



ERGONOMI

7.Hafta

AYDINLATMA

1. Genel kavramlar
2. Göz Anatomisi Ve Fizyolojisi
3. Işık Kaynakları
4. Aydınlatma Çeşitleri
5. Aydınlatma ve Yorgunluk

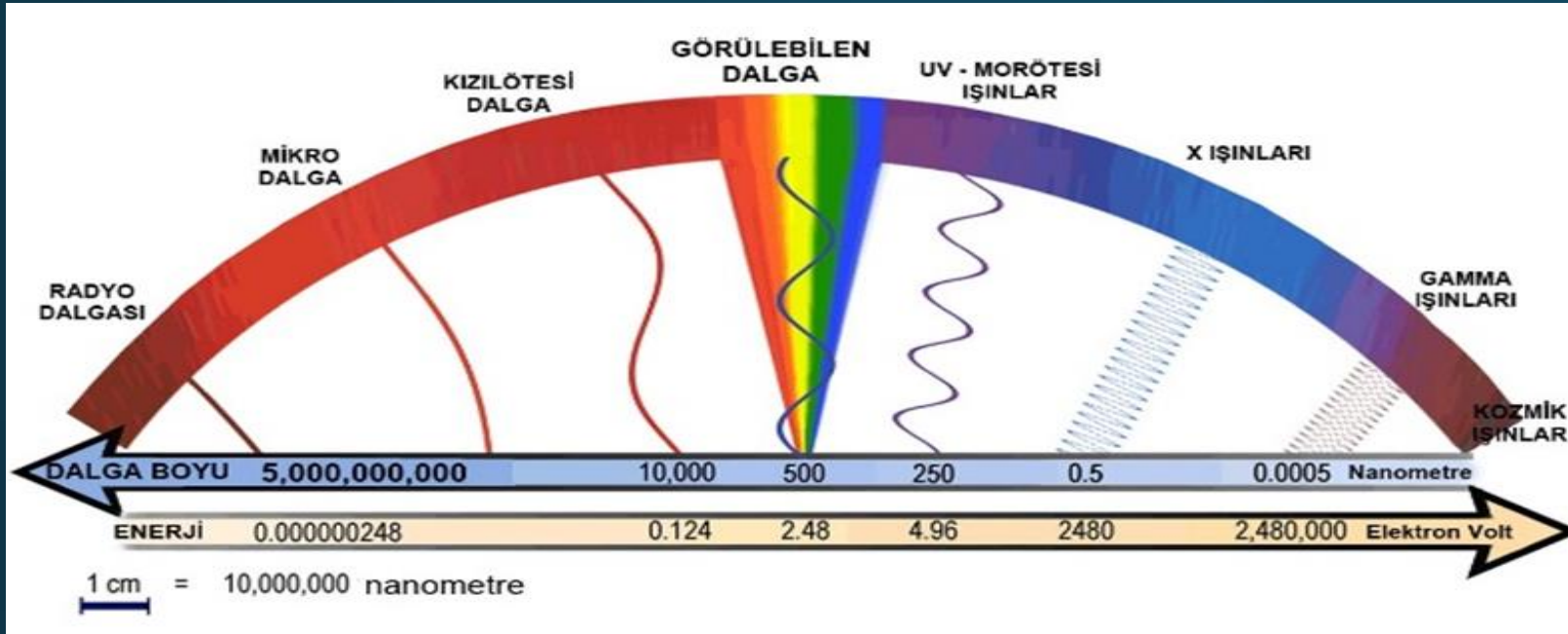
AYDINLATMA

Bir ortamı ve içerisindeki nesnelere istenilen ölçütlerde görsel algılamaya uygun kılacak şekilde tasarlanmış ışık uygulamaları aydınlatma olarak tanımlanır. İdeal çalışma ortamının sağlanması için, kişilerin performansı ve verimliliğini etkileyen tüm çevre koşullarının kontrolü zorunludur.

Bu koşullar arasında ışık ve aydınlatma, çalışanların çabuk, doğru, rahat ve güvenli görmesi açısından önem taşır. Işık ve aydınlatma, çevrenin objektif ve fiziksel durumunu ortaya koymaktadır, ancak görme kişiye bağlı fizyolojik ve psikolojik bir olaydır. Uygun bir aydınlatma, görmedeki çabukluk ve doğruluk ile bir yandan zaman kazancı sağlarken, yetersiz aydınlatma ise verim azalması yanında çalışanın psikolojik ve fiziksel sağlığı üzerinde kötü sonuçlara neden olabilmektedir.

Bir çalışma ortamında uygun aydınlatma koşullarının sağlanabilmesi için kullanılan ışık, elektromanyetik spektrumun insan gözü tarafından algılanabilen aralığı olarak tanımlanmaktadır. Bu dalga boyu aralığına görünür ışık da denmektedir. Aralığın sınırları tam olarak belirlenmemiş olmakla birlikte, ortalama bir insan, 400 ile 700 nm arasındaki dalga boylarını algılayabilmektedir.

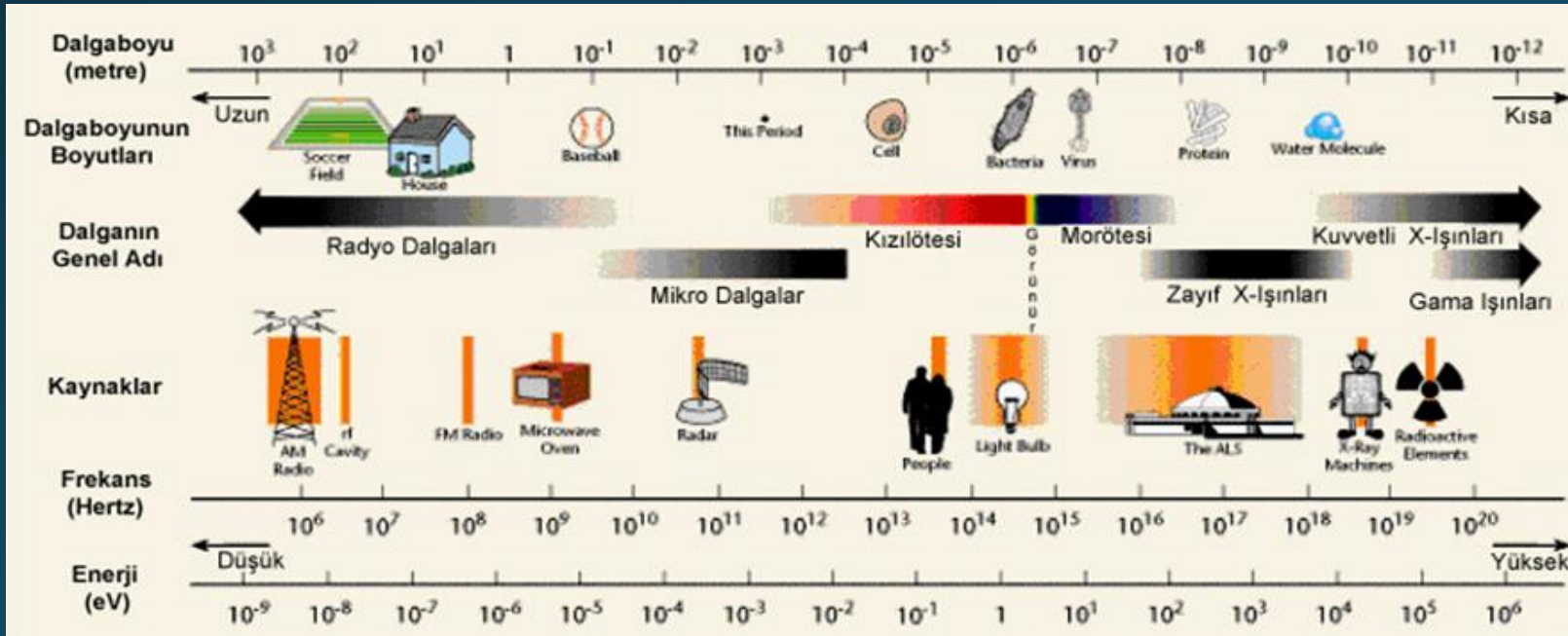
Genel Kavramlar



Elektromanyetik spektrum veya elektromanyetik tayf (EMS),

"evrenin herhangi bir yerinde fizik kurallarınca mümkün kılınan tüm

elektromanyetik radyasyonu ve farklı ışınım türlerinin dalga boyları veya frekanslarına göre bu tayftaki rölatif yerlerini" ifade eden kavramdır.



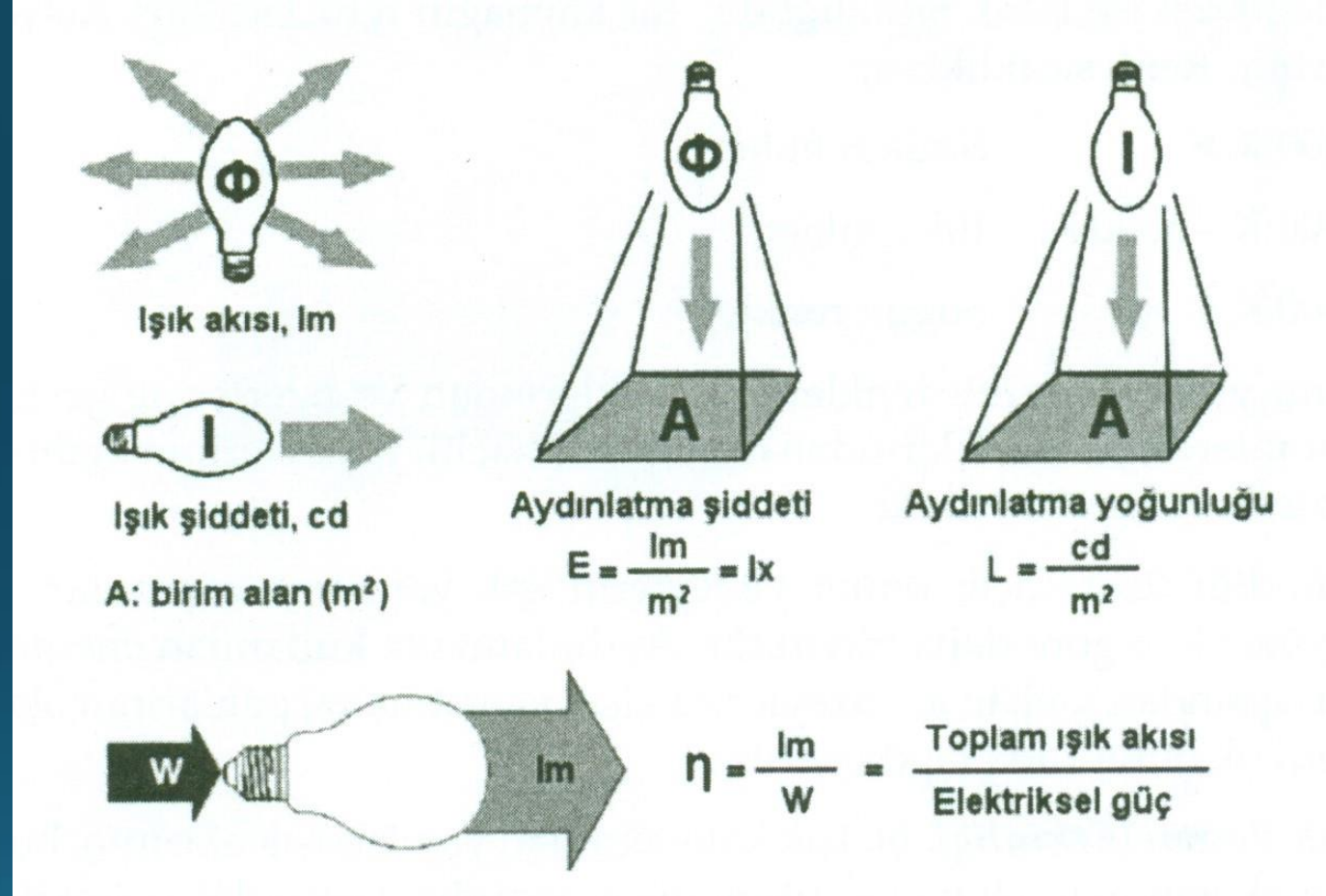
Işık Akısı (Φ): bir ışık kaynağının her doğrultuda verdiği toplam ışık miktarıdır. Birimi **Lümen (lm)**'dir. Işık kaynağına verilen elektrik enerjisinin, ışık enerjisine dönüşen kısmıdır ve Işık Gücü olarak da adlandırılır.

Işık Şiddeti (I): Işık akışının belirli doğrultudaki yoğunluğudur. Işık şiddeti birimi **candela (cd)**'dir.

Aydınlatma Şiddeti (E): Birim yüzeye düşen ışık akışı toplamı olarak tanımlanır, birimi **Lüks (lx)**'dür. İnsan gözü, ışığın geniş bir değişim sınırına duyarlıdır. Bu sınırlar gece yarısında karanlık bir odadaki birkaç lx' den başlayarak gün ortasındaki güneşli bir ortamda 100 000 lx değerlerine kadar ulaşır. Gün içinde açık havada aydınlanma şiddeti 2 000 ile 100 000 lx arasında değişir. Gece saatlerinde ise yapay ışık altında bu değerler; 50 ile 500 lx arasındadır. Işık kaynağından uzaklaşıldıkça aydınlatma şiddeti azalmaktadır. Işık kaynağı tarafından aydınlatılan alan, ışık kaynağına olan mesafenin karesiyle doğru orantılı olarak değişmektedir.

Çalışma alanlarında tezgâhlara yakın ışık kaynağı kullanılarak aydınlatma şiddeti artırılmaktadır. Aşağıda çeşitli mekânlarda olması gereken aydınlatma şiddeti değerleri sıralanmıştır:

- Genel ofis alanları 500 Lux
- Çizim yapılan ofisler 1000 Lux
- Mağazalar 300 Lux
- Oturma odaları (genel) 100 Lux
- Oturma odaları (okuma) 500 Lux
- Koridorlar 50 Lux
- Mutfaklar 300 Lux
- Mutfak tezgâhı 500 Lux



Aydınlatma Yoğunluğu (L): Bir yüzeyin ışıklılık düzeyinin ölçüsüdür. Lamba ve diğer ışık kaynaklarından yayılan ışığın bir ölçüsü olarak da tanımlanabilir. Işığın yüzeyden yansımaya yeteneğine bağlı olarak değişmektedir. Aydınlik yoğunluğu birimi Apostilb (asb) veya Stilb (sb)'dir.

1 asb = 0.32 cd/m²dir.

1 sb = 10 000 cd/m²= 31 416 asb'dir.

Genel bir kural olarak; (asb) duvarların ve mobilyaların diğer bir ifadeyle ayna özelliği olmayan nesnelerin aydınlığını belirtmek için kullanılır, (sb) ise ışık kaynağının gücünü belirtmek için kullanılır.

Renksel Geriverim: Bir lambanın ışığının renkli bir obje üzerinde gerçekleştirdiği renksel etkidir. Lamba, renklerin mümkün olduğu kadar doğru algılanmasını sağlamalıdır. Işık kaynaklarının renksel özellikleri iki temel değişkene bağlı olarak tanımlanır: Işık kaynağına ait Renksel Geriverim, ve Renk Sıcaklığı.

Renklerin özgün halleriyle, gün ışığındaki renkleriyle görülmesinin hedeflendiği aydınlatma sistemlerinde kullanılacak yapay ışık kaynaklarının renksel geriverim özellikleri özel bir önem taşımaktadır.

Renksel geriverim endeksi Ra'dır. Endeks ne kadar düşükse, renksel geriverim de o kadar kötü demektir.

Işık Verimi (Etkinliği, η): Işık kaynağından yayılan ışık akışının, bu akıyı elde etmek için harcadığı elektriksel güce oranıdır (**Lümen/Watt**). Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere aydınlatma tasarımı yapılırken enerji tasarrufu sağlamak ve sistemin işletme maliyetlerini düşürmek amacıyla ışık etkinliği değeri yüksek olan lambalar seçilerek aydınlatma sağlanmalıdır.

Yaygın kullanılan lambaların ışık etkinlikleri

Lamba Çeşidi	Işık Verimi, lm/W
Akkor lambalar	10 - 15
Halojen	15 - 30
Kompakt Floresan	60 - 80
Floresan	60 - 105
Civa Buharlı	30 - 60
Sodyum Buharlı	70 - 150
LED	25 - 50

GÖZ ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ

Göz, görme ile ilgili temel yapılar ve koruyucu yapılardan meydana gelir. Koruyucu yapılar; kaşlar, kirpikler, göz kapakları, gözyaşı bezleri ve göz yuvarlağını göz çukuruna bağlayan kaslardan oluşmuştur. Göz yuvarlağı dıştan içe doğru, sert tabaka, damar tabaka ve ağ tabakadan meydana gelir.

Sert Tabaka: Göz yuvarlağını dıştan saran beyaz bağ dokudan oluşmuş sert bir tabakadır. Sert tabaka göz yuvarlağının ön tarafında saydam bir yapı kazanır. Burası kornea adını alır. Işığı kırıcı etkiye sahiptir.

Damar Tabaka: Sert tabakanın altında damarlarca zengin bir tabakadır. Çok miktarda melanin pigmenti bulunur. Bunlar göz içinde siyah karanlık bir odanın oluşmasını sağlar ve göz içi yansımalarını önler. Damar tabaka gözün ön kısmında iris adı verilen, gözümüzün renkli kısmını oluşturur. İrisin yapısında bulunan kaslar göz bebeğinin genişlemesini ya da daralmasını sağlarlar. İrisin ortasında göz bebeği açıklığı bulunur.

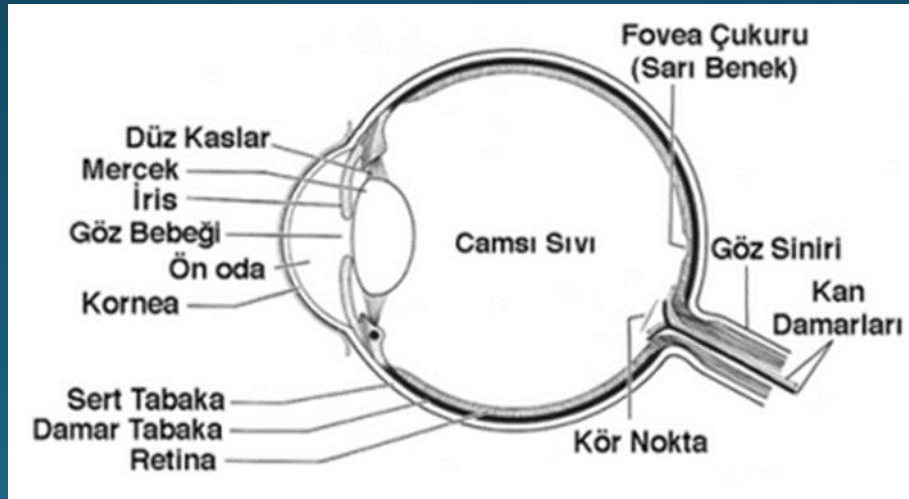
Göz bebeğinin daralıp genişlemesi ile göze gelen ışık miktarı ayarlanır. İrisin hemen arkasında göz merceği yer alır. Mercek, cisimden gelen ışınları kırarak ağ tabaka üzerine düşmesini sağlar.

Ağ Tabaka (Retina): Işığa duyarlı reseptör hücrelerinin ve sinirlerin bulunduğu tabakadır. Bu bölgede çomak ve koni hücreleri bulunur. Koni hücreler gün ışığında görüntü sağlayan hücreler, çomak hücreler ise ışığa çok duyarlı olan karanlıkta görüş sağlayan hücrelerdir.

Görsel hücreler fotokimyasal reaksiyonlar ile ışığı sinir uyarılarına çevirirler. Sinyaller oradan optik sinirlere ulaştırılır. İnsan gözünde 130 milyon çomak hücre ve 7 milyon koni hücre vardır. Bunların boyları 0.01 mm uzunlukta ve 0.001 mm çapındadır. Sarı noktanın ortasında koni hücreleri sayısı artar. Bu nedenle görme olayının en net olduğu kısım burasıdır.

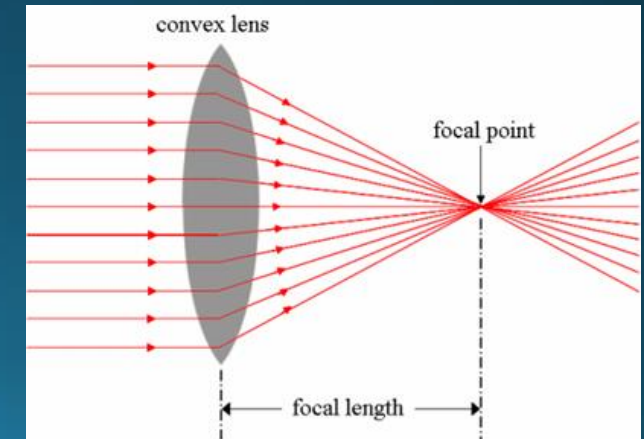
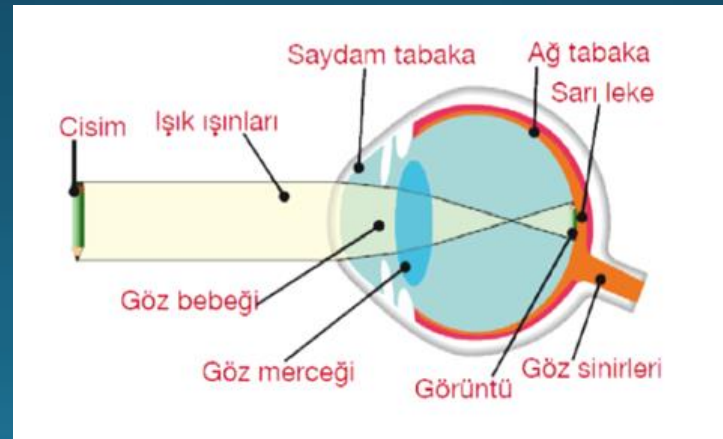
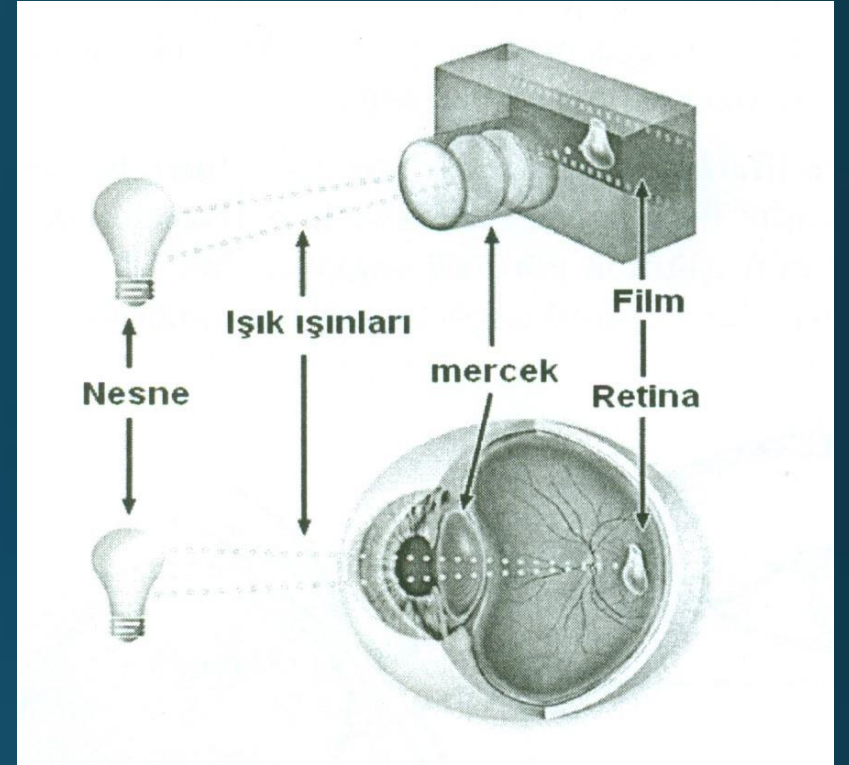
Göz, ana hatlarıyla bir fotoğraf makinesine benzetilebilir. Her ikisinde de, ön kısımda mercek bulunur. Görüntüyü arka kısımdaki hassas bölgeye yansıtmakla görevlidir. Fotoğraf makinesinde burada ışığa duyarlı fotoğraf filmi yer alırken, gözde retina adlı tabaka bulunmaktadır. Retinaya düşen ters görüntüler buradaki milyonlarca sinir ucu tarafından alınarak beyindeki görmeyle ilgili merkeze iletilmekte ve görüntü algılanmaktadır.

Fotoğraf makinasında, görüntüsü alınan cismin uzaklığına bağlı olarak yapılması gereken odaklama ayarı, merceğin ileri geri oynatılmasıyla yapılırken, göz bu işlemi merceğin kırma derecesini değiştirerek sağlamaktadır. Işık yoğunluğu karşısındaki düzenlemeler fotoğraf makinesinde diyaframın açıklığının değiştirilmesiyle sağlanırken, göz bunu, iris adı verilen renkli kısım ile sağlamaktadır.



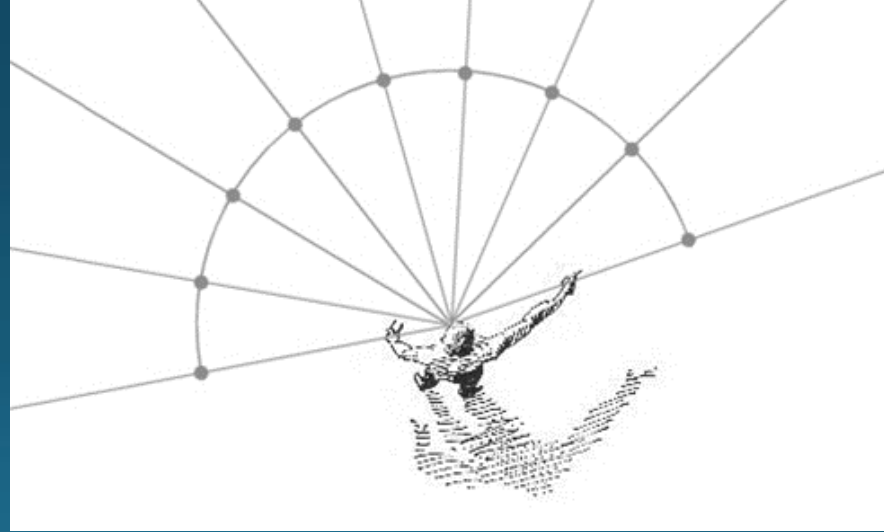
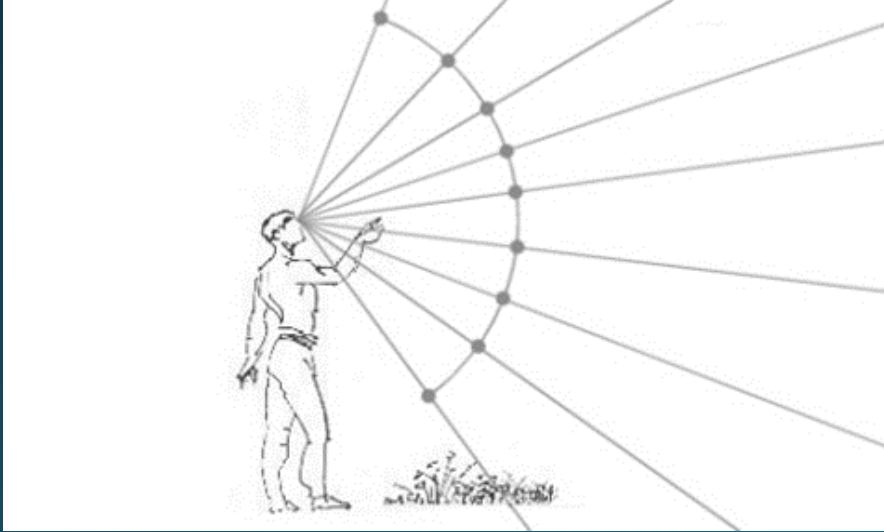
GÖRSEL MEKANİZMA

Göz, ana hatlarıyla bir fotoğraf makinesine benzetilebilir. Her ikisinde de, ön kısımda mercek bulunur. Görüntüyü arka kısımdaki hassas bölgeye yansıtmakla görevlidir. Fotoğraf makinesinde burada ışığa duyarlı fotoğraf filmi yer alırken, gözde retina adlı tabaka bulunmaktadır. Retinaya düşen ters görüntüler buradaki milyonlarca sinir ucu tarafından alınarak beyindeki görmeye ilgili merkeze iletilmekte ve görüntü algılanmaktadır. Fotoğraf makinesinde, görüntüsü alınan cismin uzaklığına bağlı olarak yapılması gereken odaklama ayarı, merceğin ileri geri oynatılmasıyla yapılırken, göz bu işlemi merceğin kırma derecesini değiştirerek sağlamaktadır. Işık yoğunluğu karşısındaki düzenlemeler fotoğraf makinesinde diyaframın açıklığının değiştirilmesiyle sağlanırken, göz bunu, iris adı verilen renkli kısımla sağlamaktadır.



Görme Alanı ve Görüş Açısı

Görme alanı bir gözün etrafında görebildiği tüm noktalardan oluşan alandır. Diğer bir ifadeyle, göz tam karşıdaki sabit bir noktaya bakarken, insanın fark etmediği halde bu noktanın düşey ve yatay çevresinde gördüğü tüm alanların toplamıdır. İnsan gözü yatay olarak 178° , düşey olarak ise 135° görüşe sahiptir ve düşey görüş açısının 60° yukarıya doğru, 75° ise aşağıya doğrudur.



Görme alanı ve görüş açıları

PARLAKLIK

Aydınlatma şiddetinin aşırı derecede yüksek olması veya ışık kaynağından yayılan ısınların direkt olarak göze gelerek rahatsız edici olarak algılanması durumudur. Parlama (parıltı) görsel gürültüdür.

İnsan gözünü rahatsız edecek düzeydeki parlaklık olarak algılanır. Parıltı kamaşmaya neden olur. Parlama gözün yüksek parlaklığa adapte olması sonucunda normal aydınlatılmış bir yüzeyi görememesine neden olur.

Fizyolojik açıdan parlama; ağ tabakanın adapte olabilme özelliğinde bozulma nedenidir. Üç tip parlama vardır. Bunlar:

- Bağlı parlama (görsel alanda kuvvetli kontrastlık),
- Mutlak parlama (adaptasyonu olanaksız olan yüksek aydınlatma),
- Adapte olunabilir (henüz adapte olacak yüzeyin biraz altında parlama) parlamadır.

Parıldama olayından sakınmak için aşağıdaki ilkeler dikkate alınmalıdır:

- Parıldama etkisinde kalma süresi kısaldıkça orijinal adaptasyon konumuna hızla ulaşılır. Bir saniyeden daha az parıldama, görme bozukluğu meydana getirir. Örneğin gece trafiğinde kısa fakat şiddetli aydınlatma ile oluşan parlama, görsel yeteneğe oldukça büyük oranda zarar verir.
- Parlama derecesi kaynağın bağlı aydınlığına bağlıdır. Işık kaynağı, bakış çizgisi altında ise daha çok rahatsız edicidir.
- Parıldama tehlikesi görsel alanda aydınlatmanın genel düzeyi düşük ise artar, bu nedenle araba ışığı gün boyu gözü kamaştırmaz.

GÖRSEL KAPASİTE (1)

Bir kural olarak gözün değişik fonksiyonları günlük yaşamdaki sınırları ile gözü zorlamaz. Fakat belirli endüstriyel aktivitelerde ve modern trafik koşulları görsel yetenekleri zorlar. En önemli görsel fonksiyonlar;

- **Görsel keskinlik, netlik:** Nesnelere ile yüzeyler arasındaki ince detayları ayırma yeteneğidir. Görsel netlik birbirine yakın noktaların ayrı algılanması veya ayırt edilmesidir. Genel olarak görsel netlik optik sistemin çözüm gücünün ifadesidir. Aydınlatmaya ve görsel ihtiyacın tipine göre aşağıdaki özelliklere sahiptir:
 - ✓ Görsel alanda aydınlatma düzeyi ile doğrusal olarak artar ve 5000 asb'de bir maksimum değere ulaşır.
 - ✓ Nesne ile yakın çevresi arasındaki aydınlanma farkı ile artar. İki aydınlatma aynı ise bağıl değerlerdeki küçük değişiklikler görsel netlikte büyük farklılıklar yaratır.
 - ✓ Açık zeminde koyu işaret veya nesne kullanımı ile koyu zeminde, açık renkli işaret veya nesne kullanımına kıyasla daha iyidir.

GÖRSEL KAPASİTE (2)

- **Kontrastlık (Zıt renkliliğe) duyarlılık:** Kontrastlık duyarlılığı, aydınlanmadaki en küçük farklılığı algılama yeteneğidir. Değişimler şöyle özetlenebilir:
 - ✓ Geniş alana kıyasla dar alanda daha büyüktür
 - ✓ Keskin sınırlarda dereceli değişimlerden daha büyüktür
 - ✓ Ortamın aydınlığı ile artar ve 200-1000 asb arasında en yüksektir
- **Algılama Hızı:** Nesneye bakma ile onun görsel algılaması arasındaki zamana göre tanımlanır. Algılama hızı ortalama düzeydeki aydınlatma ve nesne ile ortam arasındaki kontrastlık ile artar. Görsel netlik, kontrastlık duyarlılığı ve algılama hızı gibi aydınlatma düzeyi ve nesne ile ortam arasındaki farklılıkta aynı etkilere sahiptir. Uygulamada bunun anlamı, görsel netliğin artırılması için kontrastlık duyarlılığının artırılma gerekliliği olarak açıklanabilir. Şekilde bu ilişki açıklanmıştır. Aydınlik şiddetinde 10 lx'den 1000 lx'e artış görsel netliği %100-170; kontrastlık duyarlılığını %450 arttırmıştır. Bunun gibi aydınlık şiddetindeki artışların, sinirsel adalelerdeki yükü ve göz kırpma frekanslarını azalttığını göstermektedir.

Aydınlık şiddetinin görsel yeteneklere etkileri

	10.8 Lx	108 Lx	1080 Lx
Görsel netlik	%100	%130	%170
Kontrast duyarlılığı	%100	%280	%450
Okuma sırasında sinirsel adale gerilimi	63 g	54 g	43 g
Bir saatlik okuma sonrası göz kırpma frekansı	%100	%77	%65

IŞIK KAYNAKLARI

Ortamların aydınlatılmasında, doğal ve yapay ışık kaynaklarından yararlanılmaktadır. Bu ışık kaynaklarının özelliklerinin anlaşılabilmesi için bazı temel kavramların bilinmesi gereklidir:

Doğal Işık Kaynakları

Doğal ışık kaynaklarının başında güneş ışığı gelmektedir. Açık havada gün ışığının sağladığı aydınlatma, aslında güneşten gelen ışınlarla, gökyüzünde yansıyan ışınların toplamıdır.

Güneş özellikle ultraviyole (290-400 nm) ışınlarını tüm dünya yüzeyine yaymaktadır. Rakımın yüksek olduğu yerlerde ışınım miktarı, daha yüksek olmakla birlikte deniz kenarında, suyun içinde, çim ve kumdan yansıyan ışınların etkinliği de yüksektir. Güneş içindeki atom parçalanmaları enerjiye dönüştüğünde, bu enerjinin bir kısmı da ışık olarak yayılır. Dünyamız için güneşten direkt olarak gelen veya atmosferden, aydan, yıldızlardan, dünya üzerinden yansıyan ışık, doğal ışık kaynağı olarak kabul edilir.

Yapay Işık Kaynakları

Aydınlatma konusunda geçmişten bugüne olan süreçte önemli gelişmeler ortaya konmuştur. Yağ, mum, kandil gibi yapay aydınlatma öğeleri bir tarafa bırakılırsa, aydınlatma konusundaki ilk önemli adım elektrik enerjisinin kullanılmasıdır. Elektrik enerjisinin ışık enerjisine dönüşümü ilk olarak akkor telli lambalar ile sağlanmıştır. Genelde hacimlerin ortasında asılan bu lambalar, verdikleri az ışıkla yalnızca nesnelerin görünürlüğünün sağlanması amacıyla taşınmıştır. Giderek, yeni ışık kaynaklarının üretilmesi ve geliştirilmesi ile daha ucuz ve daha fazla ışık elde edilmeye başlanmıştır. Aydınlatma tekniğindeki gelişmeler, artık yalnızca görme değil iyi görme koşullarının sağlanması için aydınlığın niceliği yanında nitelik konusunu da gündeme getirmiştir.

Lamba çeşitleri

- Akkor Telli Lambalar
- Akkor Halojen Lambalar
- Floresan Lambalar
- Kompakt Floresan Lambalar
- Cıva Buharlı Lambalar
- Sodyum Buharlı Lambalar
- LEDler
- İndüksiyon Lambalar

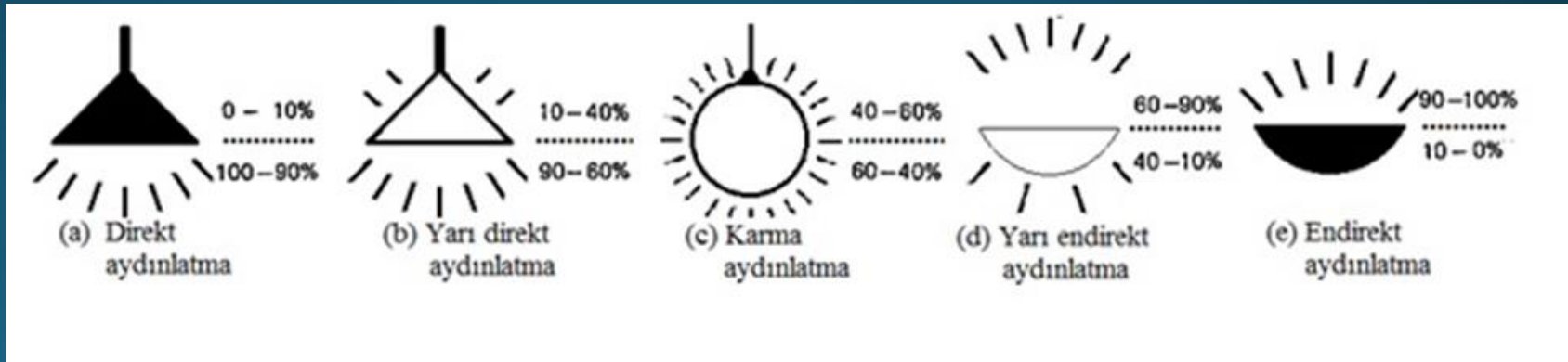
AYDINLATMA ÇEŞİTLERİ

Aydınlatma tasarımları ve uygulamaları, iç aydınlatma ve dış aydınlatma olmak üzere iki genel kavram altında yürütülmektedir. Yaşam alanları (evler), İşyerlerinde; vitrin, genel teşhir salonları, kabin tasarımları, depolar, müzelerde teşhir objelerinin aydınlatılması, atölyeler, fabrikalar, sınıflar gibi mekânların aydınlatılması, iç aydınlatmanın ilgi alanlarına girmektedir. Dış aydınlatma; yol, park, bahçe, meydan, köprü, sokak, tarihi mekân aydınlatmalarından oluşur. Dış aydınlatma uygulamalarının öncelikli amacı güvenlidir (Yol aydınlatmaları, park, bahçe aydınlatmaları).

Işığın Yönlendirilmesine Göre Aydınlatma Çeşitleri

Aydınlatma armatürlerinin seçiminde, hedeflenen alandan farklı bir yerin aydınlatılarak enerji kaybına neden olunmaması dikkat edilmesi gereken bir husustur. Aydınlatma araçlarının ışınlarının çalışma alanına yönelişlerine göre aydınlatmanın çeşitleri şöyledir:

- Doğrudan (direkt) aydınlatma
- Yarı direkt aydınlatma
- Karma aydınlatma
- Serbest dağıtım yapan uzun ışık kaynakları ile aydınlatma:
- Endirekt aydınlatma
- Yarı endirekt aydınlatma



Direkt aydınlatma: Işığın direkt olarak çalışma yüzeyine yönlendirildiği aydınlatma türüdür. Lamba ile çalışma yüzeyi arasında bir gereç bulunmaz. Aydınlatma aracı, ışığı dar ve geniş olarak yönlendirebilecek şekilde yapılmıştır. Atölye, depo, yol ve caddelerde kullanılır. Bu aydınlatma araçlarındaki verim % 75'tir.

Yarı direkt aydınlatma: Işığın bir bölümünün direkt olarak çalışma yüzeyine bir bölümünün çevreye dağılmasını sağlayan aydınlatma türüdür. Büro, satış yerleri, koridor, merdiven ve konutlarda kullanılmaktadır. Bu aydınlatma araçlarındaki verim % 80'dir.

Karma aydınlatma: Işığın aydınlatma aracından her yöne eşit olarak dağıtıldığı aydınlatma türüdür. Kamaşma olayının en az değerde olması nedeniyle uygulamada çok kullanılmaktadır. Bu aydınlatma araçlarındaki verim % 80'dir.

Serbest dağıtım yapan uzun ışık kaynakları ile aydınlatma: Floresan lambaların kullanıldığı aydınlatma türüdür. Aydınlatma araçlarındaki verim % 100 olarak kabul edilir.

Endirekt aydınlatma: Işığın tamamının tavana yönlendirildiği aydınlatma türüdür. Bu aydınlatma araçlarındaki verim % 70'dir.

Yarı endirekt aydınlatma: Işık akışının büyük bir bölümünün tavana, bir kısmının da çalışma yüzeyine doğru yönlendirildiği aydınlatma türüdür. Bu aydınlatma araçlarındaki verim % 80'dir).

AYDINLATMA VE YORGUNLUK

Görsel aygıtlarda stres görsel ve sinirsel iki farklı tipte yorgunluk yaratır. Görsel yorgunluk, gözün fonksiyonlarında yoğun stresler yaratır. Sürekli stres, göz uyum adalelerinde kısa sürede yorgunluk yaratır ve algılama sürelerini uzatır. Görsel yorgunluk aşağıdaki sonuçlara neden olur:

- Gözlerde sulanma (konjektivit)
- Çift görme
- Baş ağrısı
- Uyum gücünde azalma
- Görsel netlikte kontrastlık duyarlılığı ve algılama hızında azalma

Bu belirtiler, aydınlatmanın yeterli olmadığı ve yanlış gözlük kullanıldığı zaman ortaya çıkar ve yanlışların tekrarlanması ile artar. Bu tip sinirsel genel yorgunluklar, reaksiyon sürelerinin uzamasına, hareketlerin yavaşlamasına psikolojik ve diğer motor fonksiyonların bozulmasına neden olur.

Olumsuz koşullar devam ederse, kronik yorgunluk oluşur ve bunun sonucunda;

- Neşesizlik ve halsizlik,
- Baş ağrısı ve baş d6nmesi,
- Uykusuzluk ve iştahsızlık oluşur.

Herhangi bir meslekte, g6rsel stres yorgunluğu, 6retim kayıplarına, iç kalitesinde azalmaya, yapılan yanlışlık frekanslarının artışına ve kaza oranının artışına neden olur.

ABD'de Ulusal G6venlik Konseyinin bir raporunda uzmanlar yeterli olmayan bir aydınlatmanın end6striyel kazaları % 5 oranında artırdığını ve kazalarda yeterli olmayan aydınlatmanın % 20 rol oynadığını tahmin etmektedirler.

ABD'deki bir araştırmada aydınlık şiddeti 200 lx 6zerine 6ıkarıldığında kaza sayılarında % 32'lik bir azalma olduğu saptanmıştır. Aynı at6lyede duvar ve tavanlar mat renkli boyandıktan sonra daha iyi ve d6zg6n bir 6alışma sağlandığı saptanmıştır. Bu şekilde kaza oranlarında % 16.5'lik ek bir azalış daha sağlandığı rapor edilmiştir.

Aydınlatma ve renklerle benzer etkiler İngiltere ve Fransa'da da g6zlenmiştir. Aydınlatma ile tersanelerde, geniş montaj at6lyelerinde ve makine at6lyelerinde kaza oranlarında 6nemli azalmalar olduğu saptanmıştır.