve efektlerini kontrol etmek için yaygın olarak kullanılan dijital iletişim ağları için

bir standarttır. Başlangıçta, DMX512'den önce çeşitli uyumsuz tescilli protokoller kullanan, ışık dimmerlerini kontrol etmek için standart bir yöntem olarak tasarlanmıştır. Bununla birlikte, kısa süre sonra yalnızca denetleyicileri ve karartıcıları değil, aynı zamanda daha gelişmiş armatürleri ve sis makineleri ve hareketli ışıklar gibi özel efekt cihazlarını birbirine bağlamak için birincil yöntem haline geldi ve ayrıca tiyatro dışı iç mekan ve mimari aydınlatmada kullanımları da genişletti.



Şekil 7.7: DMX Sistem şematik şekli

Kaynak: (How does DMX work?, 2017)

Bunların hepsi kablolu aydınlatma kontrol sistemidir. ZigBee ve diğerleri gibi bazı standart protokollere dayanan bir kablosuz aydınlatma kontrol sistemi de vardır.

7.3.4 Karartma (Dimleme)

Karartma, bir lambanın veya armatürün ışık çıkışını değiştirme işlemidir. Bu, boşluğa sahip bir manuel kontrolör aracılığıyla (duvar anahtarı için bir kutuya monte edildiği için "duvar kutusu" dimmer olarak adlandırılır) veya bir foto sensör veya zamanlayıcı ile birlikte otomatik olarak gerçekleştirilebilir. Karartma seviyesinden bahsettiğimizde, genellikle tam ışık çıkışının bir yüzdesi olarak belirtilir.

Işık kısma kontrol sistemleri, akkor, floresan, CFL, neon, soğuk katot, HID ve LED dahil olmak üzere çeşitli lamba teknolojileri için mevcuttur. Led gibi bazı lamba teknolojilerinin kısımaya diğerlerinden daha uygun olduğunu belirtmek

gereklidir. Örneğin, akkor, floresan, CFL ve LED, uygun karartma tertibatı ve lamba sürücüleri veya balastlar ile tam ışık çıkışının% 1'i kadar düşük seviyelere kadar çok düşük seviyelere kısılabılırken, HID kaynakları hiçbir zaman% 50'nin ötesine kısılmamalı ve özellikle metal halojenür, çünkü karartma aralığı boyunca güçlü renk değişimleri sergiledikleri bilinmektedir.

Karartma, kontrollü cihazların enerji tüketimini azaltırken, enerji azaltımının karartma seviyesi ile aynı olması gerekmediği unutulmamalıdır. Tasarruf genellikle doğrusal değildir. Bazı durumlarda doğru olabilir, ancak diğerlerinde %50'ye kadar kısılmış bir ışık kaynağı hala enerjinin %70'ini tüketiyor olabilir. Tamamen ışık kaynağına ve karartma teknolojisine bağlıdır. Belirli derecelendirmeler ve performans için her zaman üreticinin literatürünü kontrol edilir.



Şekil 7.8: Döner ve Basmalı Dimleme anahtarı

Kaynak: (Rotary 1-10 V Led Dimmer, 2019) (Diamond Bell Press Dim, 2012)

7.3.5 Zamana dayalı anahtarlama cihazları

Bir bölgenin doluluk planı iyi bilindiğinde, zamanlama cihazları ek enerji tasarrufu için ideal bir seçimdir. Zamanlama cihazları, bir alan içindeki armatürlerin bir kısmı veya tamamı, alanın boş olduğu saatlerde kapatılacak şekilde uygun şekilde programlanır. Örneğin, bir ofis, hafta sonları ve akşamları kendi alanındaki aydınlatma armatürlerinin çoğunu kapatmak için zamanlama cihazları kullanabilir.

7.3.6 Fotosensörler

Fotosensörler, bir mekandaki aydınlatma hakkında geri bildirim sağlamak için uygun bir cihazla kullanılabilir. Gün batımına kadar olan sensörler olarak da bilinen PECU (fotoelektrik kontrol üniteleri) ile donatılmış dış mekan armatürleri gibi bazı durumlarda, kontrolör, ışık seviyesi belirli bir eşiğin altına düştüğünde armatürü basitçe açar. Daha karmaşık sistemlerde, fotosensör, bir alan içindeki aydınlatmayı düzenlemek için bir kısma balastı ile birlikte kullanılabilir. Bu tür bir sistem, genellikle önemli ölçüde gün ışığının mevcut olmasının beklendiği bir alanı kontrol etmek için kullanılır. Gün ışığı katkısının olmadığı gecelerde aydınlatma sistemi maksimum seviyede çalışacaktır. Bulutlu günlerde, aydınlatma sistemi ışık çıkışının orta seviyesinde çalışacaktır. Son olarak, günün en parlak bölümünde aydınlatma sistemi minimum ışık çıkışı seviyesinde çalışacaktır.

7.3.7 Doluluk sensörleri

Doluluk sensörleri, bir alan içindeki hareketi algılamak için tasarlanmıştır. Bu tür bir kontrol sistemi, aydınlatma armatürlerinin bir alanda kaldığı saat sayısını azaltarak önemli miktarda enerji tasarrufu sağlayabilir. Alan içinde hareket algılandığında, kontrolör armatürleri açar. Armatürler, hareket artık algılanmadığında belirli bir süre açık kalır. Bundan sonra bir gecikme süresinden sonra mahaldeki armatürler kapatılır. Floresan, CFL'ler ve HID içeren deşarj ışık kaynaklarının çok sık değiştirilmesi ömür beklentilerini kısaltabileceğinden gecikme süresi ayarı önemli olabilir. LED'ler hiç etkilenmez, aslında tam tersi doğru, kullanım ömrü uzatılabilir.

Doluluk sensörleri iki temel teknoloji kullanır - pasif kızılötesi ve ultrasonik. Pasif kızılötesi hareketi vücut ısısına bağlı olarak algılar ve 1842'de Prag'daki incelemesinde bunu öneren Avusturyalı fizikçi Christian Doppler'in adını taşıyan Doppler Kayması olarak adlandırılan, yolcu hareket ettikçe ses frekansında bir kaymayı algılayan ultrasonik dedektörlerden daha düşük hassasiyete sahiptir. Bu sensörler, pasif kızılötesi tiplere göre daha yüksek hassasiyete sahiptirler ancak ne yazık ki yanlış tetiklemeye daha yatkındırlar. Bir güve veya sinek tarafından tetiklenebilen pasif hırsız alarmı dedektörlerine benzer.

Bazı yeni sensörler bu iki teknolojinin bir kombinasyonunu kullanır - bir teknoloji, hareket algılandığında ışıkları açar, ancak ışıklar yalnızca hiçbir teknoloji hareket veya doluluk algılamadığında kapatılır.

Bu bölümde açıklanan aydınlatma kontrol sensörleri, aydınlatma tesisatında belirli bir süre boyunca enerji tüketimini azaltmak için kullanılabilecek çok etkili araçlardır. Bir alan içindeki bireysel kullanımlarına ek olarak, bir alan içinde gerçekleştirilen enerji tasarrufu miktarını en üst düzeye çıkarmak için aydınlatma kontrol sensörlerinin bir kombinasyonundan gelen geri bildirimi kullanan merkezi sistemler mevcuttur. Örneğin, fotosensörler, bir alan içindeki aydınlatmayı düzenlemek için genellikle karartma kontrolleriyle birleştirilir. Zamanlama cihazları, mesai saatleri dışında bir alan içindeki aydınlatmayı azaltmak için karartma kontrolleriyle birlikte kullanılabilir. Zamanlama cihazları, mesai saatleri dışında doluluk sensörlerinin yanlış tetiklenme sürelerini azaltmak için doluluk sensörleriyle birlikte kullanılabilir.

7.4 Işık Kontrol Stratejileri

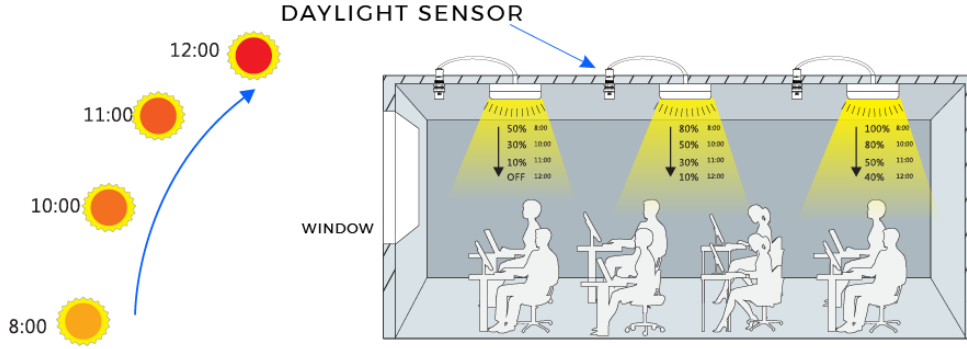
Görsel efektler (çoğunlukla aydınlatma kontrolü) veya enerji tasarrufu sağlamaya yönelik birkaç aydınlatma kontrol stratejisi.

7.4.1 Çok seviyeli anahtarlama

Bu strateji genellikle, çok lambalı floresan tavan tamponlarıyla aydınlatılan alanlarda kullanılır. Genellikle, entegre çok seviyeli anahtarlama özelliğine sahip çoklu balastlı armatürlerin veya balastların kullanılmasını gerektirir. Örneğin, bir lambalı ve iki lambalı üç lambalı bir trofferi düşünün. Dış lambalar iki lamba balastında ve orta lamba tek lamba balastında olacaktır. Bu şekilde, balastın veya her ikisinin aynı anda etkinleştirilmesi ile tam, 2/3 ve 1/3 seviyelerine ulaşılabilir.

7.4.2 Gün ışığı telafisi

Bir alana giren gün ışığını bir ışık kaynağı olarak tanıyan stratejiler, elektrikli aydınlatma maliyetini düşürmenin bir yolu olarak daha popüler hale geliyor. Bu bazen "gün ışığı hasadı" olarak adlandırılır ve aşağıdaki Şekil 7.7'de gösterilmektedir.



Şekil 7.9: Işığa duyarlı sensörlü aydınlatma armatürü çalışma prensibi

Kaynak: (Energy-saving In More Ways Than One, 2018)

Günlüğü hasadının uygulanmasından elde edilebilecek tasarruflar çok önemli olabilir; mevcut enerji krizimiz, yükselen enerji maliyeti bir aydınlatma tasarımını düşünmeye veya tasarlamaya değer kılmaktadır.

7.4.3 Aydınlatma bakımı

Bu strateji, ilk sistem "aşırı tasarımından" yararlanarak sistem ışık çıkışındaki normal düşüş veya amortismanı telafi eder. Bir alan için aydınlatma seviyeleri, ilk lümenlere değil, "korunan lümenlere" göre seçilir; bu, ışık seviyesi hesaplamasında kullanılan ışık kaynağının lümen çıktısının, o ışık kaynağının lümen bakımı ile çarpılan ilk lümen olduğu anlamına gelir. Örneğin, 3000 lümen başlangıç ışık çıkışına sahip bir flüoresan lamba, 3000 x 90% veya 2700 lümen sabit bir çıktıya sahip olabilir.

Bundan dolayı, bir tesisattaki lambalar yeni olduğunda, aslında tasarım seviyesinden daha yüksek bir ışık seviyesi vardır. Bu avantajdan, yeni olduğunda lambaları kısarak, alanın hemen tasarım düzeyinde olması sağlanarak yararlanılabilir. Lambalar eskidikçe, kısma kontrolü (ışık seviyelerini ölçmek için bir fotosensör kullanarak), zaman içindeki lümen kaybını telafi etmek için ışık çıkışını yükseltir ve böylece alanı ömrünün çoğu boyunca nispeten sabit bir ışık seviyesinde tutar.

7.4.4 Görev ayarlama

Bu strateji, bir görevi yerine getirirken performansı düşürmeyen ortam ışığını en düşük seviyeye ayarlamak için kullanılır. Işık seviyesi yerel veya merkezi olarak kontrol edilebilir ve bir karartma kontrolü kullanılarak elde edilir.

7.4.5 Elektrik talebini sınırlama

Aydınlatma kontrolü, elektrik talebini ve tüketimini kontrol etmek için genel bir bina yönetimi stratejisinin bir parçası olarak da dahil edilebilir. Elektrik kullanımının en yoğun olduğu dönemlerde (ve ilişkili yüksek tarifeler), aydınlatma yükleri seçici olarak azaltılabilir. Bu yaklaşım dikkatli kullanılmalıdır çünkü yolcu güvenliği, konforu veya üretkenliği olumsuz etkilenebilir ve olası kazançları dengeleyebilir.

7.4.6 Zaman Ve Doluluk Yönetimi

Günün saati kontrolü, temel aydınlatma kontrol stratejilerinden biridir. Temel olarak, evde kimse yokken ışıkları kapatılır. Örneğin, çalışma günü 17: 00'de bitiyorsa, bina ışıklarının çoğunu 18: 00'da kapatılır. Daha düşük ışık seviyeleri genellikle temizlik ve güvenlik devriyeleri gibi mesai sonrası işler için yeterlidir. Ayrıca, örneğin bir kişi geç saatlere kadar çalışırsa, çalışmak için aydınlatma seviyesini yükseltmek için sistemi geçersiz kılarak geçersiz kılma kontrolü kurmak da mümkündür.

Doluluk sensörleri de bunu başarmak için kullanılabilir, ancak bunlar genellikle geniş alan kontrolü yerine daha yerel bir modda kurulur. Örneğin, her özel ofiste bir doluluk sensörü bulunabilir - gömme dolaplar ve saklama alanları, doluluk sensörlerinin de kurulabileceği ideal alanlardır.

Doluluk sensörleri, mevcut ışık anahtarı duvar kutularına ve tavana monte yüzeyde veya gömme modda kolayca yenilenebilir. Enerji tasarrufunu ölçmek zordur. Çünkü bu, bina sakinlerinin rastgele hareket davranışına bağlıdır. Çalışmalar, %15'ten fazla % 80'e kadar tasarruf sağlandığını göstermiştir, ancak gerçek sonuçlar siteden siteye farklılık gösterecektir. Kullanıcılar enerji yönetimi ve izleme sistemlerini kurduklarında, gerçek gerçek tasarruflar izlenebilir ve belirlenebilir.

SANS 10400 XA ile tam ve etkili bir şekilde uyum sağlamak için, müşteriye en iyi aydınlatma ve enerji açısından verimli çözümü sağlamak için olası her ek sistem ve teknoloji aydınlatma tasarımına dahil edilmelidir.

Elbette, LED katı hal aydınlatma teknolojisi, dayanıklı olacak, bu modülde tartışılan aydınlatma kontrol sistemlerinin tümü veya herhangi biriyle çok

verimli bir şekilde kullanılabilecek ve en şaşırtıcı derecede enerji verimli aydınlatmayı sağlayacak bir aydınlatma tasarımı elde etmenin önemli bir yoludur.

7.5 Emici Malzemeler

Işığın emilmesi, bir ışık ışını bir yüzeye çarptığında gerçekleşir. Işıktan gelen enerji yüzey malzemesine aktarılır. Transfer ısı yaratır (genellikle küçük miktarlarda). Emici bir yüzey, yüzeye çarpan ışığın yansımaları veya yayılmasını önler. Pratikte, mükemmel bir absorpsiyon yoktur. Bununla birlikte, fotoğrafik soğurucuların yüzeyi, doku ve rengin bir sonucu olarak normalde düşük yansıtıcılığa sahiptir.

Karatahtanın mat siyahı gibi oldukça emici bir yüzey, yüzeyde daha yüksek bir ışık-enerji transferine sahiptir. Sonuç olarak, kara tahta doğrudan güçlü güneş ışığında ortam sıcaklığından daha sıcak veya daha sıcak hale gelecektir. Aynı şekilde, çok yüksek yansımaya seviyesine sahip bir ayna çok az enerji emecek ve ortam sıcaklığına yakın kalacaktır.

Görünür Işık Emilimi

Atomlar ve moleküller elektron içerir. Bu elektronların atomlara yaylarla bağlı olduğunu düşünmek genellikle yararlıdır. Elektronlar ve onlara bağlı yaylar, belirli frekanslarda titreşim eğilimindedir. Bir akort çatalına veya hatta bir müzik aletine benzer şekilde, atomların elektronları, titreşim eğilimi gösterdikleri doğal bir frekansa sahiptir. Aynı doğal frekansa sahip bir ışık dalgası bir atoma çarptığında, o atomun elektronları titreşim hareketine geçecektir.

Belirli bir frekanstaki bir ışık dalgası, aynı titreşim frekanslarına sahip elektronlara sahip bir malzemeye çarparsa, bu elektronlar ışık dalgasının enerjisini emecek ve onu titreşim hareketine dönüştürecektir. Elektronlar titreşimi sırasında komşu atomlarla, titreşim enerjisini termal enerjiye dönüştürecek şekilde etkileşime girer. Ardından, verilen frekanstaki ışık dalgası nesne tarafından emilir, bir daha asla ışık biçiminde salınmaz. Dolayısıyla, ışığın belirli bir malzeme tarafından seçici olarak soğurulması, ışık dalgasının seçilen frekansı, o malzemenin atomlarındaki elektronların titreştiği frekansla

eşleştigi için gerçekleşir. Farklı atomlar ve moleküller farklı doğal titreşim frekanslarına sahip olduklarından, farklı görünür ışık frekanslarını seçici olarak emeceklerdir.

7.6 Yansıtıcı Malzemeler

Yansım: İki farklı ortam arasındaki bir ara yüzde bir dalga cephesinin yönündeki değişiklidir, böylece ön dalga, kaynaklandığı ortama geri döner. Yaygın örnekler arasında ışık, ses ve su dalgalarının yansımaları bulunur. Yansımaya yasası, speküler yansımaya için dalganın yüzeyde meydana geldiği açının, yansıtıldığı açıya eşit olduğunu söyler. Aynalar aynasal yansımaya sergiler.

Yansıtma (Reflectivity): Yansıyan elektrik alanına oranı olan yansımaya katsayısının aksine, bir arayüzde yansıtılan olay elektromanyetik gücünün oranıdır.

Yansıtma (Reflectance): Yansımaya katsayısının büyüklüğünün karesidir. Yansımaya katsayısı, tek bir katman için Fresnel denklemleriyle belirlenen karmaşık bir sayı olarak ifade edilebilirken, yansımaya (veya yansıtma) her zaman pozitif bir gerçek sayıdır.

CIE'ye (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) göre, yansıtıcılık, yansıtıcılığın kalın yansıtıcı nesneler için geçerli bir değer olması gerçeğiyle yansıtmadan ayrılır. İnce malzeme katmanlarından yansımaya meydana geldiğinde, iç yansımaya etkileri yansımanın yüzey kalınlığına göre değişmesine neden olabilir. Yansıtma özelliği, numune kalınlaştıkça yansıtmanın sınır değeridir; bu, arka yüzeyin yansımaları gibi diğer parametrelerden bağımsız olarak yüzeyin içsel yansımalarıdır. Bunu yorumlamanın bir başka yolu da, yansıtma özel bir numuneden yansıyan elektromanyetik gücün oranıdır, yansıtma ise malzemenin kendisinin bir özelliğidir ve malzeme tüm alanın yarısını doldurursa mükemmel bir makinede ölçülecektir.

Yansıtma spektrumu veya spektral yansımaya eğrisi, dalga boyunun bir fonksiyonu olarak yansımaya oranının grafiğidir.

Yüzey Tipi

Yansıtıcılığın yönlü bir özellik olduğu gerçeğine geri dönersek, çoğu yüzey spekül yansıma verenlere ve dağınık yansıma verenlere bölünebilir.

Cam veya cilalı metal gibi spekül yüzeyler için, yansıtma, uygun yansıma açısı haricindeki tüm açılarda neredeyse sıfır olacaktır - yani, yansıyan radyasyon, yüzeye normal radyasyon dışındaki tüm durumlar için olay radyasyonundan farklı bir yol izleyecektir.

Mat beyaz boya gibi dağınık yüzeyler için yansıtma eşittir; radyasyon tüm açılardan eşit veya neredeyse eşit olarak yansıtılır. Bu tür yüzeylerin Lambertian olduğu söylenir. Çoğu gerçek nesne, dağınık ve spekül yansıtıcı özelliklerin bir karışımına sahiptir.

Çeşitli Malzemelerin Yansıma Faktörleri

Çizelge 7.1: Çeşitli malzeme ve renklerin yansıma faktörleri

Malzeme	Yansıma Faktörü %
Alüminyum, saf, çok cilalı	80 - 87
Alüminyum, eloksallı, mat	80 - 85
Alüminyum, cilalı	65-75
Alüminyum, mat	55-75
Alüminyum kaplamalar, mat	55 - 56
Krom, cilalı	60 - 70
Camsı emaye, beyaz	65-75
Lake, saf beyaz	80 - 85
Bakır, çok cilalı	70-75
Nikel, çok cilalı	50 - 60
Kağıt, beyaz	70 - 80
Gümüş kaplama ayna, cam arkası	80 - 88
Gümüş, çok cilalı	90 - 92
Meşe, açık cilalı	25 - 35
Granit	20-25
Kireçtaşı	35-55
Mermer, cilalı	30-70
Alçı, hafif	40 - 45
Alçı, koyu	15-25
Kumtaşı	20 - 40
Kontrplak, kaba	25 - 40
Beton, pürüzlü	20-30
Kiremit, kırmızı	10-15

Çizelge 7.1: (devamı) Çeşitli malzeme ve renklerin yansıma faktörleri

Malzeme	Yansıma Faktörü %
Boya, beyaz	75-85
Boya, açık yeşil	45-55
Boya, koyu yeşil	15-20
Boya, açık sarı	60-70
Boya, kahverengi	20-30
Boya, koyu kırmızı	15-20

Kaynak: (Hammond, BHA School of Lighting Materials, 2018)

7.7 Kırılma Malzemeleri

Kırılma İndislerinin Tipik Değerleri

Görünür ışık için çoğu saydam ortamın kırılma indisi 1 ile 2 arasındadır. Aşağıdaki tabloda birkaç örnek verilmiştir. Bu değerler, geleneksel olarak yapıldığı gibi, 589 nanometre dalga boyuna sahip sarı çift sodyum D-çizgisinde ölçülür. Atmosferik basınçtaki gazlar, düşük yoğunlukları nedeniyle 1'e yakın kırılma indislerine sahiptir. Hemen hemen tüm katılar ve sıvılar 1.3'ün üzerinde kırılma indislerine sahiptir ve aerojel açık istisnadır. Aerojel, 1.002 ila 1.265 aralığında kırılma indisi ile üretilebilen çok düşük yoğunluklu bir katıdır. Elmas, 2,42'ye kadar yüksek bir kırılma indisi ile aralığın diğer ucunda yer almaktadır. Çoğu plastiğin kırılma endeksleri 1.3 ile 1.7 arasında değişir, ancak bazı yüksek kırılma indisli polimerler 1.76 kadar yüksek değerlere sahip olabilir.

Kızılötesi ışık için kırılma indisleri önemli ölçüde daha yüksek olabilir. Germanyum, dalgaboyu bölgesinde 2 ila 14 μm arasında şeffaftır ve yaklaşık 4 kırılma indisine sahiptir, bu da onu kızılötesi optik için önemli bir malzeme haline getirir.

Aydınlatma tasarımcısının karşılaşacağı en yaygın kırılma malzemeleri ve kırılma indisleri şöyledir:

Çizelge 7.2: Çeşitli malzemelerin kırılma indisi

Malzeme	Kırılma İndisleri
Su	1.3330
Suda% 10 Glikoz	1.3477
Suda% 20 Glikoz	1.3635
Suda% 60 Glikoz	1.4394
Standart Sıcaklıkta Hava Basınç (STP)	1.000277
Su buz	1.31
Akrilik cam	1.490 - 1.492
Polikarbonat	1.584 - 1.586
PMMA	1.4893 - 1.4899
PETg	1.57
PET	1.575
Gazyağı	1.39
Taç cam (saf)	1.50 - 1.54
Çakmaktaşı cam (saf)	1.60 - 1.62
Pyrex (borosilikat cam)	1.470
Kriyolit	1.338
Safir	1.762 - 1.778
Şeker çözeltisi,% 25	1.3723
Şeker çözeltisi,% 50	1.4200
Şeker çözeltisi,% 75	1.4774

Kaynak: (Hammond, BHA School of Lighting Materials, 2018)

7.8 Armatür Verimliliği

Armatür verimliliği, armatür tarafından yayılan akı miktarının armatürde kullanılan lamba / lambaların yaydığı akı miktarına oranı olarak tanımlanır. Armatür verimliliği, optik tasarımın kalitesi için önemli bir ölçüm çubuğudur. Çünkü genellikle armatür tasarımcısının amacı, armatürden olabildiğince fazla ışığı yönlendirmektir. Armatürden çıkmayan ışık genellikle optik bileşenler tarafından emilir veya lambaya geri yönlendirilir. Bu, herhangi bir yararlı miktarda ortaya çıkmadığı için genellikle tuzaklanmış ışık olarak adlandırılır. Verimlilik, aydınlatma armatürünün performans özelliğini açıkça tanımlayan tek bir yüzde olduğundan, birçok acemi aydınlatma tasarımcısı, armatür

performansının değerlendirilmesinde tek kriter olarak bunu kullanma eğilimindedir. Bununla birlikte, armatür verimliliğiyle birlikte kullanıldığında çok faydalı olabilecek armatürlerin performansını karşılaştırmak için birçok başka kriter vardır.

7.9 Aydınlatma Armatürlerinin Işık Kaynağına Ve Yönüne Göre Sınıflandırması

Armatürler, armatürde kullanılan ışık kaynağı ile genel olarak sınıflandırılabilir. Kaynak türleri, akkor, halojen, floresan, indüksiyon, yüksek yoğunluklu deşarj (HID), kısa ark ve LED, OLED, ışık yayan plazma (LEP) dahil katı hal kaynakları gibi teknolojileri içerir. Işık kaynağı türüne göre sınıflandırmak yararlı olsa da, montaj yöntemi ve konumu, uygulama, yapı ve ışık dağıtımı dahil olmak üzere diğer kategorilere göre sınıflandırmak da çok yaygındır. Aşağıda, geniş aydınlatma armatürleri dünyasında ve sınıflandırmalarında gezinmeye yardımcı olacak birçok yararlı terimi içeren bir dizi kısa tartışma yer almaktadır.

Işık dağılımına göre sınıflandırılan, özellikle iç mekan armatürleri;

Armatürler, yukarı veya aşağı yönde yayılan ışık oranına göre sınıflandırılabilir. Kuzey Amerika Aydınlatıcı Mühendislik Topluluğu (IESNA) ve Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) veya İngilizce - Uluslararası Aydınlatma Komisyonu, armatür tarafından yayılan üst yarım küre ve alt yarım küre akısının yüzdelere dayalı olarak sınıflandırmalar belirlemiştir. Beş sınıflandırma, doğrudan, yarı doğrudan, genel yaygın, yarı dolaylı ve dolaylıdır. Bunlar:

Çizelge 7.3: CIE Armatür Sınıflandırma Tablosu

% Yukarı Işık (Uplight)	% Aşağı Işık (Downlight)	CIE Classification
% 0 - 10	% 90 - 100	direkt
% 10 - 40	% 60 - 90	yarı direkt
% 40 - 60	% 40 - 60	genel dağınık
% 60 - 90	% 10 - 40	yarı - indirekt
% 90 - 100	% 0 - 10	indirekt

7.10 Aydınlatma Armatürlerinin Genel Kullanım Yerine Ve Şekline Göre Sınıflandırılması

Aydınlatma armatürleri ışık kaynaklarına göre sınıflandırılmalarının yanında, kullanım yeri ve amacına göre de sınıflandırılmışlardır. Bunlar;

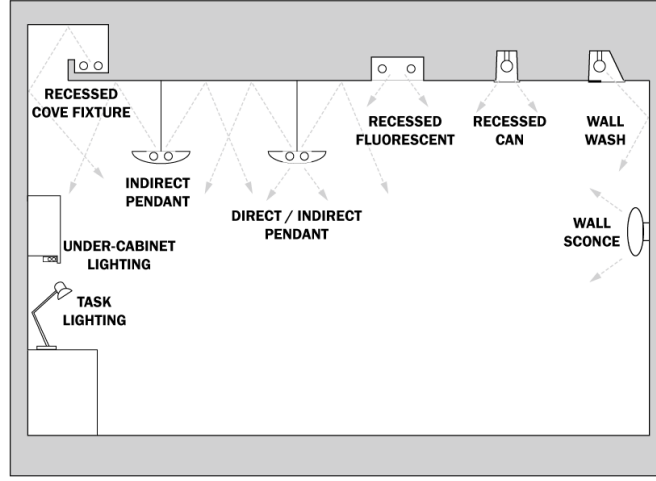
7.10.1 Dış mekan aydınlatma armatürleri (Kullanım Yerlerine Göre)

1. Sokak aydınlatmaları,
2. Yol aydınlatmaları,
3. Park ve peyzaj aydınlatmaları,
4. Stadyum aydınlatmaları,
5. Otopark aydınlatmaları,
6. Bina dış ortam aydınlatmaları,
7. Havuz armatürleri, gibi sınıflandırmak mümkündür.

7.10.2 İç mekan aydınlatma armatürleri (Armatürün Pozisyonuna Göre)

İç mekan aydınlatma armatürleri, ev, ofis, alışveriş mekanları, oteller vb bir çok yaşam alanlarımızda kullanılmaktadır. Ağırlıklı olarak burada da iç mekan armatürleri pozisyonuna göre sınıflandırılırlar.

1. Sıva üstü armatürler,
2. Sıva altı armatürler,
3. Sarkıt armatürler,
4. Gizli aydınlatmalar,
5. Duvara monte armatürler,
6. Masa üstü armatürler,
7. Ayaklı armatürler olarak sınıflandırabiliriz.



Şekil 7.10: İç mekan aydınlatma armatürleri türleri

Kaynak: (Light Fixture (Luminaire) Types, 2020)



8. AYDINLATMA ARMATÜRÜ VE MALZEMELERİ

Birden fazla ve farklı türde malzemelerin, bir araya gelmesi ile ışık üreten aygıtlara aydınlatma armatürü deriz. Günümüzün bilinen ve neredeyse tamamına hakim olan elektrik enerjisini, ışık enerjisine dönüştüren aydınlatma armatürleri bu bölümümüzün konusu olacaktır. Bu bölüme kadar, ışığı, rengi, aydınlatmayı, görmeyi, ışığın üretimini, ışığın kontrolünü aydınlatma malzemelerini vs. inceledik. Bu bölümde aydınlatma armatürü malzemeleri ve ışığa etkilerini daha önceki bölümlerden edinmiş olduğumuz bilgiler ile analiz edeceğiz.

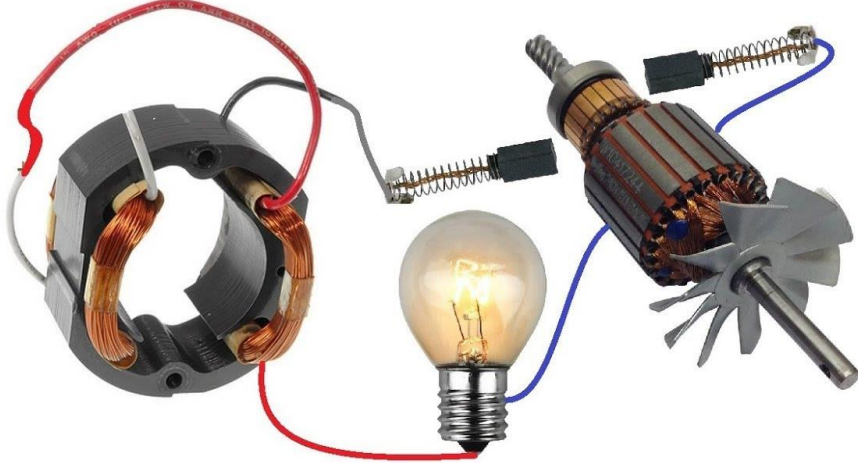
Lamba (ampül) üreticileri, aydınlatılacak lambalarını, alternatif akım (AC) yada doğru akıma (DC) uygun olarak dizayn ederler. Aydınlatılacak lambaya uygun akımı vermeniz halinde lamba içerisindeki sistem her ne ise onu aktive edersiniz, ısıyla birlikte ışık üretirsiniz. Amacımız ışık elde etmek olsa da, ciddi bir ısı enerjisi de ürettiğimizden daha önceki bölümlerde bahsetmiştik.

8.1 Temel Işık Üretimi

AC: Alternatif akım ile aydınlatılan lambalar (ülkemiz ve birçok ülkede 220 V gerilim ile beslenir) için lambanın 2 ucuna enerjiyi vermemiz ışık üretmemize yetecektir.

Burada ışığımızın kalitesine etki edecek etmenler, yeterli kablo kesiti ve kesintisiz dengeli verilecek enerji, lambamızdan istediğimiz verimi almamıza yeterli olacaktır.

" 250V Mixer Motor As Generator "

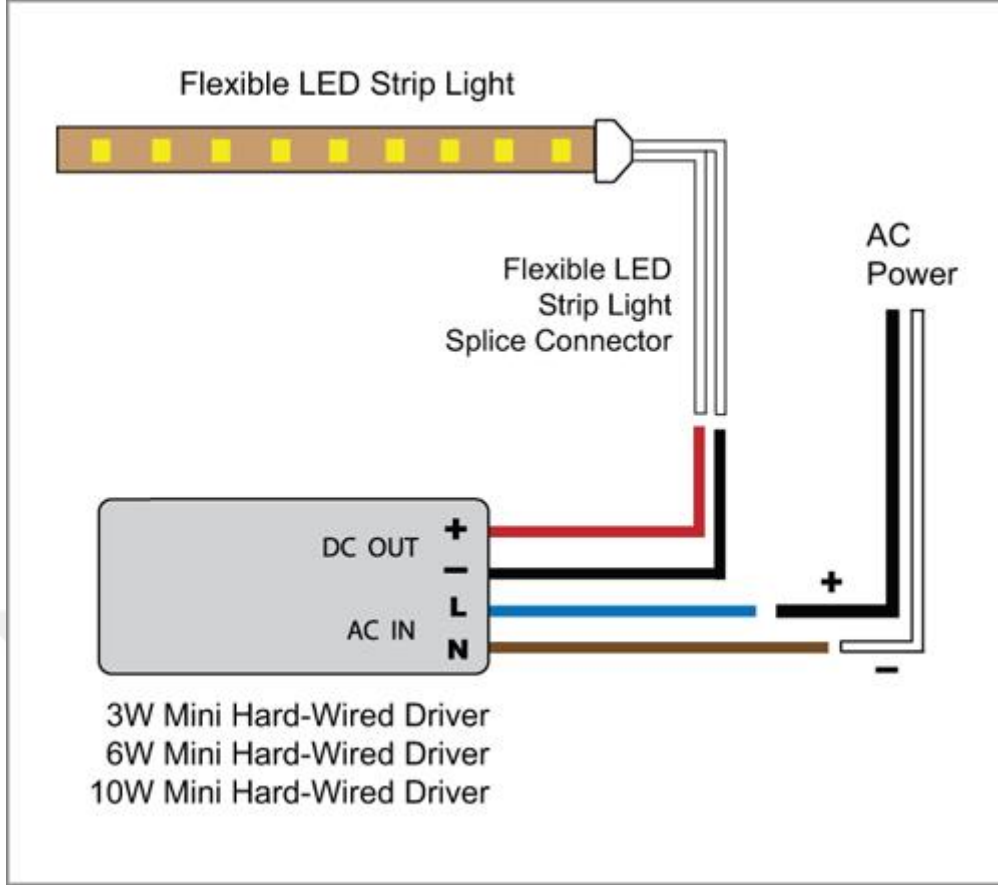


Şekil 8.1: AC basit aydınlatma şekli

Kaynak: (Making a Powerful Generator From a Blender Motor DIY, 2020)

DC: Doğru akım ile aydınlatılan lambalar düşük voltaj veya düşük akım ile beslenirler. Bu sistemin AC den farkı; AC olarak gelen elektrik enerjisi, uygun voltaj ve akım DC değerlerine düşürebilmek için bir sürücü (adaptör & driver & trafo da denmektedir.) kullanmaktır. Burada da lambanın 2 ucuna enerjiyi vermemiz ışık üretmemize yetecektir. Fakat burada doğru akım kullandığımız için sürücünün (+) ve (-) uçları, lambamızın (+) ve (-) uçlarına bağlanmak zorundadır. Yanlış bağlamamız halinde lambadan istediğimiz enerjiyi üretmemiz söz konusu olamayacaktır.

Burada ışığımızın kalitesine etki edecek etmenler, yeterli kablo kesiti ve uygun değerlerde enerji üretecek sürücümüze bağlıdır.



Şekil 8.2: DC basit aydınlatma şekli

Kaynak: (Wiring Diagrams, 2020)

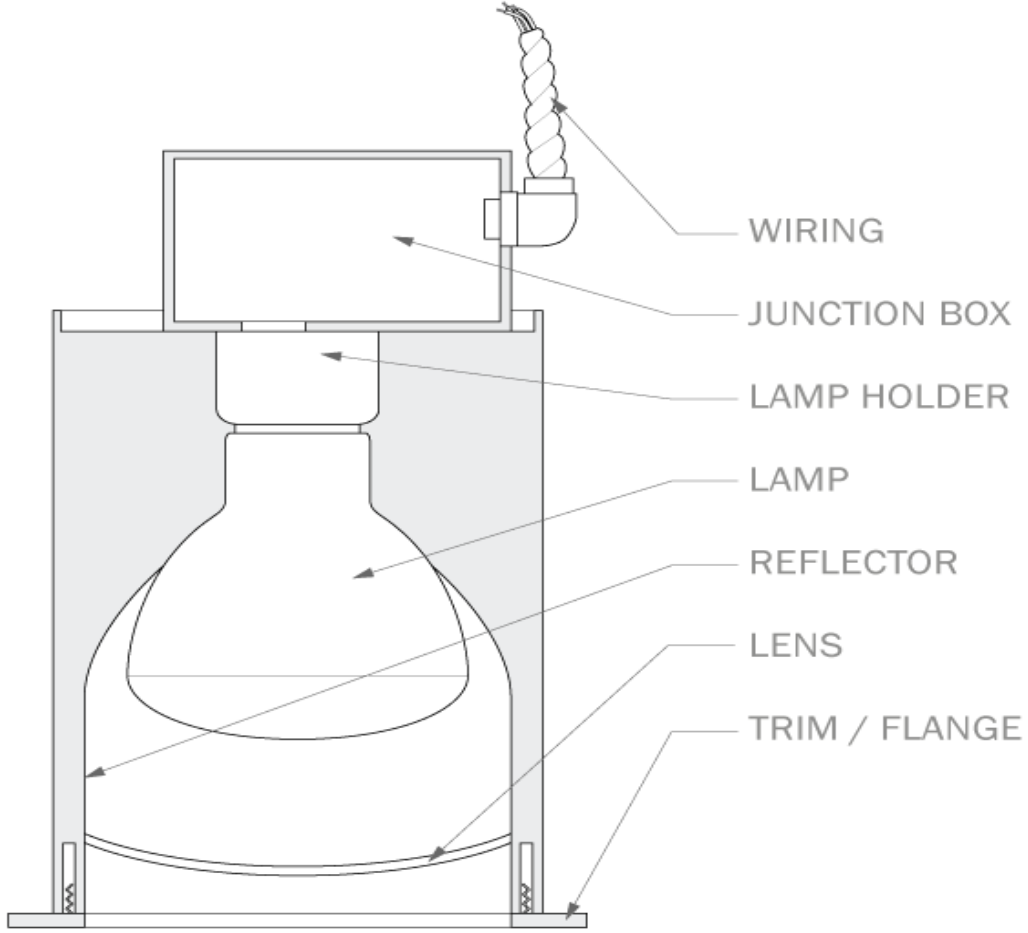
8.2 Aydınlatma Armatürü Üretim Esasları

Aydınlatma armatürünü bu bölümdeki örneklerdeki gibi kabaca çok çeşitli parçalardan gösterebiliriz.

Aydınlatma armatürleri LED'ler ile farklı şekillere bürünmüştür. Günümüzde ışık kaynağının armatür içerisindeki yönüne göre iki ana aydınlatma armatürü özetle şöyle tanımlayabiliriz. Bunlar:

8.2.1 Arkadan aydınlatmalı armatürler

Aşağıdaki şema, armatür olarak da bilinen bir aydınlatma armatürünün bileşenlerini tanımlar. Şema, gömme bir teneke kutu fikstürünü göstermektedir, ancak bileşenler tüm arkadan aydınlatma armatürleri için geçerlidir. Bazı bileşenlerin isteğe bağlı olduğunu ve her armatürde bulunmayacağını unutmayın.



Şekil 8.3: Arkadan aydınlatmalı armatür şematik şekli

Kaynak: (Light Fixture (Luminaire) Components, 2020)

Kablolama (Wiring) : Armatüre güç sağlayan elektrik kablolarıdır. Eğer armatürümüz doğru akım ile çalışıyor ise kablolama öncesine sürücüde girilmelidir.

Bağlantı kutusu (Junction Box): Bağlantı kutusu, güç kaynağından gelen kabloları ışık fikstürünün dahili kablolarına bağlamak için bir konum sağlar. Armatürün üst kısmına tutturulmuş bir kutu gösterilmiştir; ancak bu bazen ayrı bir kutudur ve bazen bağlantı armatür içinde yapılır.

Lamba Tutucu (Lamp Holder): Lamba tutucusu veya lamba soketi, lambanın vidalanacağı yuvadır.

Lamba (Lamp) : Genellikle ampul olarakta adlandırılan lamba, bir güç kaynağına bağlandığında ışık yayar. Lamba genellikle armatürden ayrı olarak

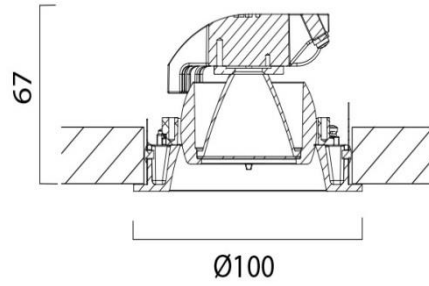
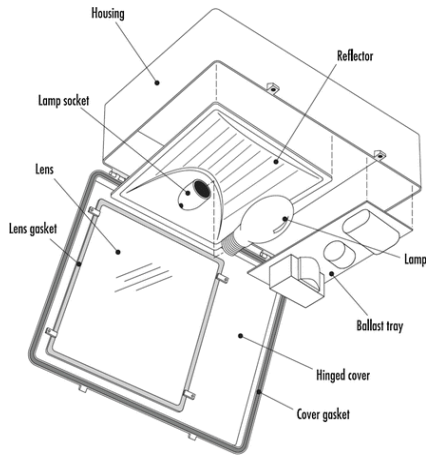
satılır. Hasarı veya olası yangını önlemek için armatür için önerilen watt değerindeki lambaların kullanılması önemlidir.

Reflektör (Reflektor): Reflektör, ışığı lambadan uzaya yönlendirmek veya yaymak için yansıtıcı bir yüzey sağlar. Parabolik reflektörler ışığı bir noktaya odaklarken, eliptik reflektörler ışığı yayar.

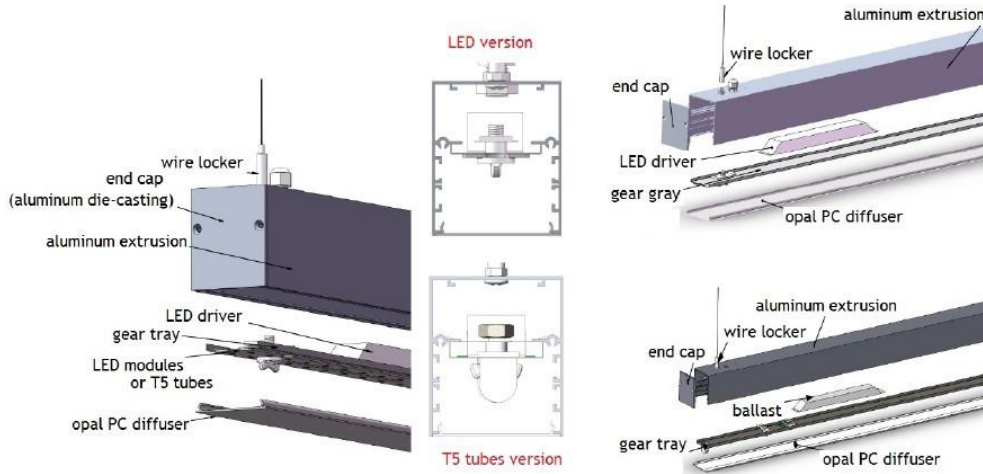
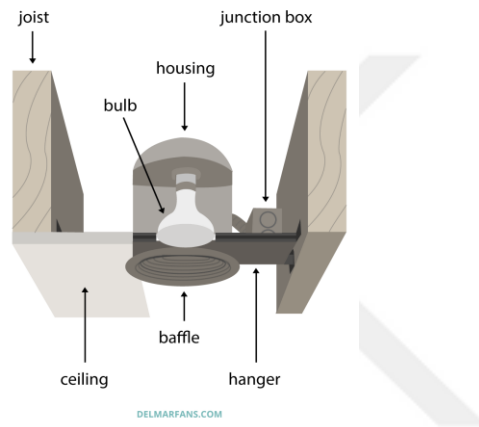
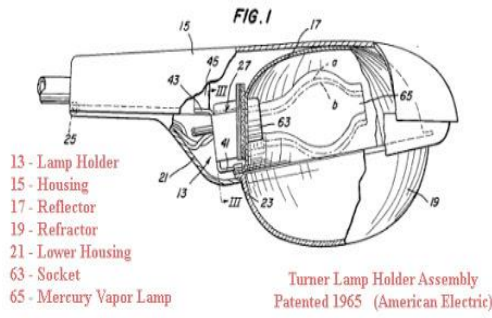
Lens & Difüzör (Lens & Diffuser): Lens, ışığı yönlendirmek veya dağıtmak için kullanılan şeffaf veya yarı saydam bir malzemedir. Ayrıca lens, lambayı korur; ancak ısıyı da yakalayabilir ve bu da sorunlu olabilir.

Kapak (Trim): Döşeme veya flanşta denen, sökülebilir dekoratif bir unsurdur. Bu parça, bitmiş duvar veya tavan malzemesi monte edildikten sonra kurulur. Tavan malzemeleri, fikstür ile malzeme arasında bir boşluk gerektirdiğinden, bu boşluğu kapatmak ve temiz bir yüzey sağlamak için kullanılır.

Aşağıdaki şekilleri incelediğinizde, kullanım yeri, şekli her ne olur ise olsun, temel detaylar aynı olmaktadır.



Recessed Lighting Parts

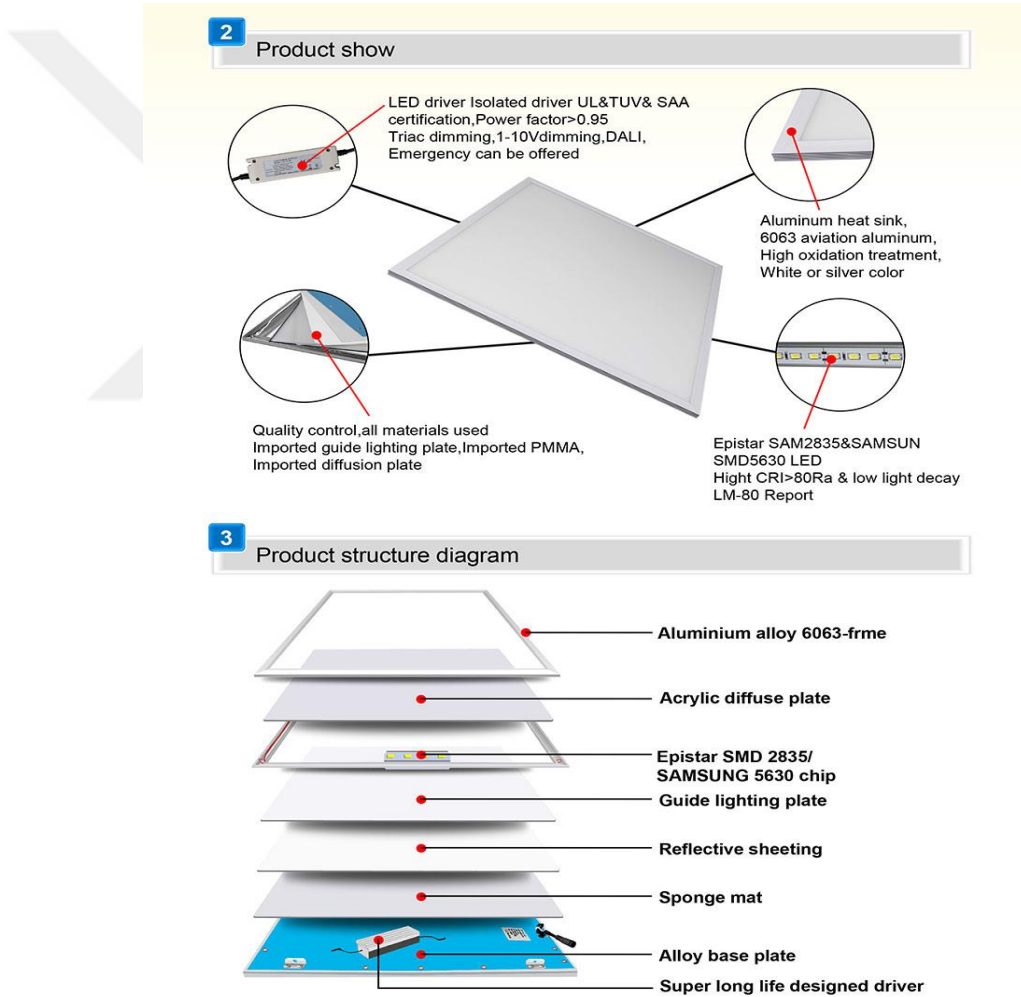


Şekil 8.4 Arkadan aydınlatmalı armatür örnek şekilleri

Kaynak: (<https://www.dal-uk.com/products/small-aperture/quinta-c100-round-fixed>)
(https://www.alibaba.com/product-detail/Aluminum-profile-led-linear-trunking-lighting_60122764607.html) (Cobrahead Armatürler)
(<https://www.delmarfans.com/educate/recessed-lighting-guide/>)

8.2.2 Kesitten aydınlatmalı armatürler

Aşağıdaki şema, kesitten aydınlatmalı panel armatür olarak da bilinen bir aydınlatma armatürünün bileşenlerini tanımlar. Armatürün bileşenleri, yukarıdaki arkadan aydınlatmalı armatürüne benzer gibi görünse de Led'lerin aydınlatma sektörüne girmesinden sonra, daha farklı detaylarda, daha ince, zarif ve hacimsel az yer kaplayan armatürler üretmek mümkün oldu. Şema, piyasada 60x60 panel olarak ifade edilen armatürü göstermektedir Burada da bütün bileşenler tüm kesitten aydınlatma armatürleri için geçerlidir. Bazı bileşenlerin isteğe bağlı olduğunu ve her armatürde bulunmayacağını unutmayın.



Şekil 8.5 60x60 LedPanel aydınlatmalı armatür şematik şekli

Kaynak: (60x60 led panel, 2016)

Kesitten aydınlatmalı armatürün sadece ilave tek bileşeni kesitten aydınlatılmış levhadır.

Kesitten Aydınlatılmış levha (Light Guide Panel - LGP) : Genellikle akrilik veya polistiren malzemeden üretilen malzeme üzerinde kesitten aldığı ışığı yüzeyin tamamına taşıyan ışık yolları mevcuttur. Bunu galvolazer markalama, serigrafi ve malzemenin kendi dokusu ile üretmek mümkündür.

8.3 Aydınlatma Armatürü Bileşenleri Malzemeleri

Aydınlatma armatürü 4 ana bileşenden meydana gelir. Bunlar:

- Sürücüler; ışık kaynağımızın ihtiyacı olan enerjiyi, ışık kaynağımıza uygun gerilim ve güçte vermeye yarayan aygıtlar,
- Ana gövde; soğutucu veya radyatörde dediğimiz bölümdür. Armatürümüzün temel yapısını oluşturur.
- Işık kaynağı; led, flouresan, düşük basınçlı sodyum buharlı, her hangi bir aydınlatma lambası olarak tanımlarız. Biz bu bölümde bu ürünleri ele almayacağız.
- Yan bileşenler; elde ettiğimiz ışığı ihtiyacımıza göre şekillendiren bileşenlerdir.

8.3.1 Sürücüler (Transformator&Driver&Trafo&Güç Kaynağı)

Transformatör ya da kısa adıyla trafo iki veya daha fazla elektrik devresini elektromanyetik indüksiyonla birbirine bağlayan bir elektrik aletidir. Bir elektrik devresinden diğer elektrik devresine, enerjiyi elektromanyetik alan aracılığıyla nakleder. Sürücüler elektrik enerjisinin belirli gücünde gerilim ve akım değerlerinde istenilen değişimi yapan makinelerdir.

Transformatör, iki veya daha fazla devre arasındaki elektrik enerjisi aktarımını elektromanyetik indüksiyonla sağlayan bir sistemdir. Trafolar DC (Doğru Akım) devrelerinde değil, AC (Alternatif Akım) devrelerinde kullanılırlar. Transformatörler frekans değeri değiştirilmeden, gerilim ve akım değerlerinde istenilen değişimi gerçekleştirirler. Genellikle bir elektrik devresindeki akım ve gerilimi yükseltme ve düşürme, elektrik enerjisinin aktarımı ve dağıtımı gibi amaçlar için kullanılırlar.

Temel kullanım amaçları, yukarıda da belirttiğim gibi elektromanyetik indüksiyon yoluyla devreler arası enerji aktarımını sağlamaktır. Bu işlemi gerçekleştirirken gerilimin yükseltilmesindeki amaç özellikle elektrik enerjisinin elde edildiği yerden uzaklara aktarılmasıdır. Bunun sebebi yüksek akımla iletme işleminin çok ciddi seviyede güç kayıplarına yol açmasıdır. Güç kayıplarının önüne geçmek için iletme işlemi esnasında gerilim yükseltilir ve akım düşürülür.

Transformatör en basit halde, birbirine yakın konan iki sargıdan ibarettir. Eğer bu iki sargı ince demir levhaların üzerine sarılmışsa buna demir çekirdekli transformatör denir. Eğer demirsiz plastik tüp gibi bir çekirdeğe sarılmışsa buna hava çekirdekli transformatör denir. Sargılardan birine voltaj uygulanırsa, diğerinde de bir voltaj meydana gelir. Voltajın tatbik edilmesiyle ortaya çıkan akım, sargı etrafında bir manyetik alan doğurur. Bu alan, yakına konan diğer sargıda bir voltaj ortaya çıkarır. Ancak manyetik alanın daima değişerek çıkış sargısındaki voltajı devam ettirmesi gerekir. Birinci bobine tatbik edilen voltaj sabit olursa, diğer bobinde herhangi bir voltaj meydana gelmez. Ancak doğru akım sürekli olarak kapatılır ve açılırsa manyetik alan değişerek bir çıkış meydana gelir. Otomobillerde bulunan radyo alıcısındaki vakum tüp bu prensiple çalışır.

Eğer her iki sargı tek bir demir çekirdeğe konur ve voltaj tatbik edilirse, demir çekirdek manyetize olur. Demir, uygun manyetik özelliklerinden dolayı tercih edilir ve bu suretle manyetik alan konsantre edilmiş olur. Bu yöntemle enerji kayıpları en düşük düzeyde kalır, verim % 97-99,9 gibi değerlere ulaşabilir.

Bir transformatörün çıkış sargısı, giriş sargılarından daha fazla sayıda ise çıkış voltajı büyüyecektir. Akım şiddetiye, bu oranın tersiyle değişir. Transformatörler yardımıyla gerilimi yükseltmek mümkün olduğu gibi, düşürmek de mümkündür. Transformatörün gücü manyetik alanın değişimine bağlı olduğundan, bu alan demir çekirdeği ısıtır. Bu sebepten demir çekirdekli transformatörler, genellikle 50 hertz'lik, düşük frekanslarda kullanılır. Demir çekirdeğin tek döküm olarak değil, ince levhalar şeklinde yapılması değişen manyetik alan kaynaklı dairesel Eddy akımlarından kaynaklanacak olan fazla ısınmayı önlemek içindir. Dairesel dönülebilir alan büyüdükçe bu akımlar artar.

Bu sebepten dolayı, radyo frekanslarında çalışan transformatörler hava çekirdekli dir.

LED sürücüleri, birçok LED'den birine giden gücü dikkate alan bir aygıttır. Sadece elektrik akımını yöneten bir sistem olarak çalışmakla kalmaz, aynı zamanda koruyucu bir yastık görevi görür. İki tür sürücü vardır; Sabit voltajlı LED sürücü - performansta verimliliğini sağlamak için sağlam ve tutarlı bir DC voltajı gerektiren emtialar tarafından kullanılır. Esas olarak, LED'lerin sürücüye paralel bir şekilde bağlandığı ve konfigürasyonda düz olduğu yerlerde kullanılır. Bu, sürücünün LED'lerin her birinde sabit bir voltaj yükü oluşturmalarını sağlar. İkinci tip, pn bağlantısında işlerin ilerlemesi için zorunlu olan LED'in diyotuna giren orijinal akımı işleyen sabit akım LED sürücüsüdür.

Sürücülerin Kullanım Amacı

Genel olarak transformatörler bir elektrik devresinde voltaj veya akımı düşürmek veya yükseltmek için kullanılır. Elektronikteyse esas olarak farklı devrelerdeki yükselticileri birleştirmek, doğru akım dalgalarını daha yüksek bir değerdeki alternatif akıma çevirmek ve sadece belirli frekansları iletmek için kullanılır. İzolasyon amacıyla ve bazen de sığaçlar ve dirençlerle beraber kullanılır. Elektrik akım iletiminde, esas olarak voltajı yükseltmek veya düşürmek için kullanılır. Ölçü aletlerinde özel transformatörler kullanılır.

Sürücülerin Işığa Etkisi

Watt değerindeki dalgalanma - Güç watt değeri, LED ışığının, özellikle de ucuz sürücülerin nasıl çalıştığını etkileyecektir. Bir örnek; Yüksek güç yükü kullanan bir cihaz, LED lambanızla aynı devreye bağlıysa. Daha iyi sürücüler çıkışı LED'lere normalleştirir, diğerleri o kadar iyi değildir. Tekrarlanan dalgalanmalar sürücüleri yıpratılabilir ve gecikmiş bir arızaya neden olabilir.

Sürücüler, zamanla ısıdan etkilenmeye karşı daha savunmasız olacaklarından titreşime neden olabilirler.

Gözlerimizin açıkça görebildiği görünür titreme. Burada aydınlatma kaynağından gelen ışık çıkışı hızla değişir. Dolayısıyla, 3Hz ile 70Hz arasında değişen kısa süreli olanlardan farklı ışık frekansları deneyimlenir. Bu oldukça zararlıdır çünkü bu tür hızlı değişiklikler ışığa duyarlı epilepsi nöbetleri ile

ilişkilendirilmiştir. Banyo ışıklarınızı kararttığınızda ortaya çıkan rahatsızlıktan tam bir kamu güvenliği sorununa kadar değişebilir.

İkinci tür görünmez titremedir. Adından da anlaşılacağı gibi, mevcut olan bir titreme ama biz onu açıkça göremiyoruz. Buna sahip olmak hala güvensiz çünkü görünmez bir titreme altında çalışmanın bağlantılı sonuçları baş dönmesi, baş ağrısı ve migren ve genel bir rahatsızlıktır.

8.3.2 Ana gövde & soğutucular

Aydınlatma armatürü gövdelerinin birincil (ana) amacı, ışık kaynağını ve ışık kaynağının yan parçalarını bir arada tutarak, bir armatür iskeleti oluşturmaktır. Aydınlatma armatürünün ana amacı ışık üretmek olsa da, harcadığı enerjinin %80'ini ısı enerjisini dönüştürdüğü biliyoruz. Armatür içerisinde ısı oluşumu, aydınlatma armatürünün bütün bileşenlerine zarar verecektir. Aydınlatma armatürünü kapalı iç mekanların ağırlıklı sıcak hava akımının yoğun olduğu tavanlarda ve hatta çoğu zaman tavanların iç kısımlarında hava sirkülasyonunun az olduğu yerlerde kullanılacağını düşünür isek, soğutmak şart olacaktır. Dış mekanlarda da, direk üstleri, bina cepheleri gibi güneşi bolca alan yerlerde kullanacak olur isek yine soğutmak önemli olacaktır. Aslında armatürdeki ana gövdemiz bir soğutucu görevi üstlenecektir.

Armatür sistemini ağırlıklı olarak hava soğutmalı bir mekanizma gibi düşünür isek, maliyet ve işlevsellik (iletkenlik) için gövdeleri alüminyum yapmak en akıllıca malzemelerden biri olacaktır. Alüminyumdan daha az iletken demir, çelik vb. veya yalıtkan Ametal plastik esaslı malzemeleri kullanmak olası ve daha ucuz bir yöntemdir. Geniş yüzeyli armatürlerde, ısının az üretildiği yerlerde tercih etmemiz, uygun maliyetlendirme için sözkonusu olabilecektir. Tam tersi bir düşünceyle alüminyumdan daha iletken bronz, princ, bakır gibi malzemeleri de kullanmak mümkündür. İşleme zorlukları ve maliyetlerinin çok olmasından dolayı çok tercih edilmezler.

Geleneksel akkor lamba ve flüoresan lamba ile karşılaştırıldığında, yüksek güçlü beyaz LED, yeni nesil yeşil çevre koruma katı aydınlatma kaynağı olarak, yüksek parlaklık, düşük güç tüketimi, uzun ömür, iyi yönlülük, hızlı tepki, radyasyon üretmezler. LED, farklı enerji bantları arasında elektronik geçişle ışık üretir ve ışık kızılötesi kısmı içermez ve ısıyı radyasyonla kaybolamaz. Şu anda

LED ışık verimliliği %10-20'lere ulaşabilir, kalan enerji ısıya dönüştürülür. Bu nedenle, bir modüle çoklu tekli LED çip montajı kullanıldığında, yüksek güçlü bir LED sıcaklığı hızla yükselecek ve bu da çalışma voltajının düşmesine, ışık yoğunluğunun azalmasına, daha uzun ışık dalga boylarına, hız düşüşüne neden olacaktır. Bu nedenle, yüksek güçlü LED ısı dağılımı üzerine yapılan araştırmalar, önemli teorik ve mühendislik değerine sahiptir. Şimdi yaygın olarak termal radyasyon şunlardır: hava soğutma, ısı borusu soğutma ve termoelektrik soğutma, vb. Buharlaştırma ısı absorpsiyonlu soğutma teorisini kullanarak, ısı borusu iyi soğutma etkisine sahiptir. Doğal konveksiyon radyatörünün sonlu eleman simülasyon analizi ve termal analizi ile radyatörün kararlı hal sıcaklık dağılımı simüle edilir ve simülasyon analizi ve termal test sonuçları karşılaştırılır. Sonuçlar, radyatör tasarımının ısı dağıtımını gereksinimini karşıladığını ve termal direnç analizi yönteminin doğruluğunu doğruladığını göstermektedir.

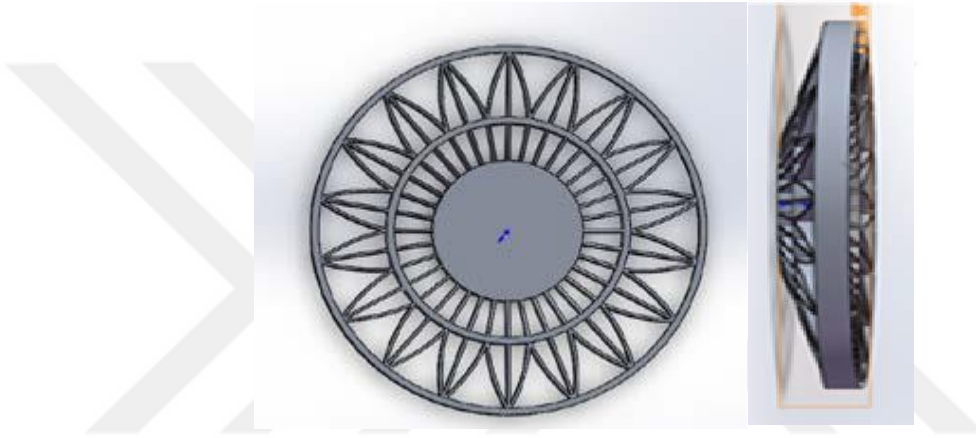
8.3.2.1 Soğutucunun Amacı Ve Seçimi

İsminden de anlaşılacağı üzere soğutucu, bir armatürdeki ısı birikmesini önler, ısının artmasına izin vermez ve biriktirdiği ısıyı dışarı atarak görevini yerine getirir. Günümüz aydınlatma sistemleri Led, flouresan gibi elektronik esasların yoğun kullanıldığı sistemlerdir. Elektronikte sıkça kullanılan silisyum kökenli malzemelerin yarı iletken kısımları 200 °C ve üzerinde bozulmaktadır. Bundan dolayı gövde, üzerinde biriken ısının hemen dışarı atılabilmesi için yukarıda açıkladığımız sebeplerden dolayı alüminyum tercih edilecektir. Işık kaynağı ile gövde arasında ısı transferini kolaylaştırmak için, termal bant, macun vb. yapıştırıcılar kullanılacaktır. Işık kaynaklarını korumak, gövde içerisindeki diğer elektronik ısı üreten yan bileşenleri korumak ve üretilen ışığı homojenleştirmek için gövdenin önüne şeffaf veya opak renkli birde kapak kullanırız. Bu da içerideki ısıyı bir kat daha arttırmak demektir. Dolayısıyla gövde dizaynı ve boyutlandırma çok büyük önem taşımaktadır. Örnek bir termal analiz yapacak olur isek;

8.3.2.2 LED Aydınlatma Lambaları İçin Örnek Termal Hesaplama

50w beyaz LED aydınlatma armatürünün yapısı. 50W yüksek güçlü beyaz ışıklı LED aydınlatma esas olarak radyatör, LED çipi, kondansatör kapağı, lamba tutucusu ve güç kaynağı, bacadan oluşur.

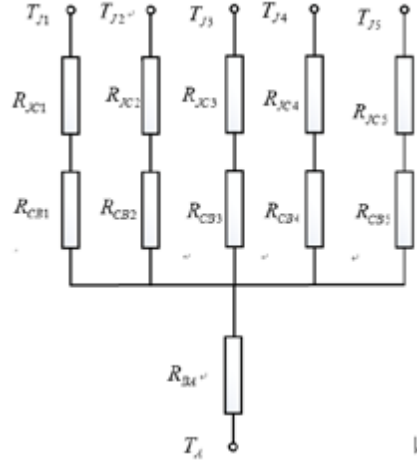
Şekil 8.6 da görüldüğü gibi basit yapıda, düşük maliyetli, üretimi kolay bir radyatör tasarlanmıştır. Gövde de, iyi ısı iletkenlik performansına sahip alüminyum kanatçıklar kullanmıştır ve ısı iletkenliği $150 \text{ W/m}^2\text{k}$ 'dir). metal devre kartı ve ısı iletkenliği $3,8 \text{ W/m}^2\text{k}$ olan yüksek ısı iletkenliği silikon yapıştırıcı katsayısına sahip radyatör tabanına sahiptir.



Şekil 8.6: 50 W Led aydınlatma armatürü radyatörü

Kaynak: (alüminyum gövdesi) (Ma Yunpeng, 2015)

Termal analiz modeli. 50W yüksek güçlü LED, beş adet 10W çip paketinden oluşan daha fazla çip bileşenidir. Hesaplama şu şekilde basitleştirilmiştir: seri bağlantıdaki tüm yongalar ve aynı devre kartlarındaki diziler, yonga özellikleri tamamen aynıdır, çalışma sıcaklığı ve tüketilen güç tamamen tutarlıdır, yonga arasındaki ısı etkileşimi göz ardı ederek paralel devre yongasının ısı direncine benzer tip modeli. Şekil 8.7'te gösterildiği gibi R_{JC} , yonga ve dahili soğutucu arasındaki termal dirençtir, R_{JC} , dahili ısı alıcı termal direnç metal devre kartı arasındaki termal dirençtir, R_{BA} , devre kartı ile radyatör arasındaki termal dirençtir.



Şekil 8.7: Çok çipli LED eşdeğer termal model

Eşdeğer ısı yolunun çoklu çipli LED entegre kapsüllemesinin, her bir LED çip termal direncinin paralel olarak bağlanmasından ve ardından termal direnç, termal direnç ve konveksiyon radyatör termal direnci ile seri olarak bağlantıdan daha fazla olduğunu görebiliriz.

Paralel Modul:

$$\frac{1}{R_{JC}} = \frac{1}{R_{JC1}} + \frac{1}{R_{JC2}} + \frac{1}{R_{JC3}} + \frac{1}{R_{JC4}} + \frac{1}{R_{JC5}} \quad (8.1)$$

Her çip aynı olduğu için:

$$R_{JC} = \frac{R_{JC1}}{5} \quad (8.2)$$

Ve benzer şekilde:

$$R_{CB} = \frac{R_{CB1}}{5} \quad (8.3)$$

Modelin toplam ısı direnci :

$$R_{JA} = \frac{R_{JC1}}{5} + \frac{R_{CB1}}{5} + R_{BA} \quad (8.4)$$

Termal direnç kavramına göre LED bağlantı sıcaklığı şu şekilde elde edilebilir:

$$T_J = T_A + R_{JA} \times P_D \quad (8.5)$$

T_A çevre sıcaklığı, P_D çipin toplam güç tüketimidir.

$R_{JB} = 8 \text{ } ^\circ\text{C/W}$, $T_A = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$,

İletken yapıştırıcının termal direnci $R_1 = 1,8 \text{ } ^\circ\text{C/W}$

$T_J \leq 65 \text{ } ^\circ\text{C}$, alabiliriz

$$R_{SR} \leq \frac{65-25}{5} - 2 - 1,8 = 6,2 \text{ } ^\circ\text{C/W} \quad (8.6)$$

Gövdenin ısıl direnci $R = 5,5 \text{ C/W}$

Artık gövdenin asgari ısı yayma alanının bulabiliriz.

$$S = \frac{1}{Rh} = 0,302 \text{ m}^2$$

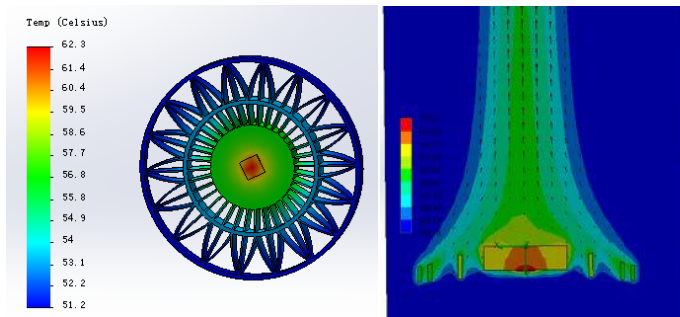
LED lambaların soğutma yapısının ısı akış alanı analizi: Bir çipin ve soğutucu gövdenin kararlı haldeki ısı akışı alanı dağılımını simüle etmek için sonlu eleman yöntemini kullanır.

Radyatör/Gövdenin/Soğutucunun kararlı hal termal analizi: LED lambaların kararlı hal termal analizi. LED çip bir durum performansında çalıştığında sıcaklık dağılımı, ısı iletimi diferansiyel denkleminin ısı kaynağı ile buluşmalıdır.

$$\frac{d^2T}{dx^2} + \frac{d^2T}{dz^2} + \frac{q}{k} = 0 \quad (8.7)$$

Buradaki formülde T sıcaklıktır, q birim hacim başına ısıdır, k ısıl iletkenlik katsayısıdır.

Sonlu elemanlar yazılım simülasyonunu kullanarak, radyatörün konvektif ısı transfer katsayısı $5 \text{ W/m}^2\text{k}$ olan ortam sıcaklığının $25 \text{ }^\circ\text{C}$, çip P-N bağlantısının ısı kaynağı olduğunu, birim hacim $2.04\text{e}8 \text{ W/m}^3$ için ısı üretim oranını tanımlarız. Şekil 8.8'de, çipin merkezinde yoğunlaşan en yüksek sıcaklık alanını bulabiliriz ve en yüksek sıcaklık $62,3 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir.



Şekil 8.8: Radyatörün/gövdenin kararlı durum sıcaklık alanı dağılımı

Sonuç : Yüksek güçlü LED termal direnç modelinin oluşturulması temelinde, bu örnekte asgari etkili soğutma alanını hesapladık. Simülasyon ve deney yoluyla, alüminyum kanatlı radyatör tasarımının, mühendislik uygulamasının gerekliliklerini tam çalışma kapasitesi içinde $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ortam sıcaklığı altında

karşıladığı doğrulanır ve çip maksimum bağlantısı 65 °C içinde kontrol edilebilir.

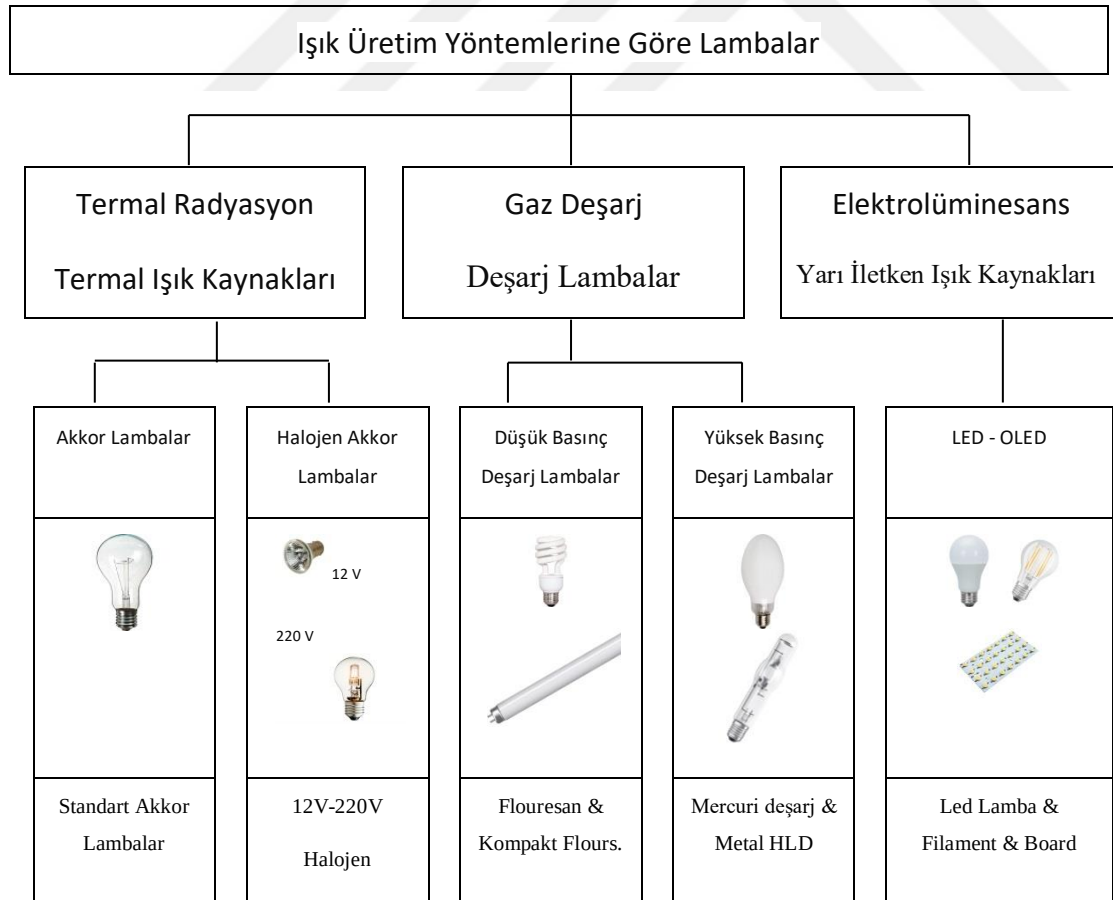
8.3.3 Işık üretenler / lambalar

Işık doğal ve yapay olarak çok farklı yollarla üretilir. Bu bölümde biz yapay ışık kaynaklarını ele alacağız. Işık hani çok farklı yollarla demiştik, fakat uygun maliyetli ve piyasada bulunan ışık kaynakları bizim konumuz olacaktır.

Üretim yöntemlerine göre dört ana ışık kaynağı grubu vardır. Bunlar:

1. Termal ışık kaynakları,
2. Düşük basınçlı deşarj lambaları,
3. Yüksek basınçlı deşarj lambaları,
4. Yarı iletken ışık kaynakları.

Işık üretim yöntemlerine göre lambaları aşağıdaki şekildeki gibi gruplandırabiliriz.



Şekil 8.9: Işık üretim yöntemlerine göre lambalar ve görselleri

8.3.3.1 Akkor lambalar

Akkor lamba bir termal radyatördür. Filaman teli, bir elektrik akımıyla yeterince yüksek bir sıcaklığa ısıtıldığında parlamaya başlar. Sıcaklık arttıkça, yayılan ışığın spektrumu daha kısa dalga boyu aralığına doğru kayar. Filamanın kırmızı ısısı akkor lambanın sıcak beyaz ışığına geçer. Lamba tipine ve watt değerine bağlı olarak, filamentin sıcaklığı 3000 K'nin üzerindeki halojen lambalarda 3000 K'ye kadar ulaşabilir. Bu sıcaklıklarda maksimum radyasyon hala kızılötesi aralıktadır ve sonuç olarak görünür spektrum ile karşılaştırıldığında yüksek derecede termal radyasyon ve çok az UV radyasyonu vardır.

- Şebeke voltajı veya düşük voltaj çalışabilirler,
- Kullanım ömrü ve ışık verimliliği en düşük lambalardır,
- Karartılabilir (Dimlenebilir),
- Parlak ışık verir,
- Mükemmel renksel geriverimi vardır,
- Kullanım Alanları: perakende ve ev alanları, dekoratif uygulamalar, ve vaktiyle birçok alanlarda kullanılmışlardır. Yeni nesil lambalara, özellikle Ledli aydınlatmalara yenik düşmüştür.

8.3.3.2 Halojen enkandesan lambalar

Akım bir filamentin içinden geçer ve onu akkor lambadakiyle tamamen aynı şekilde ısıtır. Bu lambaların nispeten büyük miktarlarda ısı yaymasının nedeni budur. Halojen döngüsü, geleneksel akkor lambalara kıyasla bu lambaların verimliliğini artırır ve hizmet ömrünü uzatır. Düşük voltajlı lambalar çok kompakttır ve bu nedenle ışığı hassas bir şekilde yönlendirmek için idealdir, ancak bir transformatöre ihtiyaçları vardır. Avrupa mevzuatı nedeniyle, bu lamba grubunun yalnızca en enerji verimli versiyonlarına izin verilmektedir. Daha verimli alternatifler, yerleşik elektronik balastlı kompakt flüoresan lambaları veya LED lambaları içerir.

- Şebeke voltajı veya düşük voltaj çalışabilirler,
- Kullanım ömrü ve ışık verimliliği akkor lambalardan daha iyidir,
- Karartılabilir (Dimlenebilir),

- Parlak ışık verir,
- Mükemmel renksel geriverimi vardır,
- Kullanım Alanları: Perakende ve ev alanları, dekoratif uygulamalar.

8.3.3.3 Flouresan lambalar

Deşarj tüpündeki iki elektrot arasındaki alternatif bir elektrik alanı, görünmez UV radyasyonu üretir. Tüpün beyaz flüoresan kaplaması, bu radyasyonu yüksek kaliteli, görünür ışığa dönüştürür.

Bu lambaların ateşleyicilere ve akım sınırlamasına ihtiyacı vardır; bu işlevler elektronik bir balastta birleştirilmiştir.

Floresan lambaların ışık akısı, çalışma konumlarına ve ortam sıcaklıklarına büyük ölçüde bağlıdır. Amalgam teknolojisini kullanan lambalar, sıcaklıkların dalgalandığı ortamlarda kullanılmak üzere optimize edilmiştir.

- Yüksek & çok yüksek ışık verimliliği,
- İyi ve çok iyi renksel geriverim,
- Uzun servis ömrü,
- Geniş standart aralık seçimi,
- Karartılabilir (Dimlenebilir),
- Kullanım: verimli geniş alan aydınlatması.

8.3.3.4 Kompakt flouresan lambalar

Bu lambalar, borulu veya düz floresan lambaların kompakt versiyonlarıdır ve çok benzer şekilde çalışır.

Bu lambaların ışık akısı, çalışma konumlarına ve ortam sıcaklıklarına büyük ölçüde bağlıdır. Amalgam teknolojisini kullanan lambalar, sıcaklıkların dalgalandığı ortamlarda kullanılmak üzere optimize edilmiştir.

- Kompakt tasarımlar,
- Yüksek ışık verimi,
- Mükemmel renksel geriverim,
- Geniş standart aralık seçimi,

- Karartılabilir (Dimlenebilir),
- Kullanım: ticari ve prestijli alanlar,

8.3.3.5 Metal halide lambalar

Metal halojenür lambalar, bir deşarj tüpünde son derece kompakt bir elektrik arkı sağlar. Aydınlatma kalitesi, lambanın içerdiği malzemelerin bileşimine göre belirlenir. Lambayı çalıştırmak için bir ateşleyiciye ihtiyaç vardır ve akım bir balast ile sınırlandırılmalıdır. Elektronik balastlar, düşük güçlü lambalar için avantajlı bir şekilde kullanılabilir. Seramik deşarj tüplü lambalar en iyi aydınlatma kalitesini, verimi ve hizmet ömrünü sunar.

- Yüksek ışık verimi,
- İyi ve çok iyi renksel geriverim,
- Seramik deşarj tüplü lambalarda iyi renk kararlılığı,
- Genellikle karartılamazlar,
- Kullanım: endüstriyel bölmeler, spot aydınlatma, projektör aydınlatma sistemleri, perakende alanları.

8.3.3.6 Yüksek basınçlı sodyum lambalar

Uzatılmış seramik deşarj tüpündeki deşarj sodyum ile belirlenir. Bu nedenle ışığın sarı bir tonu vardır ve yalnızca belirli uygulamalar için uygundur. Philips rengiyle geliştirilmiş SDW, çok kaliteli beyaz ışık üretir ve perakende satış alanlarında aydınlatma için popüler bir seçimdir. Lambayı çalıştırmak için genellikle bir ateşleyiciye ihtiyaç vardır. Akım bir balast ile sınırlandırılmalıdır.

- Yüksek ışık verimliliği ve uzun servis ömrü,
- Yetersiz renksel geriverim için tatmin edici,
- Sarımsı açık renk,
- Adım adım karartılabilir,
- Kullanım: endüstriyel bölmeler, sokak aydınlatması, dış mekan aydınlatması Renk iyileştirmesi,
- Sıcak, beyaz ışık,

- Mükemmel renksel geriverim,
- Kullanım: perakende alanları.

8.3.3.7 LED ışık yayan diyotlar

Işık yayan diyotlar modern yarı iletken cihazlardır. Özellikleri malzemeleri, mekanik tasarımları ve çalışma modları ile belirlenir. Radyasyonun üretildiği aktif yarı iletken katman, LED'in içinde bir pozitif ve bir negatif substrat arasına sıkıştırılmıştır. Hangi malzemelerin seçildiğine bağlı olarak gerçek renkli ışık üretilir. Günümüzde yüksek kaliteli beyaz ışık, sarı ışıldayan maddelere sahip mavi LED'ler tarafından üretilmektedir. RGB (kırmızı, yeşil, mavi) karışımı da beyaz üretir. En küçük LED çiplerinin yan uzunluğu yakl. 250 µm (1 mikrometre = 1 milimetrenin binde biri). Kural olarak, uygun DC dönüştürücülerle beslenirler. 10000 saatin üzerindeki çok uzun hizmet ömürleri, aşırı ısınmayı önlemek için optimize edilmiş termal yönetim gerektirir. Günümüzde LED'ler, genel aydınlatma için hali hazırda en verimli ışık kaynaklarından bazılarıdır. Pek çok uygulamada geleneksel ışık kaynaklarının tamamen yerini alıyorlar.

- Çok verimli ışık üretimi,
- Geniş standart aralık seçimi,
- Gerektiği gibi değiştirilebilir ve karartılabilir,
- Çok uzun servis ömrü,
- İyi ve çok iyi renksel geriverim,
- Çok iyi renkli ışık üretimi,
- Kullanım: LED'ler iç ve dış mekanlarda hem işlevsel hem de dekoratif aydınlatma için kullanılabilir.

8.3.4 Yan bileşenler

Elde etmiş olduğumuz ışığı, uygun gövde içerisine yerleştirdikten sonra, elde etmiş olduğumuz ışığı, ihtiyaçlarımıza göre şekillendirmemiz gerekmektedir. Bu yan bileşenleri kendi arasında 3 e bölebiliriz. Bunlar:

- Reflektör,

- Lens,
- Difüzör

8.3.4.1 Reflektör

Üretilen ışık enerjisini eğer doğru kanalize etmez isek, ürettiğimizi ışığın % 70-80'nini kullanamaz ve daha güçlü ışık kaynaklarına ihtiyaç duyarız. Veya üretmiş olduğumuz ışığı ihtiyaç duyulmayan alanlardan, ihtiyaç duyulan alanlara yansıtarak, armatür/enerji verimliliklerini arttırmak; armatür üreticisinin bilgisini, teknolojisini kullanarak mümkün olabilecektir.

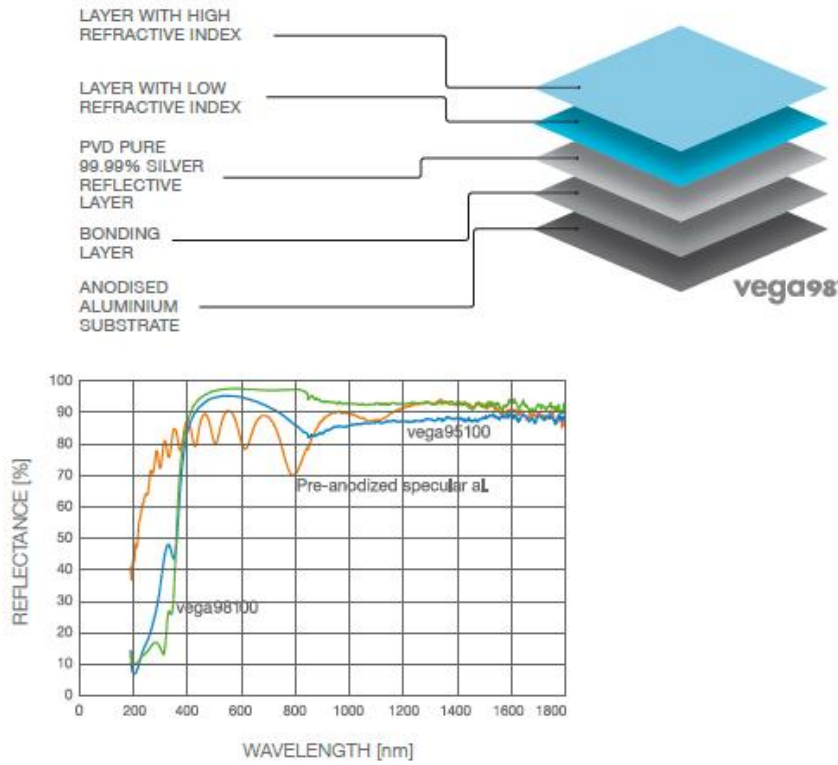
Reflektörler, ışığı kontrol etmek için aydınlatma armatürlerinin yapımında muhtemelen en önemli unsurlardır. Yaygın olarak yansıtma yapan yüzeylere sahip reflektörler çoğunlukla beyaz veya mat yüzeyli ve oldukça speküler yüzeylidirler. Örneğin, ayna reflektör teknolojisi, bu reflektörler orijinal olarak aynalı bir arka yüzeye sahip camdan yapılmıştır ve bugün hala kullanılmaktadır ve ayna yüzey terimini de günümüze taşımıştır. Reflektör malzemesi olarak günümüzde genellikle anodize alüminyum, krom kaplı alüminyum ve plastik kullanılmaktadır. Plastik reflektörler makul ölçüde düşük fiyatlıdır, ancak yalnızca sınırlı bir termal yük taşıyabilir ve bu nedenle, yüksek dirençli anodize kaplaması mekanik koruma sağlayan ve yüksek sıcaklıklara maruz kalabilen alüminyum reflektörler kadar sağlam değildir.

Alüminyum reflektörler, yüksek kaliteli süper saf alüminyumdan ve yalnızca saf alüminyum kaplamalı reflektörlere kadar çeşitli kalitelerde mevcuttur. Nihai anodize kaplamanın kalınlığı uygulamaya bağlıdır; iç mekan uygulamaları için, dış mekanlarda veya kimyasal olarak agresif ortamlarda 10 µm'ye kadar kullanılacak aydınlatma armatürleri için yaklaşık 3–5µm'dir. Elokso işlemi alüminyum bobine (bobin elokso) veya daha pahalı olan bitmiş reflektörlere (sabit anotlama) uygulanabilir.

Reflektörlerin yüzeyleri speküler veya mat bir görünüme sahip olabilir. Mat yüzey, daha büyük ve daha homojen reflektör parlaklığı üretir. Yansıyan ışık demeti, daha yumuşak ışık elde etmek veya ışık dağılımındaki düzensizlikleri dengelemek için hafifçe dağılacaksa, reflektör yüzeyleri yontulmuş veya dövülmüş bir yüzeye sahip olabilir. Metal reflektörler, açık ışık rengini veya UV veya IR bileşenini kontrol edebilen bir dikroik kaplama alabilir. Işık

dağılımı büyük ölçüde reflektörün formuyla belirlenir. Hemen hemen tüm reflektör şekilleri parabole, daireye veya elipse atfedilebilir.

Amerikan, Alman, İtalyan Almeco firması, ürünlerinden Vega isimli ürününü şöyle tanımlamaktadır. Olağanüstü yansıması sayesinde, reflektörlerin optik performansını önemli ölçüde iyileştirir ve hali hazırda yüksek seviyelerde anodize edilmiş alüminyuma kıyasla verimliliğini % 20'ye kadar artırır. Vega, alüminyum anotlama işlemlerinin kanıtlanmış kalitesini PVD (Fiziksel Buhar Biriktirme) olarak bilinen vakum altında en gelişmiş yüzey kaplama teknolojisi ile birleştirir. Bu işlem sayesinde, saf anodize alüminyum bobin, kontrollü ve sürekli bir şekilde, % 99,9 saf alüminyum (vega95) veya % 99,9 saf gümüş (vega98) içeren çok ince bir film ile optimum şekilde kaplanır. Yansıtmayı daha da artıran ek bir çift katmanlı oksit film en son uygulanır, bu da onu tüm yüzey üzerinde homojen ve homojen hale getirir ve malzemeyi korozyondan korur ve özelliklerini zaman içinde değişmeden korur. Sonuç, % 95'i (vega95) veya % 98'i (vega98) aşan toplam yansıtma değerleri ile karakterize edilen ve anodize alüminyum kullanımına kıyasla önemli enerji tasarrufu sağlayan bir alüminyum serisidir.



Şekil 8.10: Alüminyum reflektör katmanları ve reflektif özellikleri

Kaynak: (Almeco, 2020)



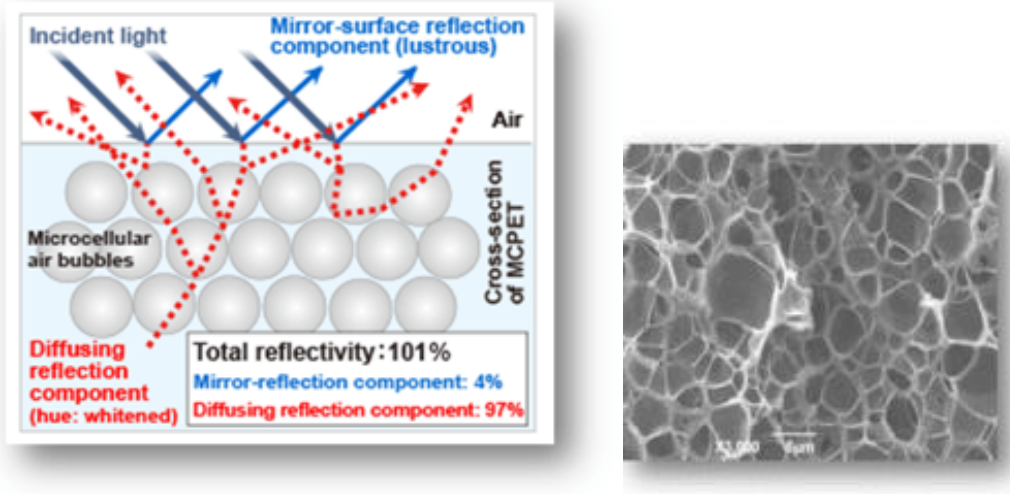
Şekil 8.11: Örnek Reflektör Resimleri

Kaynak: (Ledil reflector, 2018) (Lumitronix Ledil Barbara, 2020)

Japon, İngiliz Furukawa McPet reflektörlerini şöyle tanımlar. Furukawa tarafından geliştirilen benzersiz bir mikro hücresel yapıya sahip olan MCPET, rakipsiz seviyelerde dağınık yansıtma sunar. Işık mikro hücresel yapıya girdiğinde, mikroskobik hava kabarcıklarının etrafında sekerek nihayet farklı açılarda geri yansır ve tamamen homojen olan ultra dağınık bir ışık yansıması oluşturur.

Bu teknoloji yalnızca Furukawa tarafından geliştirilmiştir ve inanılmaz seviyelerde dağınık yansıtma üretir. M4 kalitemiz saten kaplamamız durumunda, dağınık yansıtma BaSo4 Baryum Sülfat ile karşılaştırıldığında% 100,8'dir. Bu, pazar lideri performanstır.

MCPET, yüksek verimli dolaylı aydınlatma çözümlerini kullanarak aydınlatma armatürü performansını% 30'dan fazla artırabilir, enerji tüketimini ve parlamayı azaltabilir.

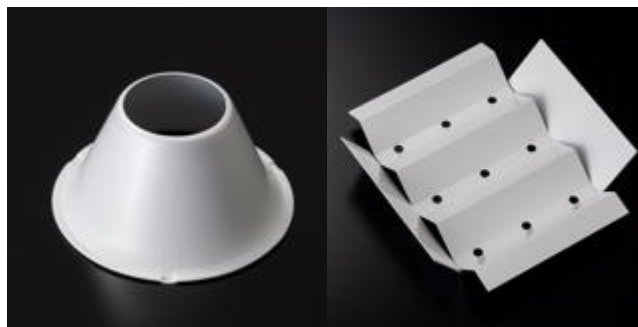


Şekil 8.12: McPet reflektif Malzeme Tanımlamaları

Kaynak: (McPet , 2019)

McPet alüminyuma göre bazı üstün özelliklerini ifade eder. Bunlar:

Yanmaz özelliği ve yalıtkanlığı kablolamada güven ve ısı sorunlarda avantaj sağlar. Sert ve kolay şekil verilebilir bir malzeme olduğundan tasarımcılar tercih eder. Galvolazer teknolojisi ile kolayca kesilebildiğinden dolayı kesim ve katlama işlemleri çok basit ve hızlı bir şekilde montaja hazırlanabilir. Termoform özellikli malzemesi sayesinde 3 boyutlu malzemeler gerektiği zaman çok kolay bir şekilde preslenerek form verilebilir. UV dayanımları yüksek malzemelerdendir.



Şekil 8.13: Örnek Reflektör Resimleri

Kaynak: (McPet , 2019)

8.3.4.2 Lens

Lensler pratik olarak yalnızca noktasal ışık kaynakları için aydınlatma armatürlerinde kullanılır. Kural olarak, optik sistem, bir reflektör ile bir veya daha fazla mercek kombinasyonundan oluşur.

Toplayıcı mercekler, odak noktasında bulunan bir ışık kaynağı tarafından yayılan ışığı paralel bir ışık demetine yönlendirir. Toplama lensleri genellikle armatür konstrüksiyonlarında bir reflektörle birlikte kullanılır. Reflektör, genel ışık akışını ışın yönünde yönlendirir, lens ışığı yoğunlaştırmak için oradadır. Toplama merceği ile ışık kaynağı arasındaki mesafe genellikle değişkendir, böylece ışın açıları gerektiği gibi ayarlanabilir.

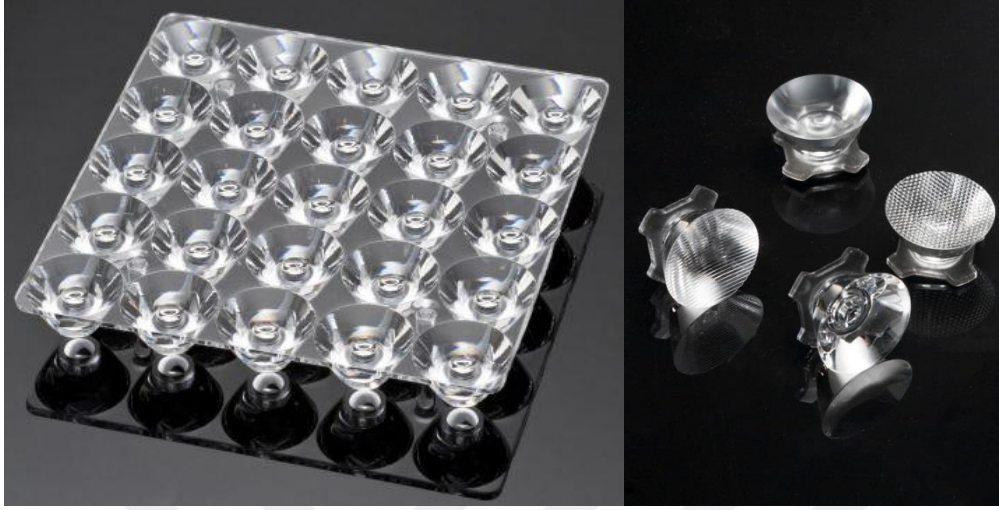
Fresnel lensler, eşmerkezli olarak hizalanmış halka şekilli lens bölümlerinden oluşur. Bu lenslerin optik etkisi, karşılık gelen şekle veya eğriliğe sahip geleneksel lensler tarafından üretilen efektle karşılaştırılabilir. Bununla birlikte, Fresnel lensler, önemli ölçüde daha düz, daha hafif ve daha ucuzdur, bu nedenle, sık sık yakınsak lensler yerine armatür yapımında kullanılırlar.

Fresnel lenslerin optik performansı segmentler arasındaki bölgelerdeki sapmalarla sınırlıdır; bir kural olarak, lenslerin arka tarafı, ışık dağılımında gözle görülür düzensizlikleri maskelemek ve ışın hatlarının yumuşak olmasını sağlamak için yapılandırılmıştır. Fresnel lenslerle donatılmış armatürler başlangıçta esas olarak sahne aydınlatması için kullanıldı; bu arada, aydınlatma armatürleri ve nesneler arasındaki mesafe değiştiğinde giriş açılarının bireysel olarak ayarlanmasına izin vermek için mimari aydınlatma şemalarında da kullanılırlar.

Projeksiyon sistemleri, ışığı bir taşıyıcıya yönlendirmek için eliptik bir reflektör veya küresel reflektör ve kondansatör kombinasyonundan oluşur ve bu optik aksesuarlar takılabilir. Işık daha sonra armatürdeki ana lens ile aydınlatılacak yüzeye yansıtılır.

Görüntü boyutu ve ışın açısı taşıyıcı düzlemde tanımlanabilir. Basit açıklık plakaları veya iris diyaframları, çeşitli boyutlarda ışık ışınları üretebilir ve ışık ışını üzerinde farklı konturlar oluşturmak için kontur maskeleri kullanılabilir. Şablonlar yardımıyla logoları veya resimleri yansıtmak mümkündür.

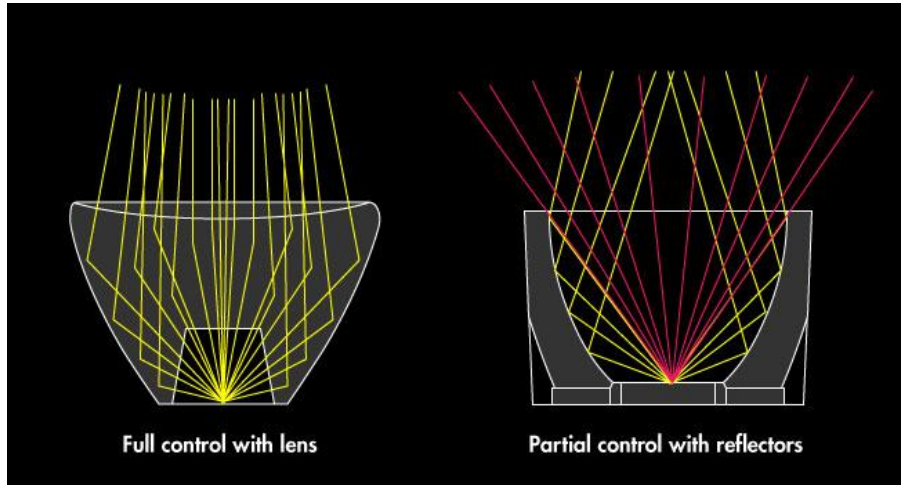
Ayrıca, farklı ışın açıları veya görüntü boyutları bağlı olarak seçilebilir. Dolayısıyla lensler ile ışığa yön vermek hem kolay, hem zevkli, hem de büyüleyicidir.



Şekil 8.14: Örnek Lens Resimleri

Kaynak: (Ledil Lens, 2018)

Bunun yanı sıra, ışığa yön vermek, hem lens hem de reflektör ile daha da mümkündür. Işığı yönlendirirken, bir taraftan dağıttığımızı diğer taraftan toplayabiliriz. Veya da tam tersi bir tarafta topladığımız ışıkları başka bir malzeme ile dağıtabiliriz. Örnek için aşağıdaki resme bakınız.



Şekil 8.15: Lens ve Reflektör ortak kullanım resimleri

Kaynak: (Ledil Lens, 2018)

Prizmatik Sistemler ile merceklerin odak uzaklığındaki değişiklik, Fresnel lensler için olan armatürlerin aksine, keskin konturlu ışık huzmeleri üretmek

mümkündür; projektörü odak dışına ayarlayarak yumuşak konturlar elde edilebilir.

Işığın kontrol etmenin bir başka optik yolu, prizmalar kullanan sapmadır. Bir ışık ışınının bir prizmaya girdiğinde sapmasının prizmanın açısına bağlı olduğu bilinmektedir. Işığın sapma açısı bu nedenle prizmanın şekline göre belirlenebilir.

Işık belirli bir açının üzerinde prizmanın yan tarafına düşerse, artık kırılmaz, ancak yansıtılır. Bu ilke aynı zamanda, ışığı en geniş kırılma açısının ötesinde açılarda saptırmak için prizmatik sistemlerde sıklıkla uygulanır.

Prizmatik sistemler esas olarak, ışın açısını kontrol etmek ve yeterli parlama sınırlamasını sağlamak için floresan lambalar alan armatürlerde kullanılır. Bu, prizmaların ilgili geliş açısı için hesaplanması ve sırayla armatürün dış kaplamasını oluşturan uzunlamasına yönlendirilmiş panjur veya siper ile birleştirilmesi gerektiği anlamına gelir.

8.3.4.3 Difüzör (Kapak)

Difüzyon, Geçişme veya Yayılma olarak da bilinir, maddelerin çok yoğun ortamdan, az yoğun ortama doğru kendiliğinden yayılmasıdır. Fiziksel kimyada ise moleküllerin kinetik enerjilerine bağlı olarak rastgele hareketlerine denir.

Difüzyona olanak sağlayan kuvvet yoğunluk farkı olduğundan, difüzyon geçişi iki ortamın yoğunlukları eşitleninceye kadar devam eder. Mürekkebin suda, kolonyanın havada, şekerin çayda, parfüm kokusunun oda içinde yayılması difüzyona örnektir.

Difüzyon, maddenin bütün hallerinde farklı hızda ve özellikte görülür.

Işıktaki yukarıdaki difüzyonun tanımındaki gibi, çok yoğun ortamdan az yoğun ortama yayılmaya çalışır. Armatürde ürettiğimiz ışığın bu yayılımında, bizde bir şekilde ışığı yumuşatmak için yayan veya noktasal gelen ışıkları dağıtmak için bir malzemeye ihtiyaç duyarız. İşte bu malzemedir difüzör. Dağınık ışık beyaz bir yüzeyden ışığı yansıtarak kolayca elde edilebilirken, daha kompakt difüzörler buzlu cam, teflon, opal cam ve gri cam dahil olmak üzere yarı saydam malzeme kullanabilir. Mükemmel (yansıtıcı) bir difüzör, Lambert

yansımaya sahip teorik olarak tamamen beyaz bir yüzeydir. Işığı absorbe etmez, aldığı ışığın % 100' ünü geri verir. Fakat pratikte; Işık kaynağını korumak üzere armatürün önüne koyduğumuz şeffaf cam veya akrilik, elde ettiğimiz ışığı istemesekte difüze eder. Işık ölçümleri göstermektedir ki, ışık 2-3 mm'lik şeffaf cam & akrilik malzemeden geçerken % 5 civarında bir güç kaybına uğrar.

Difüzörler, ışık geçirgenliğinin yanı sıra temel özelliği bu malzemelerin difüzif özellikleridir. Üç aydınlatma özelliği (iletim, renk ve difüzyon) birbirine bağlıdır ve aydınlatma tertibatının gereksinimlerini karşılamak için bir araya getirilmesi gerekir. Difüzörler ile, ışığa yön verirken, ışığı homojen hale getirirken isterseniz rengini de değiştirebilirsiniz.

Difüzyon veya saçılma özellikleri, yarı güç açısı (HPA) ile karakterize edilir. HPA, izleyicinin bakış açısından bakış açısına bağımlılık konusunda bir fikir verir. Düşük bir HPA değeri, daha düşük bir difüzif malzemeyi ve daha yüksek bir değeri, daha yüksek difüzyonlu bir ürünü gösterir. "İyi" veya "kötü" yoktur, sadece doğru kombinasyon vardır. Difüzör sınıfının aydınlatma özellikleri her zaman uygulamanın gerekliliklerine göre dikkate alınmalıdır.

Difüzörlerde, difüzyon ne kadar büyükse, sonuçta ortaya çıkan ışık yayılması ve ışık kaybı da o kadar büyük olacaktır. Bunu anlatan görsel tabloya Şekil 8.15'e bakınız. Geçirgenliğin oranı da, difüzörün üzerindeki çizgisel fırçalamalar, doğrudan yüzeyde ışığı şekillendirmektedir.

Malzeme	Geçirgenlik Oranı (%)	Difüz Etkisi
Filtresiz	100	
Şeffaf	>95	
Açık Beyaz 2/8	>85	
Fırçalanmış Açık Beyaz 3/8	>65	
Açık Beyaz 3/8	>60	
Açık Beyaz 4/8	>50	
Açık Beyaz 5/8	>35	

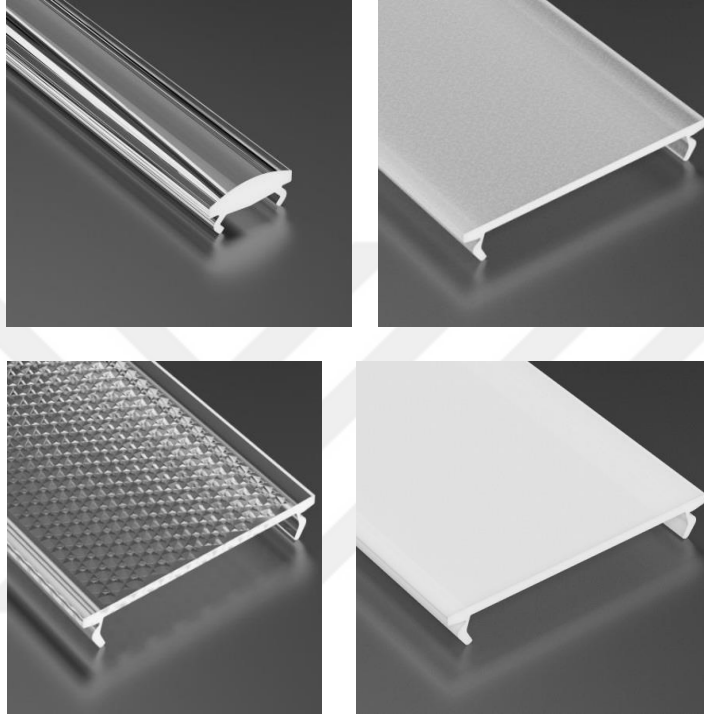
Şekil 8.16: Geçirgenliğin ışığa etkisi

Difüzörler kullanım yerlerine göre çok çeşitlilik göstermektedir. Bazen levha halinde, bazen profil şeklinde, bazen kumlamalı, bazen özel form olabilmektedirler. Örnekler için aşağıdaki şekiller bakabilirsiniz.

Levha veya ekstrüzyon profil difüzörler, Polistrilen (PS), Polikarbonat (PC) ve akrilik (PMMA) malzemelerden üretilmektedir. Kullanım yeri, imalat imkanı ve istenilen yüzey özelliklerine göre malzeme seçimleri yapılmaktadır. UV dayanımı istenilen yerde akrilik, yanma ve kırılmaya karşı direnç istendiğinde polikarbonat, kolay imalat ve uygun maliyetler düşünüldüğünde de polistrilen

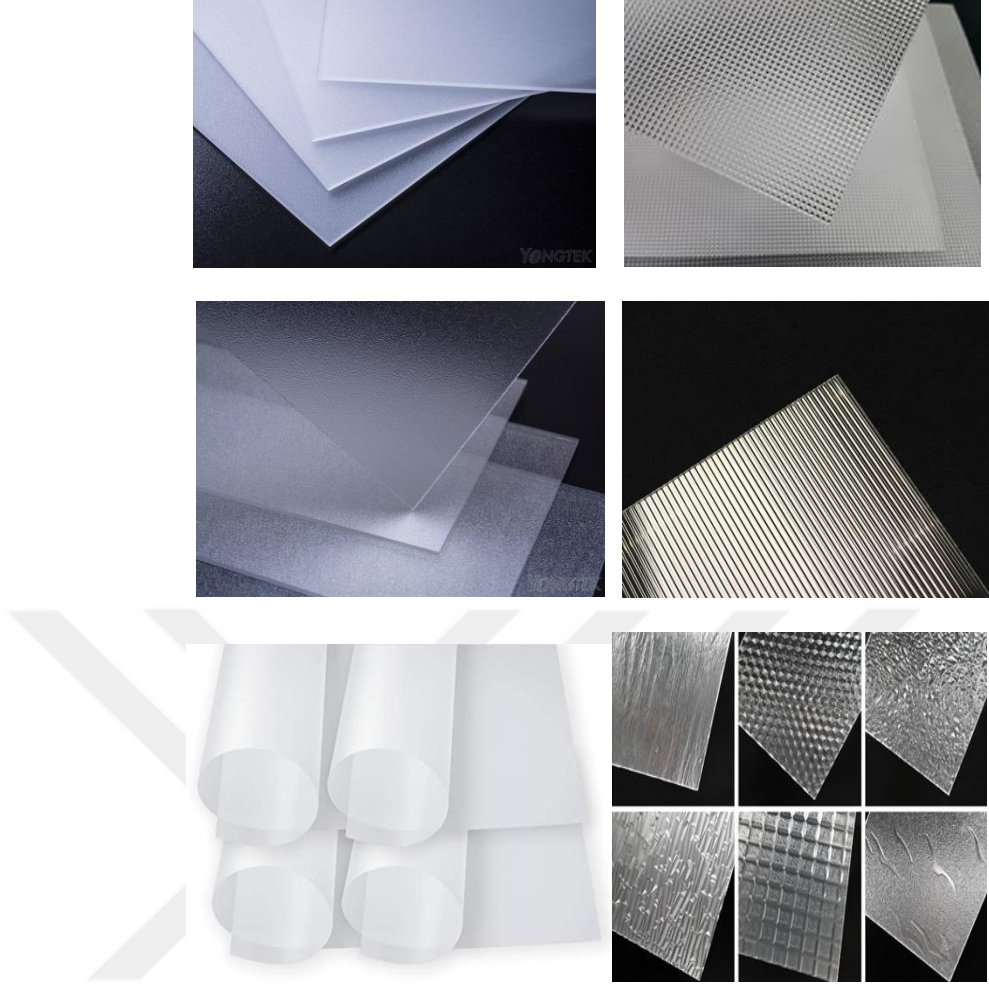
difüzörler tercih edilmektedir. Kırılmaya ve maliyetin önemsendiği yerlerde de Polipropilen (PP) difüzörler tercih edilebilecektir.

Teknolojik bu malzemelerin yanında, özellikle dekoratif aydınlatmalarda, kumaşların, kağıtların, herhangi bir plastik malzemeniz, örgü haline getirilmiş bambu & kamış kabuklarının, dokulu veya perfore edilmiş çelik, paslanmaz, alüminyum gibi malzemelerin de difüzör olarak kullanıldığını görebilirsiniz.



Şekil 8.17: Profil difüzör resimleri

Kaynak: (Diffmuser wide Pmma, 2021)



Şekil 8.18: Levha difüzör resimleri

Kaynak: (diffuser sheet, 2020)

8.4 Deney & Analiz

Yukarıda vermiş olduğumuz bilgilerimizden sonra aşağıdaki hususları dikkate alarak deneyler yapacağız. Yapmış olduğumuz deneylerin analizlerini son bölümde paylaşacağız. Deneylerimizde dikkat edeceğimiz ve görebileceğimiz esaslar şunlardır:

- Ham aydınlatma malzemesi ölçümü yaparak, başlangıç değeri buluruz.
- Aynı gibi görünen farklı marka ışık kaynaklarının karşılaştırmalı ölçümleri yaparak verimlilik kıyaslaması yapabiliriz.
- Yan bileşen kullanmadan, ana gövde içerisine yerleştireceğimiz ışık kaynağının, kaybını ölçüp kıyaslamasını yapabiliriz, ihtiyaçlarımıza göre, yan bileşenler tespit ederiz.

- Farklı marka sürücüler ve farklı modeller ile ışığın etkilerini analiz edebiliriz.
- Yan bileşenlerden reflektör, difüzör, reflektörsüz difüzör gibi farklı kombinasyonlarda ölçümler yaparız. Her bir farklı malzemenin ışığa etkisini hem verimlilik, hem de optik esaslara matematiksel cevaplar buluruz.

8.4.1 Deney Yapılacak Yöntemler

8.4.1.1 Küre & Spektrometre İle Ölçüm

Entegre küre sistemi, spektrometre, standart ışık kaynağı, DC güç kaynağı, AC güç kaynağı, güç ölçer ve küre sisteminden oluşur. Işığın, toplam ışık akısını, renk CRI değerlerini, renk sıcaklığını, renk doygunluğunu, kromatik koordinatları, voltaj, akım değerleri gibi bilgileri ölçümler. Yazılımları sayesinde yorumlayarak, hem ölçüm sonuçlarını, hem de armatür etkinliği, enerji etkinlik sınıfı gibi değerleri de hesaplayarak rapor halinde bize vermektedir.



Şekil 8.19: Işık ölçüm cihazı küre resmi

Entegre küreler, lambalardan gelen toplam ışık akısını ölçmek için kullanılan, oldukça yansıtıcı ve beyaz kaplamalı içi boş küresel boşluklardır. Entegre küreler, kosinüs düzelticilerine benzer veya yalnızca optik lenslerdir ve çalışmak için ona bağlı ve kalibre edilmiş bir spektoradyometre gibi bir detektöre ihtiyaç duyar.

Bir ölçüm yapmak için, bir ışık kaynağı ölçümü yapmak için küre açıklığının (2π) önüne bir ışık kaynağı (örnek) yerleştirilir veya tüm ışıma akısını yakalamak için entegre kürenin (4π) içine yerleştirilir. Bu ölçüm kurulumlarının her birinde, ışık ışınları, bütünleyici küre boyunca homojen bir ışık dağılımı oluşturmak için yansıtıcı kaplama üzerinde birçok kez sıçrayacaktır. Bir bölme aracılığıyla ışığın küçük bir kısmı yansıtılır ve bir spektoradyometre gibi dedektör tarafından yakalanır.

Bölmeler : Bu tür bölmeler son derece önemlidir, çünkü bütünleyici bir küreye giren ışık, detektöre veya detektörün doğrudan yansıma topladığı kürenin iç kısmındaki noktaya doğrudan çarpmamalıdır. Bunu başarabilmek için, bölmeler çoğu entegre küre tasarımında kullanıma eğilimindedir. Bölmeler, entegre kürenin mükemmel şekilli küresel bir boşluk olmasını engelledikleri için belirli yansılıklara neden olabilir. Bu nedenle, entegre bir alanda kullanılan bölme ve bağlantı noktalarının sayısını en aza indirmek mantıklıdır.

Yansıtıcı Kaplamalar: Bir entegre küre için yansıtıcı bir kaplama seçerken, iki faktör dikkate alınmalıdır: yansıma ve dayanıklılık. Bölmeler dahil tüm bileşenler, küreye giren ışığın tüm dalga boylarının yansıtıldığından emin olmak için yüksek oranda yansıtıcı ve dağınık malzeme ile kaplanmalıdır. Bol miktarda ışık olacaksa ve küre, kürenin kir veya toz toplamasına neden olabilecek bir ortamda kullanılacaksa, daha dayanıklı, yıkanabilir bir kaplama seçilmelidir. Işığı emeceğinden ve muhtemelen belirli dalga boylarının yansıması üzerinde etkisi olacağından kir ve tozdan kaçınılmalıdır. Ölçümlemelerde, iç kısmın yansıma özelliği 1 kabul edilir.

Kullanımlar: Entegre bir kürenin kullanıldığı uygulamalardan biri, lambalardan ve ampullerden gelen toplam ışık akısının ölçülmesidir. Bu kullanımlar için küre çaplarının entegre edilmesi, birkaç santimetre kadar küçük veya birkaç metre kadar büyük olabilir. Bütünleyici bir küre için doğru boyut tipik olarak

ışık kaynağının boyutuna göre belirlenir. Daha büyük küreler, daha geniş yüzeyleri nedeniyle tipik olarak daha iyi bir homojenlik sunar. Bir spektrometre ile bağlantılı olarak, bütünleyici bir küre, renklilik ve baskın dalga boyu ve spektral güç dağılımı gibi temel spektral parametreleri sağlayabilir.

Bir entegre küre, lazer ışınlarını veya lazer diyotları gibi oldukça farklı kaynakları kolayca yakalayabilir ve birleştirebilir. Dedektördeki sinyali etkilemeden geniş bir konum üzerinde çok çeşitli olay açıları için yapılabilir.

Bir bütünleştirici küre, aynı zamanda, bir kosinüs düzeltici gibi, parlaklığı ölçmenin ideal bir yoludur. Bir entegre küre kaynağının çıkış açıklığı, doğru yapıldığında, görüş açısından ayrı olarak mükemmel yakın bir dağınık ve Lambert ışık kaynağı oluşturabilir. Bu gibi durumlarda, ışık kaynağı, tipik olarak 2-pi ölçümü olarak bilinen bütünleyici kürenin dışında konumlandırılır.

İlerleyen bölümlerde ışık ölçümleri yapmış olduğumuz lineer armatür ve ampuller için aşağıda resmini gördüğünüz Everfine marka Haas 1200 modeli ile ölçülerimiz yapılmıştır. Ölçüm yapacağımız cihazın ölçüm parametreleri şöyledir:

1. Dalgaboyu aralığı : 350 – 1000 nm
2. Dalgaboyu doğruluğu: $\pm 0,3$ nm,
3. Entegrasyon süresi : 10ms – 100 s,
4. Işık akısı aralığı : 0,01 – 200.000 lm,
5. Fotometri doğruluğu : Sınıf 1

Küre & Spektroradyometre Kullanım Talimatı

Cihazı açmak için cihazdaki kırmızı işaretli düğmelere basarak yarım saat çalıştırırız.



Standart Lamba İle Kalibrasyon: Kabloları WY çıkışında “+” , “-“ kısmına, küre üzerinde bulunan bağlantı kutusunda ise 1’e **kırmızı** kabloyu, 2’ye **siyah** kabloyu bağlarıyoruz.





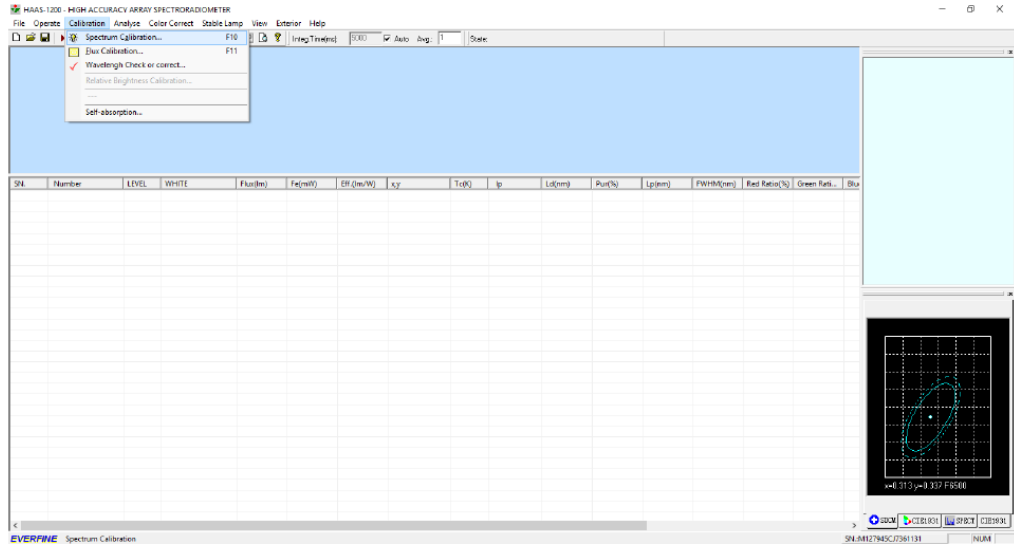
Yukarıdaki resimde kabloları görüldüğü şekilde bağladıktan sonra, lambaların olduğu çantalardan üzerinde **D204 kodlu** “Standart Lamba” yazanı küreye takıyoruz.



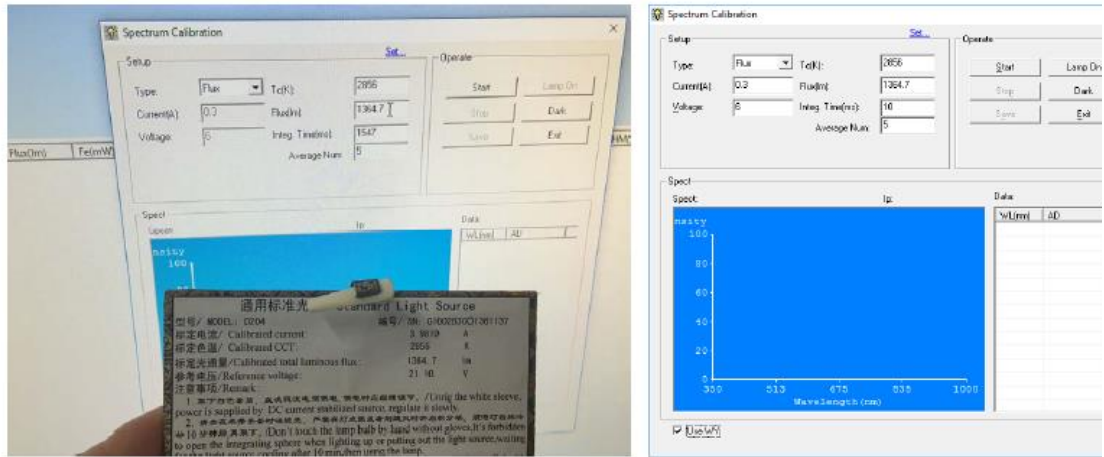
Not: Standart lambayı takarken mutlaka eldiven takmalıyız. Lambanın üzerinde herhangi bir el izi olmamalıdır ve lamba koruyucusu ile kullanılmalıdır.



Standart lambayı yukarıdaki şekilde kürenin içerisine taktıktan sonra kalibre işlemi bitene kadar standart lamba takılı ve yanıyor olmalıdır.

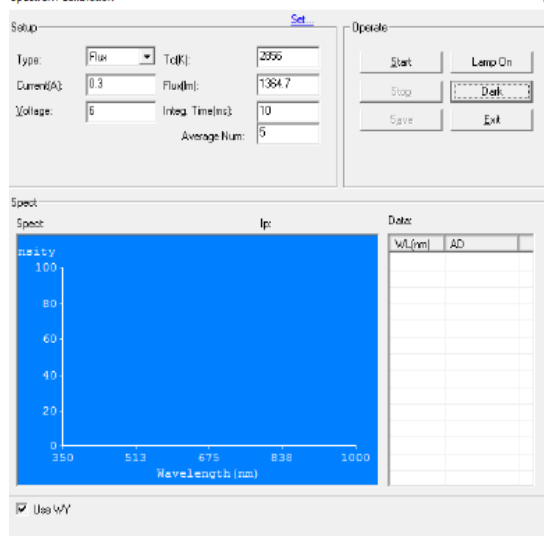


Bilgisayarda kurulu olan **Everfine HAAS-1200** programından **Calibration->Spectrum Calibration**'a giriyoruz.

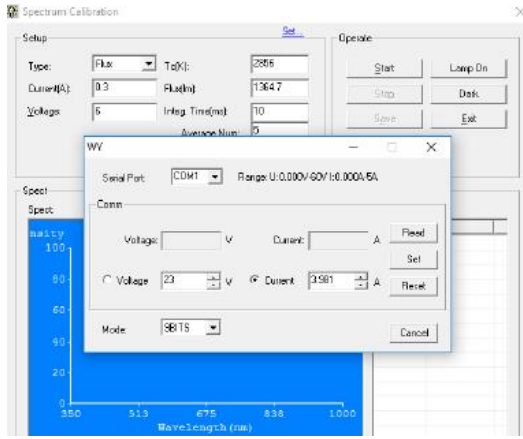


Çıkan ekrana standart lamba kutusunun içerisinde yazan **Input the CCT(K)** ve **Flux (Im)** değerlerini gireriz. Diğer yazılı değerler üzerinde bir değişiklik yapmamalıyız.

Avarage num. değeri **5-10** arasında olmalıdır ve ekranın sol altındaki **“Use WY”** kutucuğunu işaretleriz.

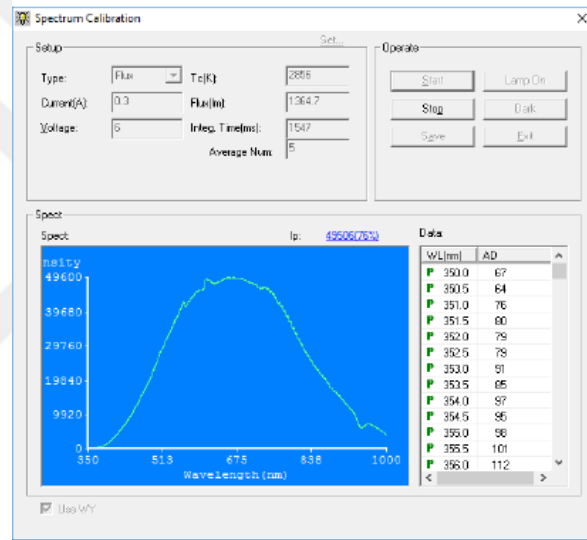


Dark'a basarak birkaç saniye bekleyiniz ve ardından **Lamp On**'a basınız.

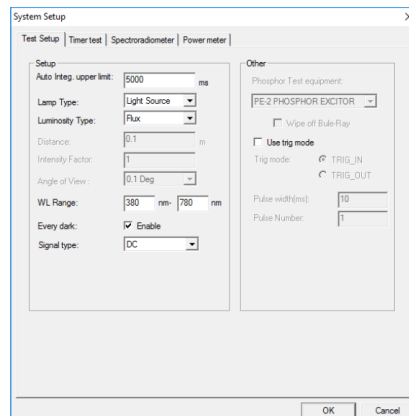


Çıkan WY ekranına standart lamba kutusundaki Voltage ve Current değerlerini gireriz. (Voltage değeri yazandan 1-2 değer fazla olmalıdır. 22V veya 23V ayarlanabilir.)

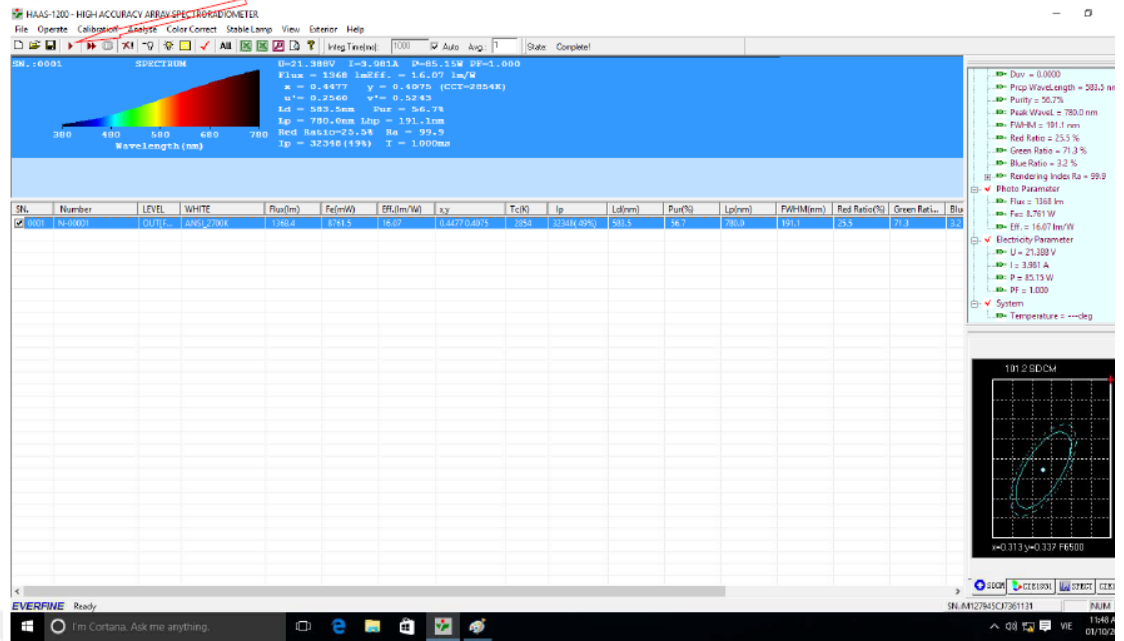
Değerleri girdikten sonra “Set” tuşuna basarız.



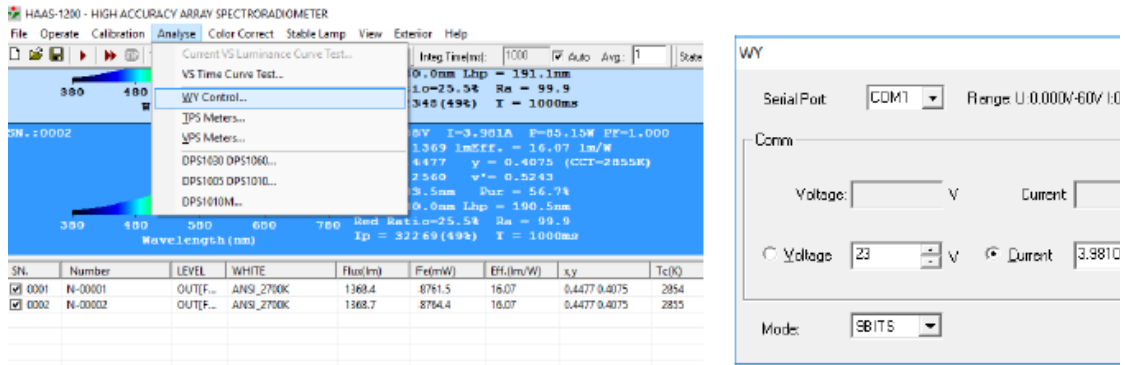
Start’a bastıktan sonra birkaç saniye bekleriz. Spectrum Datalar çıktıktan sonra **Stop** -> **Save** basarak çıkan sonucu kaydederiz. Bu ekranı kapatarak “Operate” -> “System Setup” gireriz.



“WL Range” değerini 380nm-780nm arasına ayarlamalıyız.



“Once Test” basıp ve standart lambanın Flux ve CCT değerlerini kontrol ederiz.



“Analyse”-> “WY Control” e girerek **Reset**’e basarak kürenin içerisinde yanan standart lambayı söndürüp Kalibrasyonu tamamlayın ve Standart lambanın kablusunu küreden ve serverdan çıkartırız.

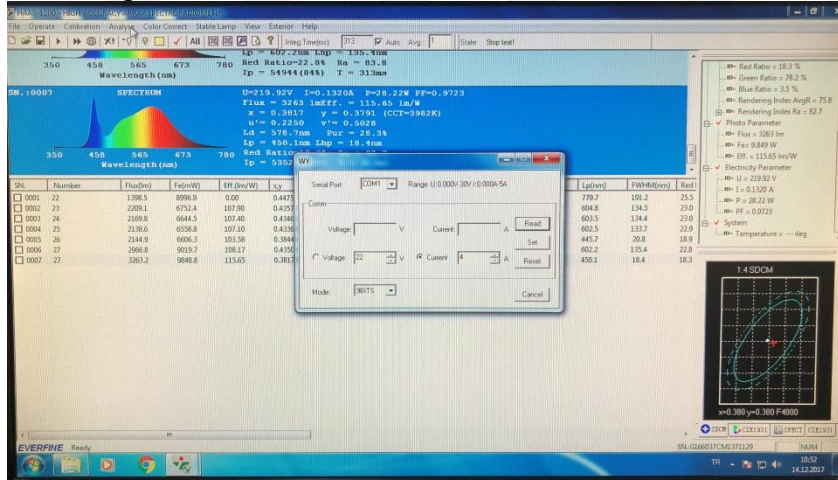
Yardımcı Lamba İle Kat Sayı Bulma:



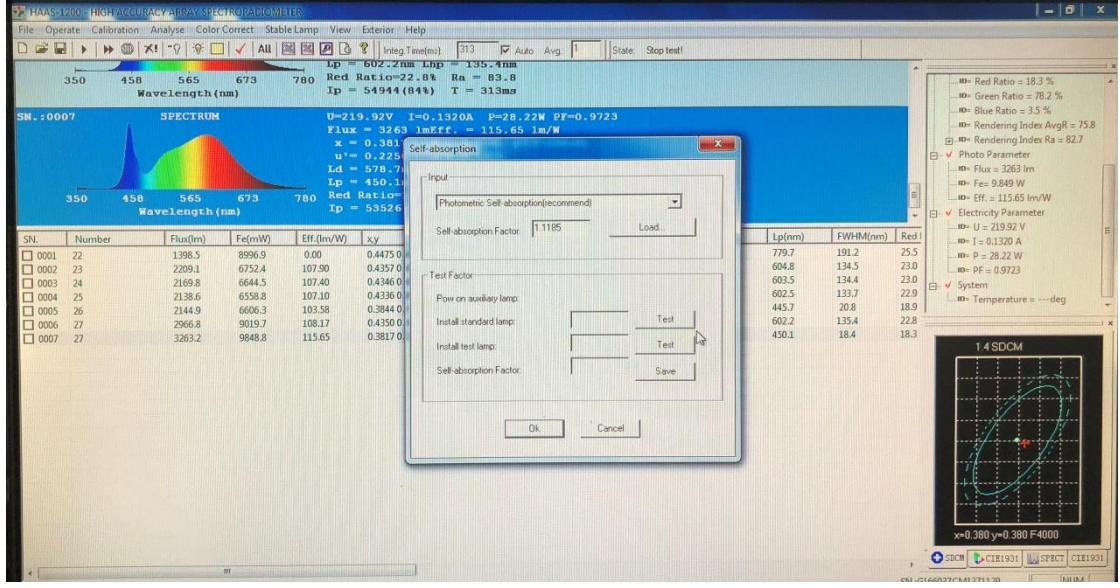
Kat sayıyı bulmak için Standart lamba kürede takılıyken **D204C** kodlu yardımcı lambayı takarınız. Bu Sırada standart lamba kapalı olmalıdır.



Yardımcı lambanın kablosunu Serverda DC' ye bağlayıp, bu sırada başka hiçbir kablo takılı olmadığına dikkat ederiz.



Analyse -> WY girerek yardımcı ışığın kutusunda yazan **Voltaj** ve **Current** değerlerini girdikten sonra ve set tuşuna basarak yardımcı ışığı açarız.



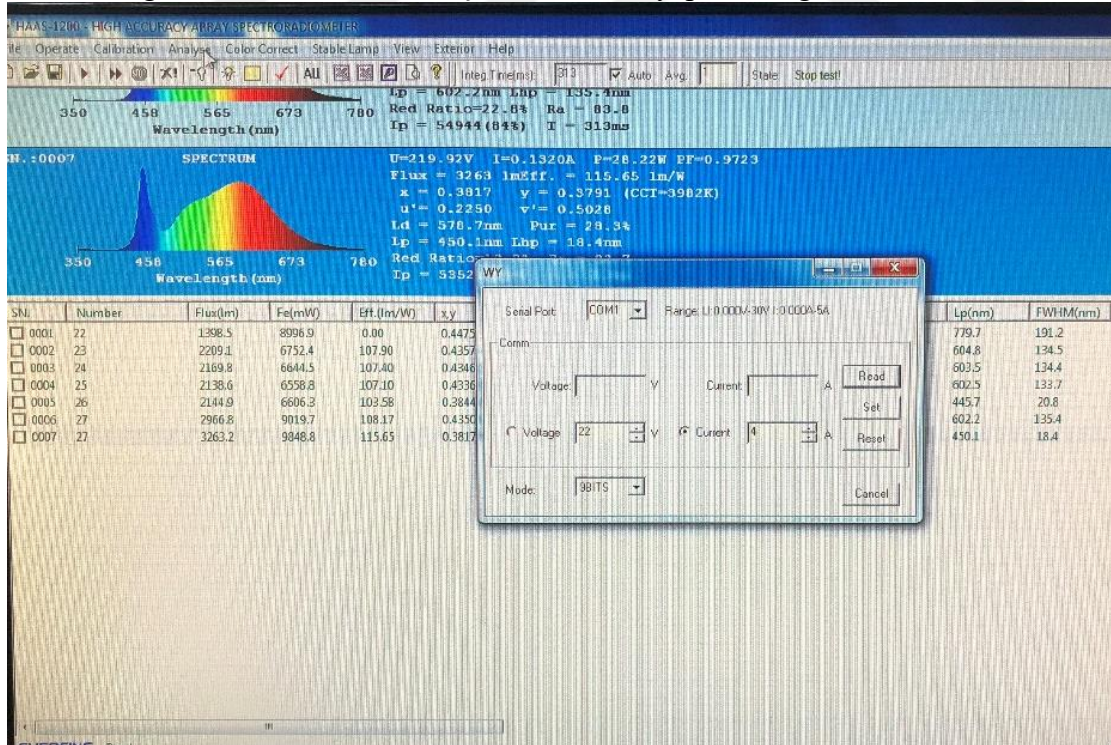
Calibration-> Self-absorption'a girerek ilk Test yazılı kutuya basırız.



Daha sonra standart ışığı çıkartıp, kat sayı bulmak için ölçüm yapacağımız ürünü bağlamaya yarayan fotoğraftaki kabloyu kırmızı kırmızıya siyah siyaha gelecek şekilde artı ve eksiye dikkat ederek bağlarız. Bu sırada sadece yardımcı ışık kürede yanıyor olmalıdır.



Ölçüm yapmak istediğimiz ürünü küreye ışık yönü yere dik gelecek şekilde ortalayarak bağlarız. Calibration-> Self-absorption'a girerek ikinci test tuşuna basarız. Ve isim vererek Save tuşuna basarız. Böylelikle ürünün kat sayısını bulmuş oluruz. Bu işlemle ölçüm yapılacak ürünün kürede kapladığı yer hesaba katılarak ışık değerleri buluruz. Eğer farklı bir ürün ölçmek istersek o ürünün kat sayısını tekrar bulmamız gerekmektedir. Yani bu işlemleri tekrar yapmamız gerekmektedir.



Analyse-> WY'ye girerek Reset'e basar ve yardımcı ışığı kapatırız.

Işık Değerlerini Bulmak



Yardımcı ışığın kablosunu küreden çıkartarak, kürenin ön tarafında ana ürünü çalıştıran kabloyu Serverda bulunan AC girişindeki kırmızı kabloyu kırmızıya, siyah kabloyu siyaha gelecek şekilde bağlarız.

Küre & Spektroradyometre İle Yapılan Ölçümler Ve Sonuçlar

Ölçümlere geçmeden önce kürenin çalıştırılması ve kalibrasyonu yapılmıştır. Yukarıdaki kullanım talimatlarına göre yapılan ölçüm öncesi yapılmış olan hazırlık resimleri aşağıdaki resimlerdeki gibidir.

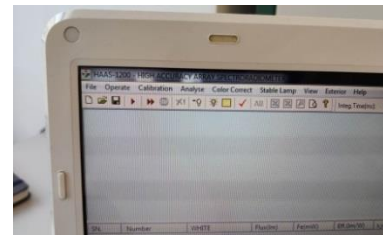
Not: Ölçümün mantığının, kürenin iç yapısındaki emme (soğurma) katsayısını, standart lamba ile analiz ederek, ölçümü yapılacak aydınlatma ünitesinin küre içerisindeki yansıtma ve emmelerinin, bulunan soğurma katsayısına (self absorption factor) oranı bize ölçüm sonuçlarını vermesi, her ölçüm öncesi kalibrasyon, emme oranı katsayısının önemini arz etmektedir.



1.Kürenin ölçüm öncesi çalıştırılarak kendi sistemini hazırlaması



2.Kürenin ölçüm için gerekli teknik ekipleri taşıyan kabini



3.Ölçümü bize veri olarak aktaran yazılım



4. Standart Işık kaynağının ölçüm noktasına bağlanması



5. Standart Işık kaynağının ölçüm noktasına bağlanmış hali



6. Yardımcı lamba takılmış hali ve pozisyonu



7. Standart ışık kaynağının kalibre edilmiş, standart değerleri



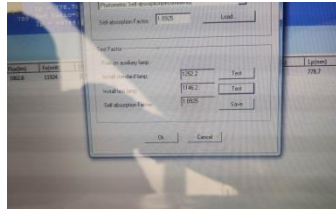
8. Standart ışık kaynağının kalibre edilmeden önceki aydınlatılmış vaziyeti



9. Yardımcı lambanın aydınlatılmış hali



10. Standart lamba ölçümü sonucu kürenin güncel öz soğurma katsayı (self-absorption factor) bulma



11. Öz soğurma katsayı (self-absorption factor) sonucu

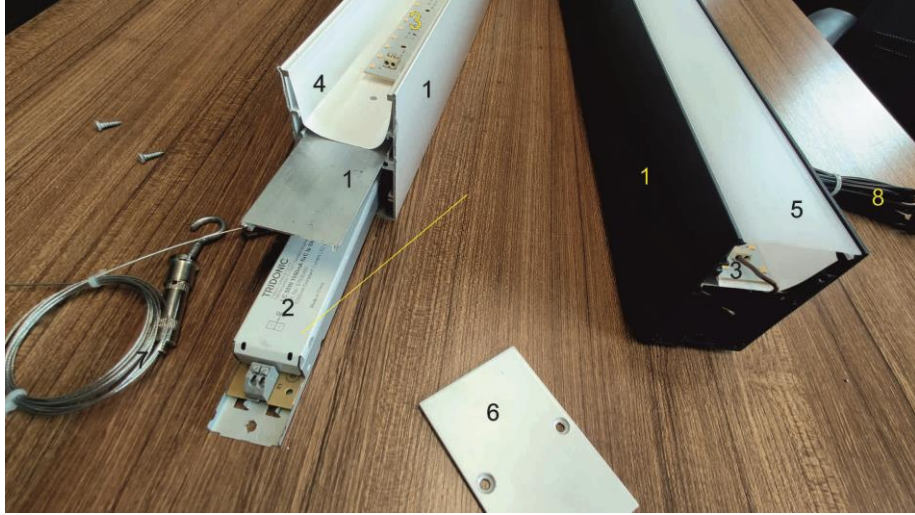


12. Işık kaynağımızın ölçümüne başlanması

Deney Yapılacak Armatür Bileşenleri

Aşağıda resmini gördüğümüz 55x85 mm kesitteki lineer armatür bileşenleri şunlardan oluşmaktadır:

1. Ana gövde, soğutucu, ara bölme,
2. Sürücü, driver, trafo,
3. Işık kaynağı, LED (Led board üzerine dizgi yapılmış led chip)
4. Reflektör,
5. Difüzör,
6. Gövde yan kapağı,
7. Askı aparatı,
8. Enerji kablosu.



Şekil 8.20: Lineer aydınlatma armatürü bileşenler

Deneyler Ve Raporları

Aşağıda sırasıyla küre içerisine ölçüm için bağlanan armatürler ve sonuçları şöyledir:

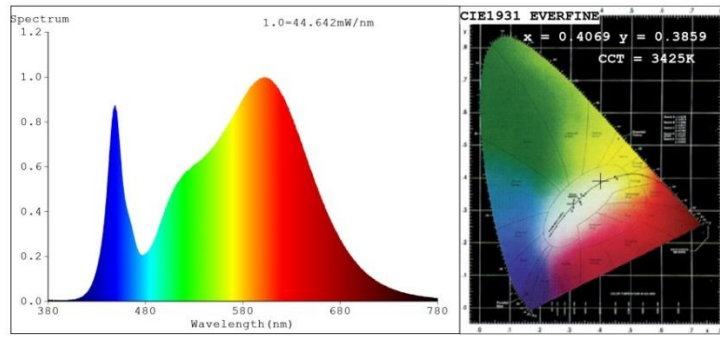


EVERFINE

YAPIM ELEKTRİK

1 Of 1

Spectrum Test Report



Color Parameters:

Chromaticity Coordinate: x=0.4069 y=0.3859/u'=0.2387 v'=0.5095
CCT=3425K(Duv=-0.0025) Dominant WL:Ld =582.3nm Purity=37.9%
Ratio:R=21.0% G=76.0% B=3.0%; Peak WL:Lp=602.2nm FWHM=147.8nm
Render Index:Ra=85.0 AvgR=79.7
R1 =84 R2 =91 R3 =96 R4 =85 R5 =84 R6 =88 R7 =86
R8 =66 R9 =18 R10=79 R11=85 R12=72 R13=86 R14=98 R15=78

Photo Parameters:

Flux = 2361 lm Eff. : 129.97 lm/W Fe = 7.301 W

Electrical parameters:

V = 219.85 V I = 0.09188 A P = 18.17 W PF = 0.8994

WHITE:ANSI_3500K

Status: Integral T = 310 ms Ip = 41119 (63%)

Model:57CM Samsung 3000-4000K
Tester:Savas Seckin
Temperature:25.3Deg
Manufacturer:Savas Seckin

Number:2042
Date:2021-02-22 11:28:13
Humidity:65.0%
Remarks:

Ölçüm 1:

1 adet 28 cm 3000K, 1 adet 28 cm 4000 K led bardan oluşan ışık kaynağının, çıplak haliyle ölçümü

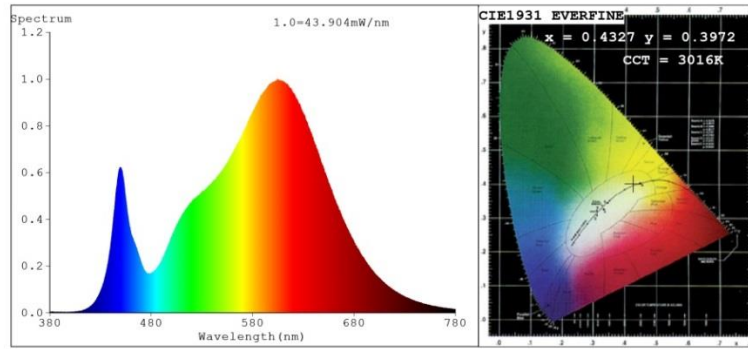


EVERFINE

YAPIM ELEKTRİK

1 Of 1

Spectrum Test Report



Color Parameters:

Chromaticity Coordinate: $x=0.4327$ $y=0.3972$ $u'=0.2508$ $v'=0.5180$
CCT=3016K (Duv=-0.0022) Dominant WL: $\lambda_d = 583.6\text{nm}$ Purity=49.1%
Ratio: R=23.2% G=74.3% B=2.5%; Peak WL: $\lambda_p = 604.2\text{nm}$ FWHM=134.7nm
Render Index: Ra=84.4 AvgR=79.3
R1 =83 R2 =92 R3 =97 R4 =83 R5 =84 R6 =90 R7 =84
R8 =63 R9 =17 R10=81 R11=83 R12=74 R13=85 R14=99 R15=77

Photo Parameters:

Flux = 2152 lm Eff. : 119.15 lm/W $P_e = 6.708\text{ W}$

Electrical parameters:

V = 219.86 V I = 0.09135 A P = 18.06 W PF = 0.8991
WHITE: ANSI_3000K

Status: Integral T = 310 ms $I_p = 40046$ (61%)

Model: 57CM Samsung 3000K AYNA REFNumber: 2043
Tester: Savas Seckin Date: 2021-02-22 11:40:28
Temperature: 25.3Deg Humidity: 65.0%
Manufacturer: Savas Seckin Remarks:

Ölçüm 2:
1 adet 56 cm 3000K, led bardan oluşan ışık kaynağının, “U” ayna reflektör içerisinde ölçümü

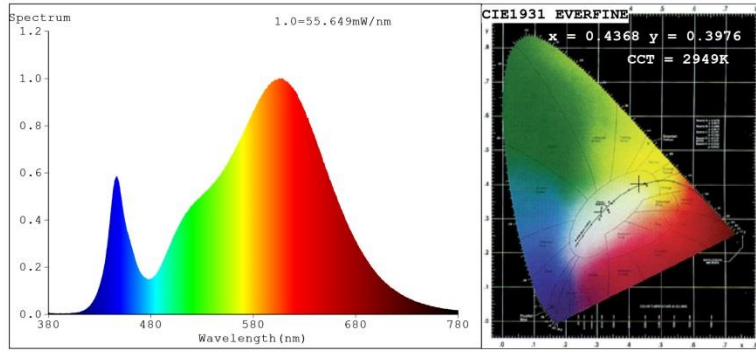


EVERFINE

YAPIM ELEKTRİK

1 Of 1

Spectrum Test Report



Color Parameters:

Chromaticity Coordinate: $x=0.4368$ $y=0.3976$ $u'=0.2533$ $v'=0.5188$
CCT=2949K (Duv=-0.0026) Dominant WL: $\lambda_d = 584.0\text{nm}$ Purity=50.4%
Ratio: R=23.5% G=74.2% B=2.3%; Peak WL: $\lambda_p = 605.5\text{nm}$ FWHM=131.8nm
Render Index: Ra=83.5 AvgR=78.4
R1 =82 R2 =91 R3 =96 R4 =82 R5 =82 R6 =88 R7 =84
R8 =62 R9 =15 R10=79 R11=82 R12=74 R13=84 R14=98 R15=76

Photo Parameters:

Flux = 2706 lm Eff. : 106.61 lm/W $\eta_e = 8.448$ W

Electrical parameters:

V = 219.86 V I = 0.1223 A P = 25.39 W PF = 0.9443

WHITE: ANSI_3000K

Status: Integral T = 310 ms $I_p = 36748$ (56%)

Model: 57CM Samsung 3000K PET REFNumber: 2044
Tester: Savas Seckin Date: 2021-02-22 11:54:25
Temperature: 25.3Deg Humidity: 65.0%
Manufacturer: Savas Seckin Remarks:

Ölçüm 3:
1 adet 84 cm 3000K, led bardan oluşan ışık kaynağının, “U” Pet reflektör
içerisinde ölçümü

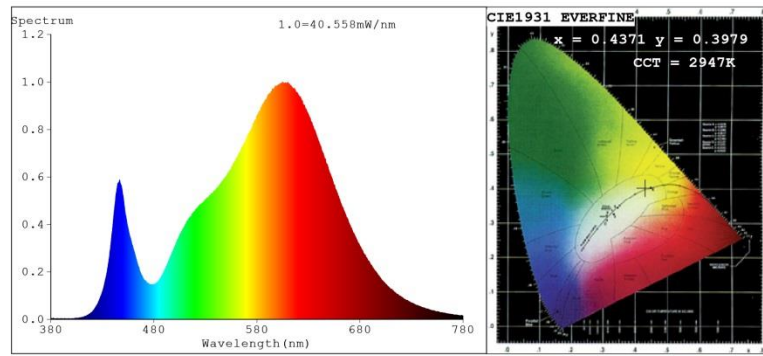


EVERFINE

YAPIM ELEKTRİK

1 Of 1

Spectrum Test Report



Color Parameters:

Chromaticity Coordinate: $x=0.4371$ $y=0.3979$ $u'=0.2534$ $v'=0.5189$
CCT=2947K (Duv=-0.0025) Dominant WL:Ld =584.0nm Purity=50.6%
Ratio:R=23.5% G=74.2% B=2.3%; Peak WL:Lp=604.8nm FWHM=131.2nm
Render Index:Ra=83.5 AvgR=78.4
R1 =82 R2 =91 R3 =96 R4 =82 R5 =82 R6 =88 R7 =84
R8 =62 R9 =15 R10=78 R11=82 R12=74 R13=84 R14=98 R15=76

Photo Parameters:

Flux = 1969 lm Eff. : 77.32 lm/W Fe = 6.145 W

Electrical parameters:

V = 219.88 V I = 0.1226 A P = 25.47 W PF = 0.9444

WHITE:ANSI_3000K

Status: Integral T = 310 ms Ip = 37059 (57%)

Model:57CM Samsung 3000K Ayna REF	Number:2044
Tester:Savas Seckin	Date:2021-02-22 11:47:50
Temperature:25.3Deg	Humidity:65.0%
Manufacturer:Savas Seckin	Remarks:

Ölçüm 4:

1 adet 84 cm 3000K, led bardan oluşan ışık kaynağının, “U” Ayna reflektör içerisinde, armatürün difüzör kapağı kapatılmış haliyle ölçümü

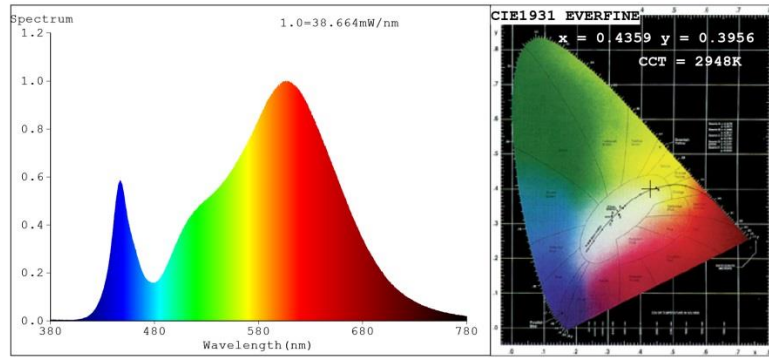


EVERFINE

YAPIM ELEKTRİK

1 Of 1

Spectrum Test Report



Color Parameters:

Chromaticity Coordinate: $x=0.4359$ $y=0.3956$ $u'=0.2536$ $v'=0.5178$
CCT=2948K (Duv=-0.0033) Dominant WL:Ld =584.3nm Purity=49.6%
Ratio:R=23.8% G=73.8% B=2.4%; Peak WL:Lp=606.1nm FWHM=136.4nm
Render Index:Ra=85.2 AvgR=80.6
R1 =84 R2 =92 R3 =97 R4 =84 R5 =85 R6 =90 R7 =84
R8 =65 R9 =22 R10=81 R11=85 R12=77 R13=86 R14=98 R15=78

Photo Parameters:

Flux = 1871 lm Eff. : 73.90 lm/W Fe = 5.966 W

Electrical parameters:

V = 219.86 V I = 0.1223 A P = 25.32 W PF = 0.9421

WHITE:ANSI_3000K

Status: Integral T = 600 ms Ip = 49281 (75%)

Model:57CM Samsung 3000K PET REF Number:2046
Tester:Savas Seckin Date:2021-02-22 11:58:50
Temperature:25.3Deg Humidity:65.0%
Manufacturer:Savas Seckin Remarks:

Ölçüm 5:

1 adet 84 cm 3000K, led bardan oluşan ışık kaynağının, “U” Pet reflektör içerisinde, armatürün difüzör kapağı kapatılmış haliyle ölçümü

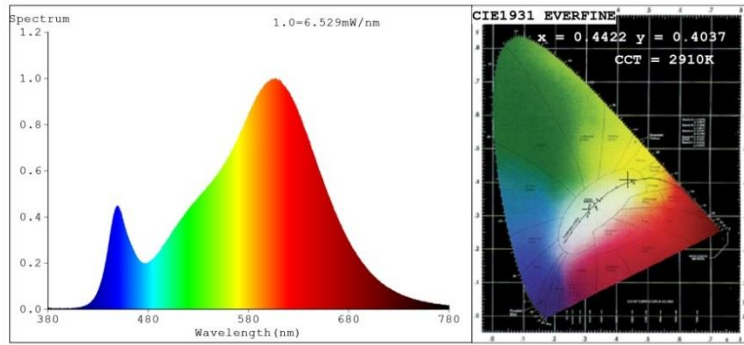


EVERFINE

YAPIM ELEKTRİK

1 Of 1

Spectrum Test Report



Color Parameters:

Chromaticity Coordinate: x=0.4422 y=0.4037/u'=0.2542 v'=0.5220
 CCT=2910K (Duv=-0.0008) Dominant WL:Ld =583.5nm Purity=53.9%
 Ratio:R=23.7% G=73.7% B=2.6%; Peak WL:Lp=606.5nm FWHM=125.5nm
 Render Index:Ra=83.5 AvgR=78.4
 R1 =82 R2 =92 R3 =96 R4 =82 R5 =83 R6 =90 R7 =83
 R8 =60 R9 =12 R10=81 R11=81 R12=76 R13=84 R14=99 R15=75

Photo Parameters:

Flux = 311.7 lm Eff. : 57.79 lm/W Fe = 964.1 mW

Electrical parameters:

V = 219.87 V I = 0.04025 A P = 5.394 W PF = 0.6095

WHITE:ANSI_3000K

Status: Integral T = 2042 ms Ip = 48317 (74%)

Model:GU10 SPOT 3000K
 Tester:Savas Seckin
 Temperature:25.3Deg
 Manufacturer:Savas Seckin

Number:2047
 Date:2021-02-22 12:07:04
 Humidity:65.0%
 Remarks:

Ölçüm 6:

1 adet 5W 3000K, GU10 duylu led ampul çıplak haliyle ölçümü

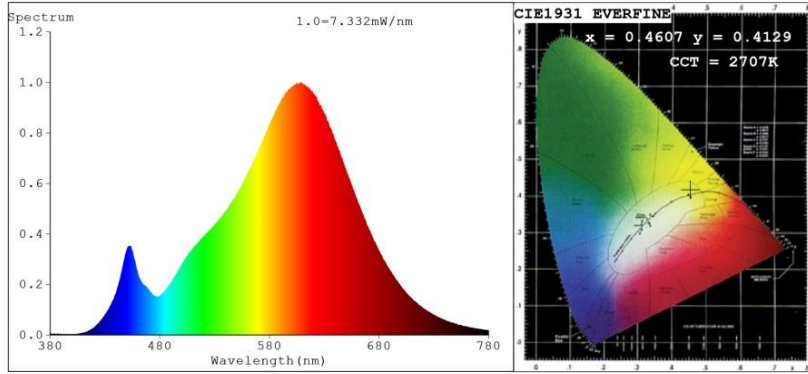


EVERFINE

YAPIM ELEKTRİK

1 Of 1

Spectrum Test Report



Color Parameters:

Chromaticity Coordinate: x=0.4607 y=0.4129 u'=0.2620 v'=0.5283
CCT=2707K (Duv=0.0008) Dominant WL:Ld =583.9nm Purity=62.2%
Ratio: R=25.0% G=72.8% B=2.2%; Peak WL:Lp=608.1nm FWHM=121.0nm
Render Index: Ra=82.6 AvgR=77.4
R1 =81 R2 =91 R3 =97 R4 =80 R5 =81 R6 =90 R7 =83
R8 =59 R9 =11 R10=80 R11=79 R12=75 R13=83 R14=99 R15=73

Photo Parameters:

Flux = 338.2 lm Eff. : 66.30 lm/W Fe = 1.059 W

Electrical parameters:

V = 219.86 V I = 0.04301 A P = 5.100 W PF = 0.5394

WHITE: ANSI_2700K

Status: Integral T = 2000 ms Ip = 52734 (80%)

Model: GU10 SPOT 2700K
Tester: Savas Seckin
Temperature: 25.3Deg
Manufacturer: Savas Seckin

Number: 2048
Date: 2021-02-22 12:09:36
Humidity: 65.0%
Remarks:

Ölçüm 7:

1 adet 4,8W 2700K, GU10 duylu led ampul çıplak haliyle ölçümü

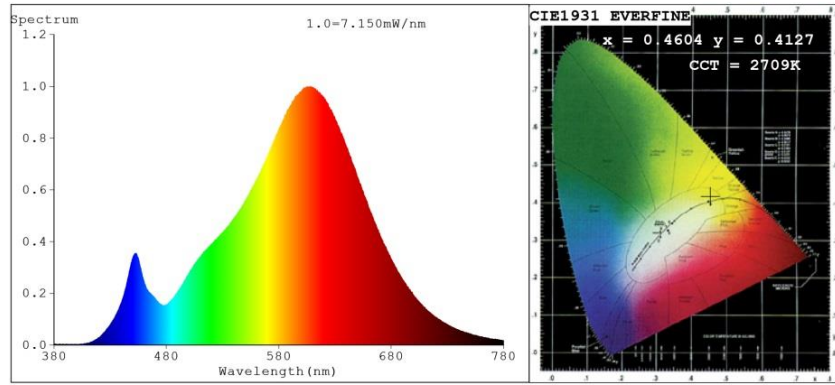


EVERFINE

YAPIM ELEKTRİK

1 Of 1

Spectrum Test Report



Color Parameters:

Chromaticity Coordinate: $x=0.4604$ $y=0.4127$ $u'=0.2619$ $v'=0.5282$
CCT=2709K (Duv=0.0007) Dominant WL: $\lambda_d = 583.9\text{nm}$ Purity=62.1%
Ratio: R=24.9% G=72.9% B=2.2%; Peak WL: $\lambda_p = 608.1\text{nm}$ FWHM=121.4nm
Render Index: Ra=82.5 AvgR=77.3
R1 =81 R2 =91 R3 =97 R4 =80 R5 =81 R6 =90 R7 =83
R8 =59 R9 =10 R10=80 R11=79 R12=75 R13=83 R14=99 R15=73

Photo Parameters:

Flux = 330.5 lm Eff. : 64.00 lm/W $\Phi_e = 1.035\text{ W}$

Electrical parameters:

V = 219.87 V I = 0.04308 A P = 5.164 W PF = 0.5452

WHITE:ANSI_2700K

Status: Integral T = 2000 ms $I_p = 51729$ (79%)

Model:GU10 SPOT 2700K KASALI
Tester:Savas Seckin
Temperature:25.3Deg
Manufacturer:Savas Seckin

Number:2049
Date:2021-02-22 12:11:59
Humidity:65.0%
Remarks:

Ölçüm 8:

1 adet 4,8W 2700K, GU10 duylu led ampul, beyaz boyalı kasa içerisindeki ölçümü

8.4.1.2 L xmetre İle  l m

Lux; 1 metre yarıçaplı bir kürenin merkezinde bulunan 1 candela şiddetindeki ışık kaynağının, 1 metrekarelik küre yüzeyinde oluşturduğu aydınlanma şiddetidir.

Ters kare kanunu, belirli bir fiziksel büyüklüğün miktarı veya şiddeti o fiziksel büyüklüğün kaynağından uzaklığının karesiyle ters orantılı olduğunu belirten bir fiziksel kanundur. Tüm yönlerde sınırlandırılmadan ve eşit etki gösteren herhangi bir noktasal kaynak ters kare kanununa uyar. Aydınlatma armat rlerinden elde ettiğimiz lümen cinsinden ışık enerjisi, armatürden uzaklaştıkça ters kare kanununa uyarak uzaklığın karesi oranında düşer.  l mlerimizde l xmetre ile kıyaslama olması anlamında yapmış olduğumuz  l mleride aşağıdaki resimlerimizde göreceksiniz.



şekil 8.21: L xmetre

İlerleyen bölümlerde l xmetre ile ölümleri yapmış olduğumuz lineer armatür için yukarıda resmini gördüğünüz Tenmars marka TM-201L modeli ile  l mlerimiz yapılmıştır. Ölüm yapacağımız cihaz TM-201, 200 ~ 200.000 Lüks arasında ölüm aralığına sahip, profesyonel bir dijital ışık  l erdir. Ölüm cihazı, maksimum veri tutma ve sıfır ayarı özelliklerine sahiptir. 1.5m esnek sensör kablosu içerir.

L xmetreler esasen, saha ölümleri yapmaktadır. Fakat aşağıdaki şekilde lineer armatür üzerinden alacağımız, difüzör kapaklı, difüzör kapaksız  l  oranı bizedif z r n geçirgenlik oranını verebilecektir.



Şekil 8.22: Lüksmetre ile ölçüm

Örnek lüksmetre ölçümlerimiz, bize ürettiğimiz ışık gücünü, homojenlik ve güzel bir görüntü için kaybettiğimizi belgelemektedir. Kaybetmiş olduğumuz bu ışık gücü; (yani $906 \text{ lüks} / 1550 \text{ lüks} = 0,585 \times 100 = \%58,5$) aynı zamanda kullanmış olduğumuz difüzörümüzün geçirgenlik oranını da bize vermektedir. Geçirgenliği yüksek olan difüzörler bize, görmek istemediğimiz ışık kaynağının hatları gösterirken, geçirgenliği düşük olan difüzörler de istediğimiz görüntüyü bize sağlarken, ciddi bir enerji kaybına yol açmaktadır.

Armatür dizayn ederken, esasımız hep azami verimlilik sağlamak olmalıdır. İstediğimiz görüntüleri yüksek verimlilikle elde etmek, özellikle yan bileşenleri ve ana ışık kaynağımızı birbirileri ile uyumlu ve optimum birleştirmekte olabilmektedir.

8.4.2 Yapılan Deneyler Analiz Ve Değerlendirmeleri

Yukarıdaki ölçümlerimizi bir tablo haline dönüştürüp değerlendirmelerimiz yaptığımızda, aşağıdaki sonuçlara varırız.

Ölçümler	Açıklamalar	Renk (K) Katalog	Renk (K) Çıkan	Harcanan Güç (W)	Üretilen Işık (lm)	Verimlilik (lm/W)	Değerlendirme Oranları			
	Samsung 2835 Led Katalog değeri					145		%		%
1	LedBar PCB	3000 + 4000	3425	18,17	2361	129,94	1	0,90		
2	Ayna Reflektör	3000	3016	18,06	2152	119,16	2	0,92		
3	Pet Reflektör	3000	2949	25,39	2706	106,58	3	1,12		
4	Ayna Reflektör + Difüzör	3000	2947	25,47	1969	77,31	4	0,59	6	0,65
5	Pet Reflektör + Difüzör	3000	2948	25,32	1871	73,89	5	0,51	6	0,69
6	5W 3000K Led Ampul	3000	2910	5,394	311,7	57,79	7	1,08	9	1000
7	4,8W 2700K Led Ampul	2700	2707	5,1	338,2	66,31	7	1,06	10	0,46
8	4,8W 2700K Led Ampul + Kasa	2700	2709	5,164	330,5	64,00	8	1,15		

Analiz Ve Değerlendirmeler:

- 1 Led enerji verilip, aydınlatma aygıtı haline dönerken %10 değer kaybetmeştir.
- 2 Yansıtıcı ayna reflektör içerisine yerleştirilmiş led bar, %8 ışık gücü kaybına uğramıştır.
- 3 Ayna reflektör, Pet reflöktörden %11, daha verimlidir.
- 4 Ürettiğimiz ışık enerjisinin %40, armatür dizaynında boşa harcanmıştır.
- 5 Led üreticilerinin, sundukları ışık gücünün %50, armatür dizaynında boşa gitmektedir.
- 6 Kullandığımız difüzörler, %65 ve %70 geçirgenliktedir.
- 7 Piyasadaki led ampullerin reel tüketimleri, katalog değerlerinden %6-7 daha fazladır.
- 8 2700K led ampül, 3000K led ampülden, tahmin edilenin aksine %14 daha fazla verimlidir.
- 9 5 Watt'lık led ampüller, eski 50 Watt'lık akkor lambalardan 10 kat daha verimlidir.
- 10 Ortalama bir led ampül üretilirken, ortalama bir ledin %55 gücü, ampül dizaynında yok olmaktadır.

Sonuç olarak; ihtiyacımız olan ışığı, azami verimlilikle, dünyamızın varlık değerlerine saygı ve maddiyat çerçevesinde değerlendirerek, optimum malzemeyi kullanmak projemizin temel esasıdır.

KAYNAKLAR

- Biology.** (2016, Mayıs 27). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Figure_36_05_06.jpg. adresinden alınmıştır
- Industrial Electronics (ISIE),** 2010 IEEE International Symposium on. (2010)., (s. https://www.researchgate.net/publication/224195791_3D_laser_scanning_vision_system_for_autonomous_robot_navigation).
- “Eye Contact” by Ann Davis.** (2019, Nisan 9). <https://www.fictionalcafe.com/eye-contact-by-ann-davis/>. adresinden alınmıştır
- Adaptation (eye).** (2020, Aralık 7). [https://en.wikipedia.org/wiki/Adaptation_\(eye\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Adaptation_(eye)). adresinden alınmıştır
- Additive color.** (2007, Kasım 6). https://en.wikipedia.org/wiki/Additive_color#/media/File:RGB_illumination.jpg. adresinden alınmıştır
- Ahn, B.-L., Jang, C.-Y., Leigh, S.-B., Yoo, S., & Jeong, H.** (2014). Effect of LED lighting on the cooling and heating loads in office buildings. *Applied Energy*, 1484-1489.
- Alexandrov, O.** (2007, temmuz 1). https://en.wikipedia.org/wiki/Complex_conjugate#/media/File:Complex_conjugate_picture.svg. adresinden alınmıştır
- Almeco.** (2020). Almeco Katalog. Almeco. içinde
- Associates, S.** (2011). <http://sites.sinauer.com/animalcommunication2e/chapter05.02.html>. adresinden alınmıştır
- Attribution, C. C.** (2020, Aralık 9). https://en.wikipedia.org/wiki/Diffuse_reflection. adresinden alınmıştır
- Baş, L.** (2011). <https://www.lokmanbas.net/merak-edilenler/ates-bocekleri-nasil-isik-yayar>. adresinden alınmıştır
- beta, E.** (2020). <https://www.embibe.com/study/polarization-by-refraction-concept>. adresinden alınmıştır
- Cantisani, G., D'Andrea, A., & Moretti, L.** (2018). Natural lighting of road pre-tunnels: A methodology to assess the luminance on the pavement – Part I. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 37-47.
- Cantisani, G., D'Andrea, A., & Moretti, L.** (2018, Mart). Natural lighting of road pre-tunnels: A methodology to assess the luminance on the pavement – Part II. *Tunneling and Underground Space*, 170-178.
- Cheprasov, A.** (2015, ocak 27). <https://study.com/academy/lesson/calculations-with-wiens-law-the-stefan-boltzmann-law.html>. adresinden alınmıştır
- Classroom, T. P.** (2020). <https://www.physicsclassroom.com/class/refrn/Lesson-4/Dispersion-of-Light-by-Prisms>. adresinden alınmıştır
- Classroom, T. P.** (2020). <https://www.physicsclassroom.com/class/refrn/Lesson-4/Dispersion-of-Light-by-Prisms>. adresinden alınmıştır

- Co.Ltd, S. L.** (2014). https://www.alibaba.com/product-detail/Aluminum-profile-led-linear-trunking-lighting_60122764607.html. adresinden alınmıştır
- Cobrahead Armatürler.** (tarih yok). <http://www.kbrhorse.net/streetlights/glossary02.html>. adresinden alınmıştır
- Color temprature.** (2016, Şubat 2). <https://usa.flos.com/blog/led-answers-color-temperature>. adresinden alınmıştır
- color theory.** (2013, Eylül 9). <https://alexandrpev.wordpress.com/2013/09/09/20/>. adresinden alınmıştır
- CORPORATION, C. C.** (2020). https://en.wikipedia.org/wiki/Neon_lamp#/media/File:AC_powered_NE-2_type_neon_lamp_close-up.jpg. adresinden alınmıştır
- Dali Series.** (2019). <https://www.sunricher.com/dali-series.html>. adresinden alınmıştır
- Dal-uk.** (2019). <https://www.dal-uk.com/products/small-aperture/quinta-c100-round-fixed>. adresinden alınmıştır
- Das, N., Pal, N., & Pradip, S.** (2015). Economic cost analysis of LED over HPS flood lights for an efficient exterior lighting design using solar PV. *Building and Environment*, 380-392.
- Davidson, M. W.** (2018, Eylül 11). <https://micro.magnet.fsu.edu/primer/lightandcolor/fluoroexcitation.html>. adresinden alınmıştır
- Deaton, A.** (2020, Ocak 15). <https://www.srainternational.org/blogs/srai-news/2020/01/15/view-from-the-top-time-for-reflection-and-inspirat>. adresinden alınmıştır
- Delmarfans.** (2020). <https://www.delmarfans.com/educate/recessed-lighting-guide/>. adresinden alınmıştır
- Diamond Bell Press Dim.** (2012). <https://www.crabtreeonline.co.za/products/diamond-bell-press-with-dim-symbol>. adresinden alınmıştır
- Diffmuser wide Pmma.** (2021). <https://greenice.com/en/diffusers-profiles-pro/9242-diffuser-wide-pmma-frosted-profile-solis-iledo-inso-2-02m-8435584008814.html>. adresinden alınmıştır
- diffuser sheet.** (2020). <https://www.yongtek.com/double-matte-diffuser-11p.html>. adresinden alınmıştır
- Energy-saving In More Ways Than One.** (2018, şubat 13). <http://www.light.fi/blog/tag/daylight-harvesting/>. adresinden alınmıştır
- Etsy.** (2020, Eylül 2). <https://www.etsy.com/sg-en/listing/732876979/rainbow-over-lake-counted-cross-stitch>. adresinden alınmıştır
- Factors Affecting Plant Growth.** (2020). https://lah.elearningontario.ca/CMS/public/exported_courses/SBI3U/exported/SBI3UU02/SBI3UU02/SBI3UU02A01/_ld2.html. adresinden alınmıştır
- freepik.** (2018). https://www.freepik.com/premium-vector/neon-lamp-white-yellow_3723233.htm. adresinden alınmıştır
- Fuada, S., Adiono, T., Putr, A. P., & Aska, Y.** (2018). LED driver design for indoor lighting and low-rate datatransmission purpose. *Elsevier*, 847-856.
- Ganslandt, R., & Hofmann, H.** (1992). *Handbook of Lighting Design*. Wiesbaden: Bertelsmann International Group.

- Gietler, S.** (2018). <https://www.uwphotographyguide.com/underwater-photography-snell039s-window>. adresinden alınmıştır
- Griffith, M.** (2019, Eylül 4). *The Historical Evolution of Lighting*. Stouch Lighting Led Lighting Solution: <https://www.stouchlighting.com/blog/the-historical-evolution-of-lighting> adresinden alınmıştır
- Guo, T.** (2017, Temmuz). https://www.researchgate.net/figure/Multiple-reflections-in-a-thin-film_fig3_318646800. adresinden alınmıştır
- Güler, Ö.** (2016). *Fotometrik büyüklükler, ölçümler ve lambalar*. Doç. Dr. Önder Güler. Haziran 15, 2019 tarihinde Docplayer: <https://docplayer.biz.tr/1581144-Fotometrik-buyuklukler-olcumler-ve-lambalar-doc-dr-onder-guler.html> adresinden alındı
- Hammond, P.** (2018). P. Hammond içinde, *BHA School of Lighting : C2019 Module 2 : Production Of Light*.
- Hammond, P.** (2018). *BHA School of Lighting Materials*.
- HELP, I. B.** (2020). <http://ibbiologyhelp.com/OptionA/A3perceptionofstimuli.html>. adresinden alınmıştır
- Hermann, J.** (2011, Eylül 20). *Ultimate Light Bulb Test: Incandescent vs. Compact Fluorescent vs. LED*. <https://www.popularmechanics.com/technology/gadgets/reviews/g164/incandescent-vs-compact-fluorescent-vs-led-ultimate-light-bulb-test/>. adresinden alınmıştır
- How does DMX work?** (2017). <https://www.xledlighting.co.uk/led-technology/how-does-dmx-work/>. adresinden alınmıştır
- <https://opentextbc.ca/psychologyopenstax/chapter/waves-and-wavelengths/>. (tarih yok).
- <https://wavelength-oe.com/blog/what-is-a-spectrometer/>. (2020, Nisan 29).
- <https://www.baumer.com/us/en/service-support/technology-highlights/polarization/a/Polarization>. (2020).
- <https://www.gigahertz-optik.de/en-us/basics-light-measurement/light-color/reflection-trans-abs/>. (2020).
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542177/figure/article-36719.image.f1/>. (tarih yok).
- https://www.researchgate.net/figure/The-electromagnetic-spectrum-showing-the-regions-of-interest-in-the-context-of_fig1_288899855. (2020). https://www.researchgate.net/figure/The-electromagnetic-spectrum-showing-the-regions-of-interest-in-the-context-of_fig1_288899855. adresinden alınmıştır
- <https://www.sciencelearn.org.nz/images/37-the-visible-spectrum>. (tarih yok).
- <https://www.wsj.com/articles/long-live-the-incandescent-bulb-11567810793>. (2019, eylül 6).
- Hyperphysics.** (2020). <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/wien.html>. adresinden alınmıştır
- Ibanez, C. A., Zafre, J. C., & Sacht, H. M.** (2017). Natural and Artificial Lighting Analysis in a Classroom of Technical Drawing: Measurements and HDR Images Use. *Procedia Engineering*, 964-971.
- Inc., F. H.** (2020). <https://fishermansheadquarters.com/cyalume-premium-chemical-luminescent-glow-light-sticks/>. adresinden alınmıştır
- Infrared Photometry.** (2020). https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073_infrared_astronomy/ch05.scorml. adresinden alınmıştır

- Instruments, W. P.** (2020). <https://www.wpiinc.com/blog/post/ca-sup-2-sup-detection-in-muscle-tissue-using-fluorescence-spectroscopy>. adresinden alınmıştır
- Insurance, R.** (2018, Aralık 17). <https://www.ripeinsurance.co.uk/photography/the-edit/how-to-use-a-polarising-filter/>. adresinden alınmıştır
- Introduction to Prisms and Beamsplitters.** (2018, mart 4). <https://www.olympus-lifescience.com/fr/microscope-resource/primer/lightandcolor/prismsandbeamsplitters/>. adresinden alınmıştır
- Javalab.** (2020). https://javalab.org/en/multiple_reflections_en/. adresinden alınmıştır
- Jr., J. O.** (2019). <https://www.paintingframesplus.com/painting-frames-plus-website-colors.php>. adresinden alınmıştır
- Kadaled.** (2016). *60x60 led panel*. <http://www.kadaled.com/led-panel-light-pl-c.html>. adresinden alınmıştır
- Kelleher, N.** (2019, Ocak 19). <https://englishalphabetcode.com/2019/01/19/clue-blue-navy/>. adresinden alınmıştır
- Khan, H.** (2015, mart 23). <https://www.miniphysics.com/total-internal-reflection-2.html>. adresinden alınmıştır
- KINSMAN, T. M.** (2020). <https://www.sciencesource.com/archive/Triboluminescence-SS2376372.html>. adresinden alınmıştır
- Klus, H.** (2020, ocak 1). <http://www.thestargarden.co.uk/Reflection-refraction-and-diffraction.html>. adresinden alınmıştır
- Know How.** (2020). <https://www.xal.com/en/know-how/cri-colour-rendering-index/>. adresinden alınmıştır
- KNX Series.** (2019). <https://www.sunricher.com/knx-series.html>. adresinden alınmıştır
- Lah, M. T., Zupancic, B., Peternelj, J., & Krainer, A.** (2006). Daylight illuminance control with fuzzy logic. *Solar Energy*, 307-321.
- Landrie, C.** (2020, Ağustos). <https://tr.pinterest.com/pin/344736546446916406/>. adresinden alınmıştır
- Ledil.** (2018). *Ledil Lens*. <https://www.ledil.com/product-landing/single-lenses/>. adresinden alınmıştır
- Ledil.** (2018). *Ledil reflector*. <https://www.ledil.com/product-landing/>. adresinden alınmıştır
- Ledil.** (2019). *Ledil katalog*. içinde ledil.
- Light Fixture (Luminaire) Components.** (2020, Mart 1). <https://www.archtoolbox.com/materials-systems/electrical/lightfixturecomponents.html>. adresinden alınmıştır
- Light Fixture (Luminaire) Types.** (2020, Mart 1). <https://www.archtoolbox.com/materials-systems/electrical/lightfixtures.html>. adresinden alınmıştır
- Light, Color & Human Vision.** (2013). https://www.wyofoto.com/light_dolor_vision.htm. adresinden alınmıştır
- Lighting Controls and Connectivity DSI components.** (2020, kasım). https://www.tridonic.com/com/en/download/data_sheets/DS_DSI-VT_en.pdf. adresinden alınmıştır
- Lighting Education.** (2020). <https://www.westinghouselighting.com/lighting-education/color-rendering-index-cri.aspx>. adresinden alınmıştır

- lighting, O.** (2020, 08 04). 12 10, 2020 tarihinde <https://www.once.lighting/visible-light-spectrum/>. adresinden alındı
- LLC7220 Dynadimmer SELV.** (2015, eylül 9). https://www.lighting.philips.com.eg/prof/lighting-controls/outdoor-stand-alone/dynadimmer/913700338503_EU/product. adresinden alınmıştır
- Lumitronix.** (2020). *Lumitronix Ledil Barbara*. https://www.lumitronix.com/en_gb/ledil-barbara-70mm-cob-reflector-9-22-optimized-for-nichia-cree-etc-60306.html. adresinden alınmıştır
- Ma Yunpeng, Z. Q.** (2015). Thermal analysis of high power LED light. *1School of Aeronautic Science and Engineering, Beihang University, Beijing, 100191, China* (s. 2160,2161,2162,2163). Beijing: International Industrial Informatics and Computer Engineering Conference.
- Maachi, I. N., Mokhtari, A., & Slimani, M. E.-A.** (2019). The natural lighting for energy saving and visual comfort in collective housing: A case study in the Algerian building context. *Journal of Building Engineering*(24).
- Making a Powerful Generator From a Blender Motor DIY.** (2020). <https://www.instructables.com/Making-a-Powerful-Generator-From-a-Blender-Motor-D/>. adresinden alınmıştır
- McPet .** (2019). <http://mcpet.co.uk/about-mcpet/>. adresinden alınmıştır
- Mikrodalga Teknikleri Konferansı (COMITE)** 2017. (2017)., (s. <https://www.semanticscholar.org/paper/Retroreflective-optical-communication-Janik-Nov%C3%A1k/1596c6ebb0bf5f2d672198b9988da7f5e0d4de7b/figure/>).
- Mohandas, P., Dhanaraj, J. S., & Gao, X.-Z.** (2019). Artificial Neural Network based Smart and Energy Efficient Street Lighting System: A Case Study for Residential area in Hosur. *Sustainable Cities and Society*(48).
- Nkfu.** (2020, ağustos 22). <https://www.nkfu.com/fosforesans-nedir-nasil-bir-surectir-ozellikleri-nelerdir/>. adresinden alınmıştır
- O'MALLEY, A.** (2010, Ocak 21). <http://technoetc.net/blog/2010/01/21/its-all-about-content/>. adresinden alınmıştır
- Oromaner, M.** (2013, Eylül 12). https://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/ciencia_consciousuniverse336.htm. adresinden alınmıştır
- Özkaya, M., & Tüfekçi, T.** (2011). *Aydınlatma Tekniği*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Patrick, M. H.** (2013). *The nature of the the object:.* https://www.wyofoto.com/light_dolor_vision.htm. adresinden alınmıştır
- Planckian locus.** (2020, Ekim 20). https://en.wikipedia.org/wiki/Planckian_locus. adresinden alınmıştır
- Rose M.Spielman, K. D.** (2020). <https://opentextbc.ca/psychologyopenstax/chapter/waves-and-wavelengths/>. adresinden alınmıştır
- Ross, D.** (2002, Haziran 22). *William Murdoch*. Wikipedia The Free Encyclopedia: https://en.wikipedia.org/wiki/William_Murdoch adresinden alınmıştır
- Rotary 1-10 V Led Dimmer.** (2019). <https://www.sunricher.com/rotary-0-10v-led-dimmer-switch-sr-2202-1-10v.html>. adresinden alınmıştır
- Rüdiger Ganslandt, H. H.** (1982). *Erco Handbook of Lighting Design*. ERCO Leuchten GmbH.
- (1992). H. H. Rüdiger Ganslandt içinde, *Handbook of Lighting Design*. Rüdiger Ganslandt, H. H. (1992). *Handbook of Lighting Design*.

- Sella, A.** (2018, Kasım 4). *Opinion*. Haziran 8, 2019 tarihinde Chemistry World: <https://www.chemistryworld.com/opinion/argands-lamp/3009536.article> adresinden alındı
- Sir Isaac Newton's Influence on the Color Wheel.** (2020). <https://munsell.com/color-blog/sir-isaac-newton-color-wheel/>. adresinden alınmıştır
- Strano, L.** (2020). [https://ar.pinterest.com/pin/179369997629085140/?amp_client_id=CLIENT_ID\(&mweb_unauth_id={{default.session}}&simplified=true](https://ar.pinterest.com/pin/179369997629085140/?amp_client_id=CLIENT_ID(&mweb_unauth_id={{default.session}}&simplified=true). adresinden alınmıştır
- Subtractive and Additive colour Models.** (2014, Mayıs 14). <https://mooig.files.wordpress.com/2014/05/spiritualism-colors-additive-subtractive-mixing.jpg>. adresinden alınmıştır
- The $v(\lambda)$ Curve.** (2020). http://new-learn.info/packages/mulcom/comfort/visual/vision/v_lambda.html. adresinden alınmıştır
- ThoughtCo.** (2019, Mart 18). <https://www.thoughtco.com/are-glow-sticks-endothemic-or-exothermic-604044>. adresinden alınmıştır
- Toy, Ö. F.** (2015). *LED Tabanlı Yol Aydınlatma Armatürleri için Optik Tasarım*. Fizik Mühendisliği. Ankara: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Traders, A. S.** (2020). <https://www.australiansheettraders.com.au/lighting-diffusers>. adresinden alınmıştır
- Universe, P.** (2007). <https://www.plasma-universe.com/electric-glow-discharge/>. adresinden alınmıştır
- Universe, P.** (2007). <https://www.plasma-universe.com/electric-glow-discharge/>. adresinden alınmıştır
- W. Choi, M. K.** (2015). Published in Scientific reports 2015. <https://www.semanticscholar.org/paper/Preferential-coupling-of-an-incident-wave-to-of-Choi-Kim/24e1bfa359d9885354be1c3a33edcc4fc17539f1>, (s. <https://www.semanticscholar.org/paper/Preferential-coupling-of-an-incident-wave-to-of-Choi-Kim/24e1bfa359d9885354be1c3a33edcc4fc17539f1/figure/1>).
- waves and electromagnetic spectrum.** (2020). <https://slideplayer.com/slide/8327943/>. adresinden alınmıştır
- What is the difference between Warm White and Cool White?** (2017, Mayıs 29). <https://www.renovatorstore.com.au/blog/led-lights-what-is-the-difference-between-warm-white-and-cool-white/>. adresinden alınmıştır
- Wikimedia.** (2019, Haziran 2). https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/11/Photometer_devised_by_Beer.jpg. adresinden alınmıştır
- Wikipedia.** (2020, Aralık 3). https://tr.wikipedia.org/wiki/Beer-Lambert_yasas%C4%B1. adresinden alınmıştır
- Wiring Diagrams.** (2020). <http://88light.com/?route=wd11>. adresinden alınmıştır
- Yacine, S. M., Nouredine, Z., Piga, B. E., Morello, E., & Safa, D.** (2017). Developing neural networks to investigate relationships between lighting quality and lighting glare indices. *Energy Procedia*, 799-804.
- Yeh, S.-C.** (2019). High performance natural lighting system combined with SPSC. *Renewable Energy*, 226-232.
- Zumtobel.** (2018). *The Lighting Handbook*. Durnbirn: Zumtobel Lighting GmbH.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

İsim Soyisim : Savaş SEÇKİN

EĞİTİM BİLGİLERİ

Yüksel Lisans	İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Makine Mühendisliği (Tezli)	2018 -
Lisan Eğitimleri	Trakya Üniversitesi, Makine Mühendisliği – Tamamlama Eğitimi	2020 -
	Güney Afrika BHA Aydınlatma Okulu, Aydınlatma Müh. Lisans Diploma Program	2020 -
	İst. Marmara Üni., Teknik Eğitim Fak., Makine Öğretmenliği (Tasarım Ve Konstr.)	1992 - 1996
Lise	Malatya 2.Tek. Ve End.Mes.Lis. – Mak. Res.	1988 - 1991

İŞ TECRÜBELERİ

SonLed – SonReklam	Genel Müdür, Yönetim Kurulu Başkanı	2006 -
Akgün Reklam	İmalat Müdürü, Genel Müdür Yardımcısı	2002 - 2006
Şesan Otomotiv	İmalat Ve Planlama Müdürü	2000 - 2002
Bakaç Reklam	Proje Müdürü, İmalat Müdür Yardımcısı	1998 - 2000
Tansal Elektrik	Proje Birim Yöneticisi	1995 - 1997

