

## BÖLÜM IV

## CIE'NİN ÜÇRENKSEL DİZGESİ

CIE'nin (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun) üçrenkssel dizgesi, insanın rengi algılama sürecinin temel özelliğine dayanır ve bununla ilgili sayısal verilerden yola çıkar. Bu nedenle, bu dizgenin açıklanmasına, insan gözünün renk görmesi olayının, bu dizgeye temel olmuş özelliklerinin açıklanmasıyla başlamak gerekir.

## RENK GÖRME

Gözün yapısı ve çalışması son derece ilginç ve öylesine de derin bir konudur. Bu konuda genel bir özet vermek bile, biçimsel bir giriş yapmanın ötesinde, görmeye ilgili olaylar dizisinin toptan bir görünüşünü vermeyi amaçlıyorsa, çok uzun ve saptırıcı olabilir. Bu bakımdan burada yalnızca gözün renk görmesi ile ilgili bazı özellikler, çok basite indirgenmiş olarak ele alınacaktır.

Gözün, ışıksal uyarılara duyarlı olan ve ağtabaka adı verilen dip çeperi, koni ve sopalık denen ışık alıcılardan ve bu alıcıların uyarılmalarını beyne ileten sinir iletkenlerinden oluşmuştur. Koniler gündüz görmesi (7) durumunda, sopalıklar ise gece görmesi (8) durumunda çalışan ışık alıcılardır.

Sopalıkların ışığa duyarlılığı, ışığın dalga boyu ile değişmez. Yolladıkları uyarılmalar yalnızca gelen ışığın azlığı çokluğu ile orantılıdır. Buna karşılık, konilerin ışığa duyarlılığı, gelen ışığın dalga boyu ile değişir. Yani belirli bir koni, gözbebeğinden giren ışık akısı nicelik bakımından değişmese bile, dalga boyu değiştiğinde değişen uyarılmalar yollar. Çün-

(7) Birkaç  $cd/m^2$  den büyük ışıklılık düzeylerine uyma durumu.

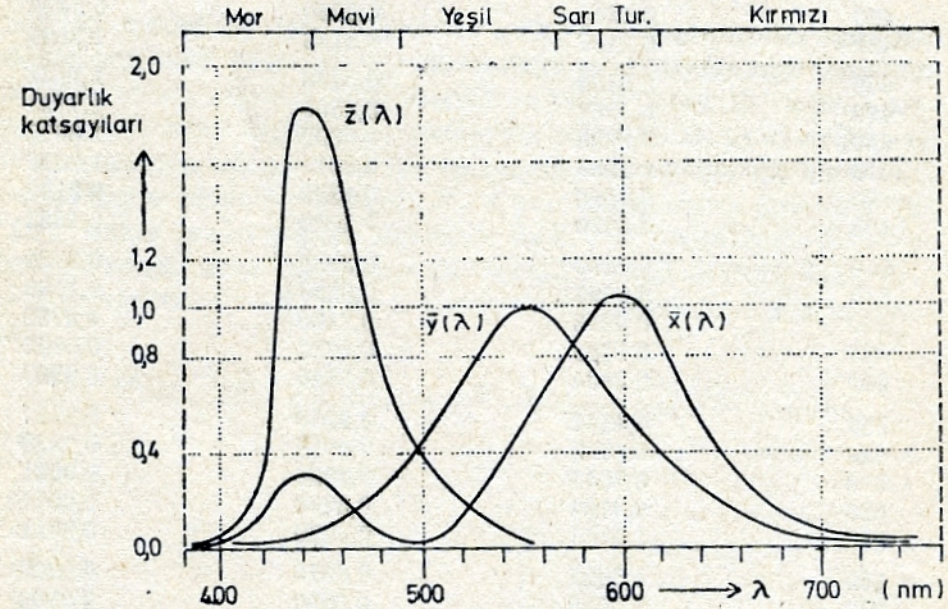
(8) Birkaç  $cd/m^2$  nin yüzde birinden daha düşük ışıklılık düzeylerine uyma durumu.

Bu iki durum arasında «akşam görmesi» durumu vardır.

Bu durumda koniler ve sopalıklar birlikte çalışır.

ki yolladığı uyarılmalar duyarlılığı ile orantılıdır ve duyarlılığı da gelen ışığın dalga boyuna göre değişmektedir.

Koniler, gelen ışığın dalga boyuna göre, duyarlılıklarının değişmesi açısından üçe ayrılırlar. Bu üç tür koniye x alıcıları, y alıcıları ve z alıcıları denir. Bu üç alıcının, gelen ışığın dalga boyuna göre, etkilenme oranları ölçülmüş ve y alıcısının en çok etkilenme değeri 1 alınarak (9) saptanan değerlere «CIE'nin tayfsal üçrenkssel bileşenleri» adı verilmiş-



ŞEKİL 22

tir (10). Bu katsayılar üzerine çizgi çekilmiş x, y, z harfleriyle gösterilir, ve yanlarına, dalga boyu fonksiyonunda olduklarını belirtmek üzere, ayraç içinde ( $\lambda$ ) simgesi konur:  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$  gibi. ÇİZELGE I de dalga boyu fonksiyonunda  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$  ve  $\bar{z}(\lambda)$  değerleri verilmiştir. ŞEKİL 22, bu değerler yardımıyla çizilen, üç alıcının duyarlık eğrilerini göstermektedir.

(9) Kılıfsal kolaylıklar açısından y alıcısının etkilenme eğrisi, gündüz görmesi durumundaki bağıl ışık etkinliği eğrisi olarak alınmıştır. Yani  $\bar{y}(\lambda) = V(\lambda)$  alınmıştır.

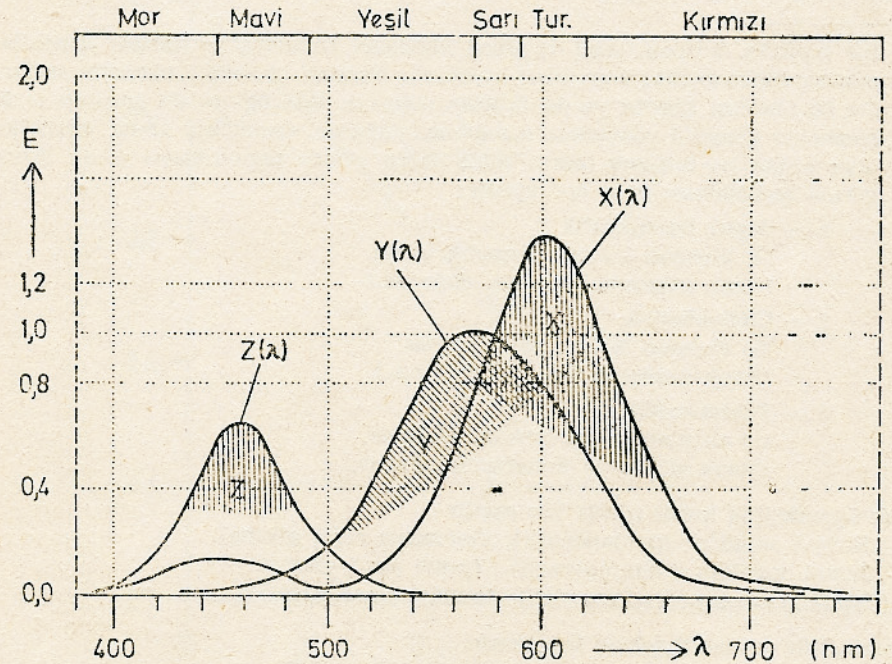
(10) Bu katsayılara 1970 yılına dek «CIE'nin üçrenkssel dağıtım katsayıları» denmekte idi. 1931 den bu yana 40 yıl kullanılmış olan bu deyim bugün de pek çok yayında geçtiğinden, akılda tutulmalıdır.

CIE'nin TAYFSAL ÜÇRENKSEL BİLEŞENLERİ (1931)  
(üçrenksel dağıtım katsayıları)

Dalga boyu nm	Üçrenksel bileşenler $\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda) (=V_\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$
380	0,0014	0,0000	0,0065
390	0,0042	0,0001	0,0201
400	0,0143	0,0004	0,0679
410	0,0435	0,0012	0,2074
420	0,1344	0,0040	0,6456
430	0,2839	0,0116	1,3856
440	0,3483	0,0230	1,7471
450	0,3362	0,0380	1,7721
460	0,2908	0,0600	1,6692
470	0,1954	0,0910	1,2876
480	0,0956	0,1390	0,8130
490	0,0320	0,2080	0,4652
500	0,0049	0,3230	0,2720
510	0,0093	0,5030	0,1582
520	0,0633	0,7100	0,0782
530	0,1655	0,8620	0,0422
540	0,2904	0,9540	0,0203
550	0,4334	0,9950	0,0087
560	0,5945	0,9950	0,0039
570	0,7621	0,9520	0,0021
580	0,9163	0,8700	0,0017
590	1,0263	0,7570	0,0011
600	1,0622	0,6310	0,0008
610	1,0026	0,5030	0,0003
620	0,8544	0,3810	0,0002
630	0,6424	0,2650	0,0000
640	0,4479	0,1750	0,0000
650	0,2835	0,1070	0,0000
660	0,1649	0,0610	0,0000
670	0,0874	0,0320	0,0000
680	0,0468	0,0170	0,0000
690	0,0227	0,0082	0,0000
700	0,0114	0,0041	0,0000
710	0,0058	0,0021	0,0000
720	0,0029	0,00105	0,0000
730	0,0014	0,00052	0,0000
740	0,0007	0,00025	0,0000
750	0,0003	0,00012	0,0000
760	0,0002	0,00006	0,0000

Tayf eğrisi verilmiş bir ışığın, belirli bir dalga boyu için erkesi, üç ayrı alıcının söz konusu dalga boyundaki katsayılarıyla çarpılırsa, o dalga boyundaki erkeden her üç alıcının ne oranlarda etkilendiği, yani, o dalga boyundaki erkeden etkilenmenin, üç alıcı arasında nasıl bölüştüğü (nasıl dağıldığı) bulunmuş olur. Bu işlem, tayf eğrisi verilmiş ışığın, bütün dalga boylarına raslayan erkeleri için yapılırsa, söz konusu ışıktan etkilenmenin üç alıcı arasında nasıl bölüştüğünü, nasıl dağıldığını gösteren eğriler elde edilir.

Yukarda açıklandığı gibi, belirli bir ışığın tayf değerleriyle, üçrenksel bileşenlerin (eski deyimle üçrenksel dağıtım katsayılarının) çarpımından elde edilen değerler, üstü çizgisiz ve büyük  $X(\lambda)$ ,  $Y(\lambda)$ ,  $Z(\lambda)$  simgeleriyle gösterilir. Bu değerler yardımıyla çizilen  $X(\lambda)$ ,  $Y(\lambda)$  ve  $Z(\lambda)$  eğrilerinin altında kalan alanlar ise, üç alıcının, söz konusu ışıktan etkilenme oranlarını gösterir ve büyük  $X$ ,  $Y$  ve  $Z$  simgeleriyle gösterilir. ŞEKİL 23 akkor lamba ışığının tayf eğrisi ile  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  ve  $\bar{z}$  eğrilerinin çarpımından elde edilen, akkor lamba ışığına (bu ışığın rengine) özgü  $X(\lambda)$ ,  $Y(\lambda)$  ve  $Z(\lambda)$  eğrilerini ve  $X$ ,  $Y$  ve  $Z$  alanlarını (=değerlerini) göstermektedir.



ŞEKİL 23

X, Y ve Z değerleri bu üç alıcının beyne yolladıkları uyarıların niceliklerini belirler. Bu uyarma nicelikleri arasındaki **oran** ise, toplam uyarmanın **renksel niteliğini** belirler. Yani rengi belirleyen öğe X, Y ve Z arasındaki orandır. Beynin ilgili merkezi, bu üç büyüklüğün bileşimini yaparken, bileşenlerin **oranını** renk duyulanması biçiminde değerlendirir. Bileşenlerin ya da bunların bileşiminin mutlak değerleri rengi değil, ışıklılığı belirler.

X, Y ve Z değerlerinin toplamı, görsel duyulanmanın toplamına eşittir. Bu toplam içinde

- x oranının büyüklüğü kırmızı
- y oranının büyüklüğü yeşil
- z oranının büyüklüğü mavi

renk duyulanmasını ve bunların çeşitli oranlarda karışımları, **görüle-bilen** bütün renk duyulanmalarını doğurur. Bu nedenle

- x alıcısına kırmızı alıcı
- y alıcısına yeşil alıcı
- z alıcısına mavi alıcı

adı da verilir. (11)

(11) Bir insanda, kırmızı, yeşil ve mavi alıcıların kusursuz ve dengeli denebilecek bir biçimde çalışması, renk görmenin düzgünlü (normal) olmasını sağlar. Bu üç alıcıdan birinin ya da ikisinin duyarlık eksikliği ya da yokluğu renk görmenin düzgünlü olmaması sonucunu, doğurur. Genellikle «renk körlüğü» diye anılan bu duruma teknik dilde «renk görme sapaklıkları» denir. Renk görme sapaklıkları önce üçe ayrılır :

- 1 — **Sapak üçrenkçillik**  
Üç alıcıdan birinde duyarlık azlığı.  
(Renk görmede bozukluk doğurur.)
- 2 — **Çiftrenkçillik**  
Üç alıcıdan birinin çalışmaması.  
(Renk görmede eksiklik doğurur.)
- 3 — **Tekrenkçillik**  
Üç alıcıdan yalnız birinin çalışması.  
(Renk görmeme sonucunu doğurur.)

Sapak üçrenkçillik kendi içinde üçe ayrılır :

- Birinci sapaklık (protanomali), (kırmızıyı zayıf görme)
- İkinci sapaklık (döteranomali), (yeşili zayıf görme)
- Üçüncü sapaklık (tritanomali), (maviyi zayıf görme)

Çiftrenkçillik de kendi içinde üçe ayrılır :

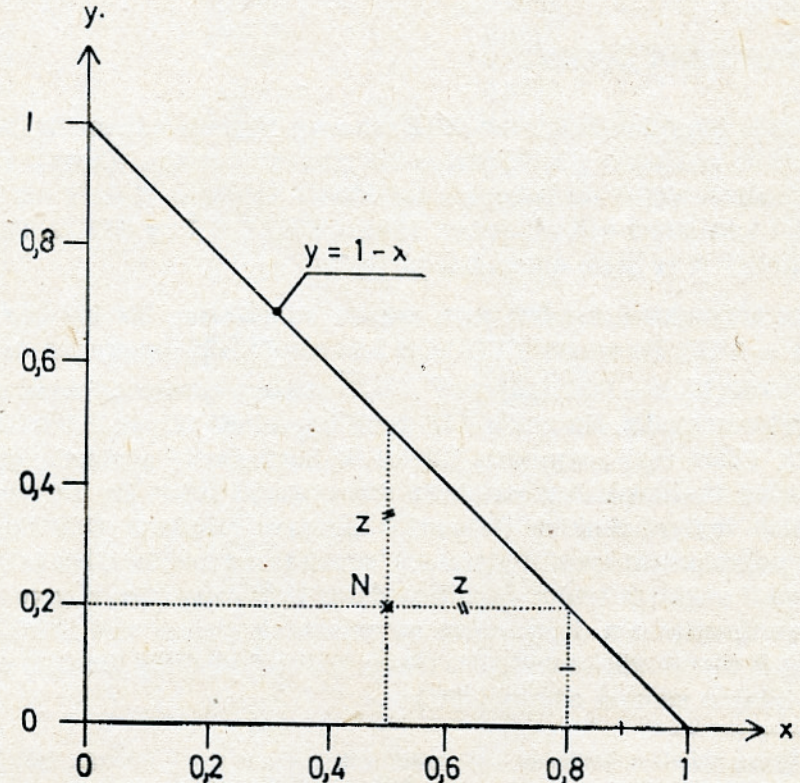
- Birinci görmezlik (protanopi), (kırmızı görmezlik)
- İkinci görmezlik (döteranopi), (yeşil görmezlik)
- Üçüncü görmezlik (tritanopi), (mavi görmezlik)

Bir önceki bölümde sözü geçen «gözün renksel uyması» bu üç alıcıdan bir ya da ikisinin bağıl duyarlıklarını azaltmasından başka bir şey değildir.

X, Y, Z arasındaki oranlar değişik biçimlerde düşünülebilir. CIE ce benimsenen biçim, bir alıcının duyulanmasının, üç alıcının toplam duyulanmasına oranıdır. Bu oranlar küçük x, y ve z harfleri ile gösterilir;

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}, \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z}, \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

Bu anlatım biçimine göre, örneğin x, göze gelen belirli bir ışık (renk) için, kırmızı alıcının duyulanmasının, o ışık için tüm duyulanmaya (yani kırmızı + yeşil + mavi alıcıların tüm duyulanmalarına) oranını gösterir. Bu oran, sıfır ile (X = 0 durumu), bir (Y = Z = 0 durumu) arasında değerler alır ;  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ .



ŞEKİL 24

Söz konusu üç oranın toplamı her zaman 1 e eşittir :

$$x + y + z = \frac{X}{X+Y+Z} + \frac{Y}{X+Y+Z} + \frac{Z}{X+Y+Z} = \frac{X+Y+Z}{X+Y+Z} = 1$$

Bu ise , bu üç değerden ikisinin bilinmesinin her zaman yeterli olabileceği anlamına gelir.

ŞEKİL 24 te x değerleri yatay ekseninde, y değerleri düşey ekseninde gösterilmiştir.  $x + y + z = 1$  denkleminin  $z = 0$  için  $y = 1 - x$  denklemi çıkarılır.  $y = 1 - x$  doğrusu ŞEKİL 24 te gösterilmiştir.  $x + y + z = 1$  denkleminin  $z=0$  noktaları  $y=1-x$  doğrusu üzerinde,  $y=0$  noktaları x ekseninde,  $x = 0$  noktaları da y ekseninde yer almaktadır.  $x + y + z = 1$  denklemi bu üç doğrunun sınırladığı üçgen alanı gösterir. Bu alanın herhangi bir noktası için  $x + y + z = 1$  dir. Örneğin N noktası için  $x = 0,5$ ,  $y = 0,2$ ,  $z = 0,3$  tür. (12)

### CIE'NİN RENK ÜÇGENİ

Yukarıda tanımlanan üçgene «CIE'nin renk üçgeni» adı verilir. Bu üçgenin bütün noktaları gözle görülen bir rengi göstermez. Çünkü, x, y ve z değişkenleri bütünü bağımsız değildirler. Örneğin, X ve Y hiç bir ışık (renk) için sıfıra eşit olmazlar. (bkz. ÇİZELGE I ve ŞEKİL 22). Bundan ötürü, x ve y de sıfıra eşit olmazlar.

Bütün tekrenkli ışınları aynı erkede bulunduran bir beyaz ışık için  $x = y = z$  dir. Bu sonuç, ÇİZELGE I in sonundaki toplamdan da çıkarılır. Demek ki,  $x = 0,33$  (13) ve  $y = 0,33$  noktası kuramsal beyaz noktasını göstermektedir. Bu nokta CIE renk üçgeninde büyük E harfi ile gösterilir. (Bazı eski yayınlarda büyük W harfi ile de gösterilmiştir). Bu noktadan uzaklaştıkça renklerin doymuşluğu artar. En doymuş renkler olan tayfsal renkler (tekrenkli ışınların renkleri) CIE üçgeninde renk noktalarının (renkli alanının) sınırlarını gösterir. ÇİZELGE II de tekrenkli ışıkların (yalın ışıkların) dalga boylarına göre x, y ve z değerleri verilmiştir. Bu değerlerden yararlanarak çizilen eğri ŞEKİL 25 te yaklaşık olarak görülmektedir. (Daha dikkatli çizilmiş bir CIE renk üçgeni kitabın sonuna eklenmiştir.)

(12) Üçgen içindeki herhangi bir nokta için  $x + y + z = 1$  olacağı, ŞEKİL 24 te görülen dik dörtgen ve dik açılı ikizkenar üçgenlerin kenarlarının toplamı ile gösterilir.

(13)  $\overline{33}$  yan yana sonsuz 3 ü anlatır : 333333...

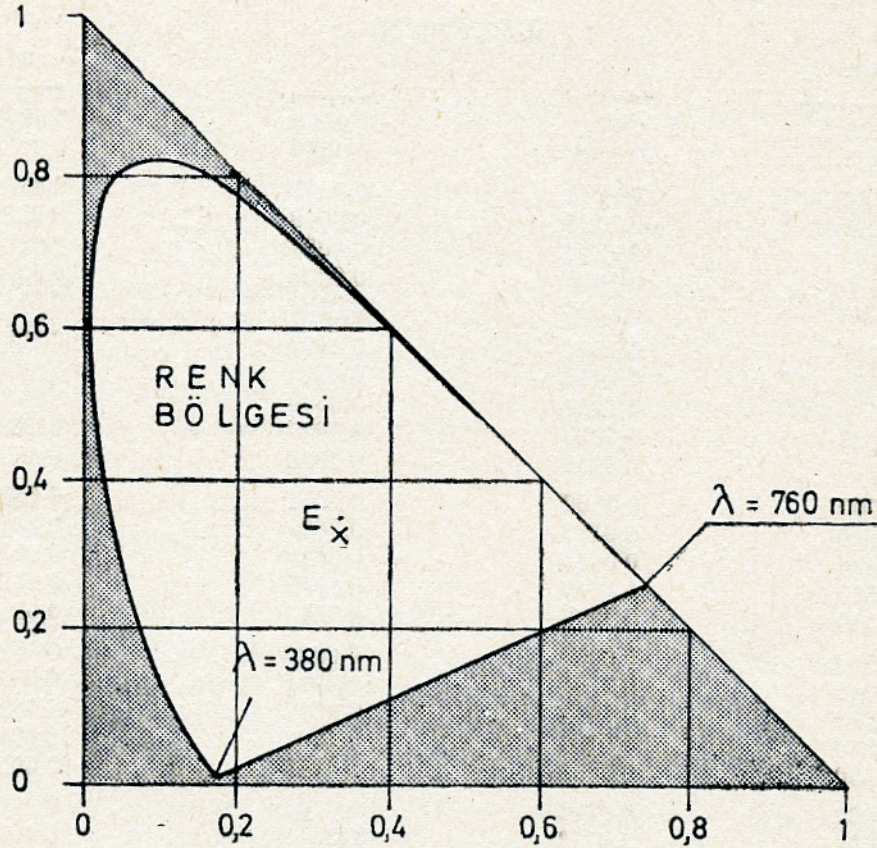
### ÇİZELGE II

#### CIE RENK ÜÇGENİNDE TEKRENKLİ IŞIKLARIN KOORDİNATLARI (1931)

(x, y, z Değerleri)

Dalga boyu nm	Koordinatlar		
	x	y	z
380	0,1741	0,0050	0,8209
390	0,1738	0,0049	0,8213
400	0,1733	0,0048	0,8219
410	0,1726	0,0048	0,8226
420	0,1714	0,0051	0,8235
430	0,1689	0,0069	0,8242
440	0,1644	0,0109	0,8247
450	0,1566	0,0177	0,8257
460	0,1440	0,0297	0,8263
470	0,1241	0,0578	0,8181
480	0,0913	0,1327	0,7760
490	0,0454	0,2950	0,6596
500	0,0082	0,5384	0,4534
510	0,0139	0,7502	0,2359
520	0,0743	0,8338	0,0919
530	0,1547	0,8059	0,0394
540	0,2296	0,7543	0,0161
550	0,3016	0,6923	0,0061
560	0,3731	0,6245	0,0024
570	0,4441	0,5547	0,0012
580	0,5125	0,4866	0,0009
590	0,5752	0,4242	0,0006
600	0,6270	0,3725	0,0005
610	0,6658	0,3340	0,0002
620	0,6915	0,3083	0,0002
630	0,7079	0,2920	0,0001
640	0,7190	0,2810	0,0001
650	0,7260	0,2740	0,0000
660	0,7300	0,2700	0,0000
670	0,7320	0,2680	0,0000
680	0,7334	0,2666	0,0000
690	0,7344	0,2656	0,0000
700	0,7347	0,2653	0,0000
710	0,7347	0,2653	0,0000
720	0,7347	0,2653	0,0000
730	0,7347	0,2653	0,0000
740	0,7347	0,2653	0,0000
750	0,7347	0,2653	0,0000
760	0,7347	0,2653	0,0000

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$



ŞEKİL 25

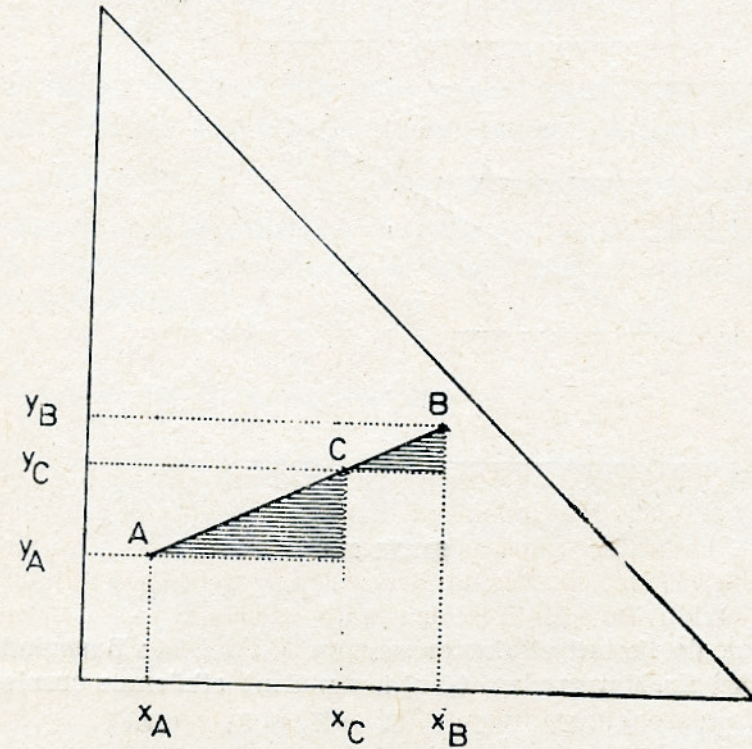
Eğri  $x = 0,1741$   $y = 0,0050$  noktasından ( $\lambda = 380$  nm) başlayıp yukarı doğru çıkan,  $y = 0,8338$  tepe noktasından geçen,  $x = 0,7190$   $y = 0,2810$  noktasında  $y = 1 - x$  doğrusuna değen ve bu doğru boyunca  $x = 0,7347$   $y = 0,2653$  ( $\lambda = 760$  nm) noktasına dek gelen ve genellikle at nalına benzetilen bir eğridir. Bu eğrinin iki ucu yani  $\lambda = 380$  nm ve  $\lambda = 760$  nm noktaları, bir doğru ile birbirlerine birleştirilir. Bu doğruya purpuralar (mor ile kırmızı arasındaki renkler) doğrusu denir. Bu doğru üzerinde,  $\lambda = 380$  nm tekrenkli ışığı ile  $\lambda = 760$  nm tekrenkli ışığın değişik oranlardaki karışımlarından doğan (ve de beyaz ışık tayfında bulunmayan) renkler bulunur.

Bu şekilde kapanan eğrinin içinde insan gözünün gördüğü bütün renklerin noktaları vardır. Aynı şekilde, bu eğri içindeki her nokta  $x + y + z = 1$  denklemini doğruladığı için, insan gözünün belirli bir renk algılamasının karşılığıdır. Yani, görülen bir rengi gösterir.

### İKİ RENGİN KARIŞIMI

CIE renk üçgeninde A ve B gibi iki noktayla gösterilen iki rengin belirli bir oranda karışımından (toplamsal bileşiminden) hangi rengin elde edileceği kesinlikle bulunabilir.

A ve B renklerinin belirli bir oranda karışımından elde edilmiş olan C renginin noktası A ve B noktalarını birleştiren doğru üzerinde bulunacaktır. (ŞEKİL 26) Çünkü,  $y_C$ ,  $y_A$   $y_B$  doğru parçasını hangi oranda

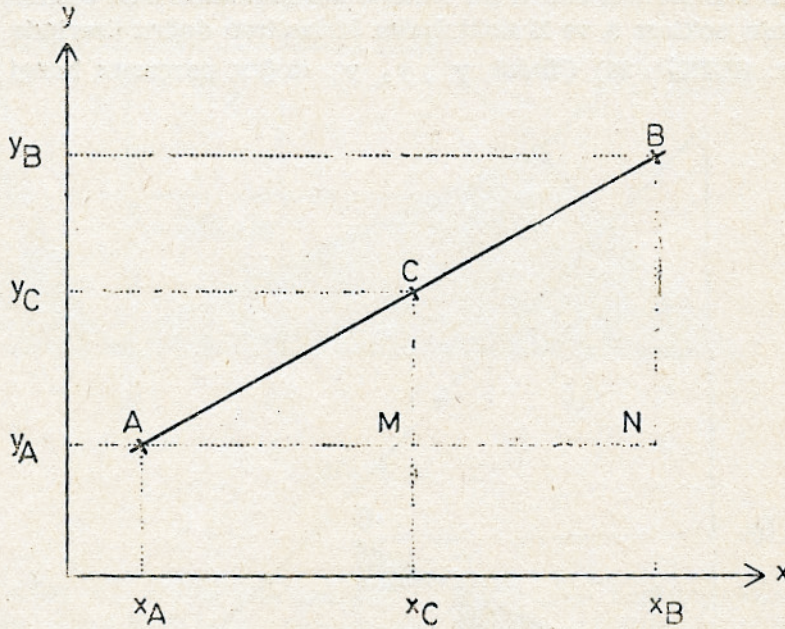


ŞEKİL 26

bölüyorsa (A ve B renklerinin X, Y, Z uyarılarının aritmetik toplamı söz konusu olduğuna göre),  $x_C$  de  $x_A x_B$  doğru parçasını aynı oranda bölecek ve bu iki değer,  $x_C$  ve  $y_C$  nin gösterdiği nokta, oran eşitliği nedeniyle,  $\overline{AB}$  doğru parçası üzerinde olacaktır. Yine yukardaki şekil de düşünerek, C noktasının  $\overline{AB}$  doğru parçası üzerindeki yerinin, karışım oranıyla bulunacağı çıkarılır.

$$AC/CB = \text{Karışımındaki B oranı/Karışımındaki A oranı}$$

Yani karışımında, örneğin A rengi ne oranda fazlaysa, C noktası A noktasına o oranda yakındır. Bu, aşağıdaki biçimde, daha matematiksel bir anlatımla da ispatlanır :



ŞEKİL 27

A renginden, üç alıcının etkilenme oranları  $X_A, Y_A, Z_A$ ; B renginden ise  $X_B, Y_B, Z_B$  dir. Karışımından (yani toplamdan) etkilenme oranları ise  $X_C = X_A + X_B$   $Y_C = Y_A + Y_B$   $Z_C = Z_A + Z_B$  dir.

$$x_A = \frac{X_A}{X_A + Y_A + Z_A} \quad y_A = \frac{Y_A}{X_A + Y_A + Z_A}$$

$$x_B = \frac{X_B}{X_B + Y_B + Z_B} \quad y_B = \frac{Y_B}{X_B + Y_B + Z_B}$$

$$x_C = \frac{X_C}{X_C + Y_C + Z_C} \quad y_C = \frac{Y_C}{X_C + Y_C + Z_C}$$

olduğuna göre :

$$x_C + \frac{X_A + X_B}{X_A + X_B + Y_A + Y_B + Z_A + Z_B} \quad y_C = \frac{Y_A + Y_B}{X_A + X_B + Y_A + Y_B + Z_A + Z_B}$$

Eşitliklerinden, tanımlar dikkate alınarak :

$$\frac{x_C - x_A}{y_C - y_A} = \frac{x_B - x_A}{y_B - y_A}$$

$$\text{ve } \frac{y_B - y_C}{y_C - y_A} = \left( \frac{Y_A}{Y_B} \right) : \left( \frac{Y_B}{Y_A} \right) \text{ çıkarılır. }^{(14)}$$

Bundan da, ŞEKİL 27 deki ACM ve ABN üçgenlerinin benzerliği yani C noktasının  $\overline{AB}$  doğrusu üzerinde bulunması gerektiği ve C noktasının  $\overline{AB}$  doğrusunu  $\left( \frac{Y_A}{Y_B} \right) : \left( \frac{Y_B}{Y_A} \right)$  oranında böldüğü çıkarılır.  $Y_A$  ve  $Y_B$  değerleri A ve B ışıklarının nicelikleriyle orantılı olduklarından bunların karışımında A ne oranda fazlaysa C noktası A noktasına o oranda yakın olacaktır.

Böylece varılan iki sonuç, yani, kısaca

- 1 — İKİ RENGİN KARIŞIMINI (TOPLAMINI) GÖSTEREN NOKTA BU İKİ RENGİ GÖSTEREN NOKTALARI BİRLEŞTİREN DOĞRU PARÇASI ÜZERİNDEDİR.
- 2 — KARIŞIM (TOPLAM) NOKTASI, KARIŞTIRILAN (TOPLANAN) İKİ RENGİN NOKTALARINI BİRLEŞTİREN DOĞRU PARÇASINI KARIŞIM ORANINDA BÖLER.

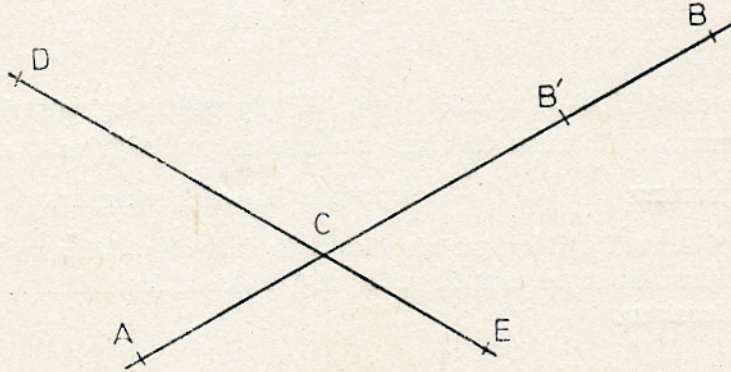
şeklinde söylenebilecek iki kural, son derece önemlidir. Bu kurallardan ikincisi özellikle kılışal alanda, birincisi ise hem kılışal hem kuram-

<sup>(14)</sup> Bu ispatlama biçimi W. Elenbaas — A. A. Kruithof'tan alınmıştır.

sal alanda büyük oranda belirleyici niteliktedirler. Bu bakımdan, birinci kuralın ne anlama geldiği ve bundan ne sonuçlar çıkarılabileceği aşağıda kısaca açıklanacaktır.

İki rengin toplanmasından elde edilen rengin noktası karıştırılan iki rengin noktalarını birleştiren doğru parçası üzerinde olduğuna göre, verilmiş bir renk duyulanması yani görülen belirli bir renk, sonsuz şekilde elde edilebilir. Çünkü, bir noktadan sonsuz doğru geçer.

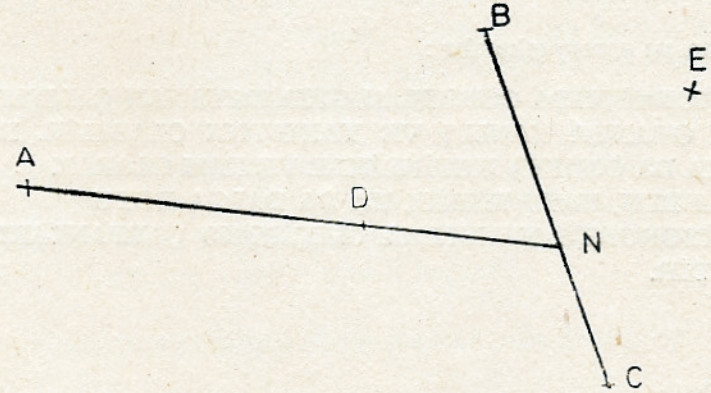
Örneğin ŞEKİL 28 de C noktası ile gösterilen renk  $\overline{AB}$  doğrusu üzerindeki renklerin belirli oranlarıyla elde edilebileceği gibi  $\overline{DE}$  doğrusu üzerindeki renklerin belirli oranlarıyla da elde edilebilir. A ve B noktasındaki renklerin belirli bir oranda karışımıyla elde edilen C rengi A ve B' noktasındaki renklerin başka bir oranda karıştırılması ile de elde edilir.



ŞEKİL 28

İki rengin karışımı ile elde edilen bir renk, bir üçüncü renkle karıştırılarak başka bir renk elde edilir. Örneğin ŞEKİL 29 daki A, B ve C renklerinin karışımından D rengi elde edilmek isteniyorsa, önce bu noktaların iksinden, örneğin B ve C noktalarından bir doğru geçirilir. Sonra A ve D noktaları bir doğruyla birleştirilerek bu doğru BC doğrusuna değin uzatılır. Her iki doğrunun kesişme noktası olan N noktasının B ve C noktalarına uzaklığı, N noktasındaki rengin elde edilmesi için B ve C renklerinin ne oranda karıştırılacağını ve D noktasının A ve N noktalarına uzaklığı da D renginin elde edilmesi için A rengi ile N karışım renginin ne oranda karıştırılacağını gösterir.

Verilmiş iki, üç, ya da daha çok sayıda renkten, karışım yolu ile istenen rengin elde edilip edilemeyeceği ya da örneğin en kolay (belirli şartlara en uygun) nasıl elde edilebileceği bu yöntemle kolayca anlaşılır. Örneğin, ŞEKİL 29 daki A, B, C renkleri ile E rengini elde etme olanağı yoktur.



ŞEKİL 29

Söz konusu bütün renk noktaları x ve y değerleriyle bilindiğinden, bütün bu işlemler grafik yöntemle olduğu gibi, matematik olarak ta büyük bir kesinlikle yapılır.

Örneğin, bütün flüorışıl maddelerin yayınladıkları ışıkların renk noktaları bilinmektedir. (Kitabın sonuna eklenmiş CIE üçgeninde bunlardan üçü gösterilmiştir.) Bu maddelerin ışımaya güçlerine göre ve elde edilmek istenen flüorışıl lamba ışığının rengine göre karışım oranları hesaplanır.

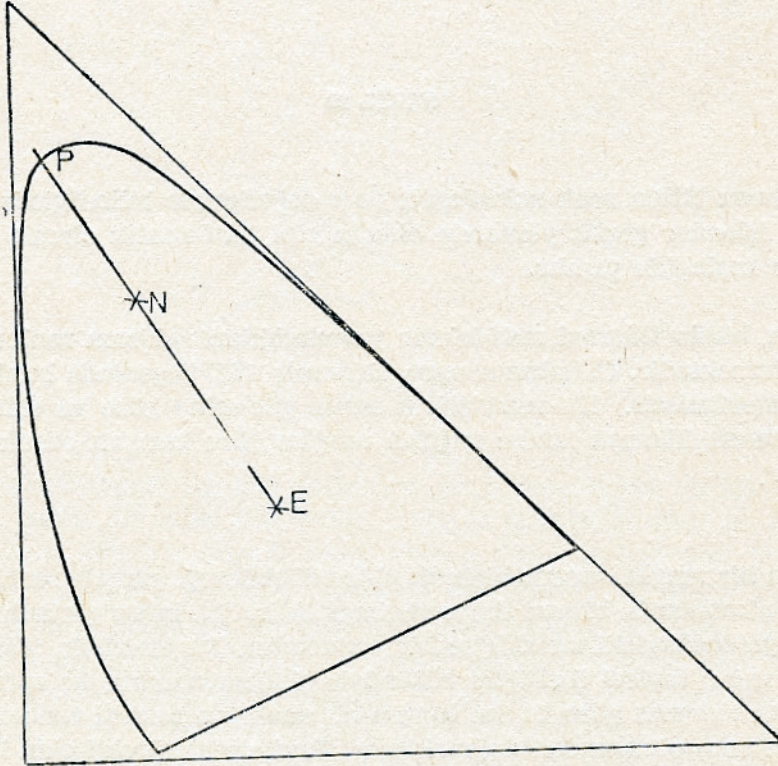
Görülen bir rengin, sonsuz biçimde elde edilebileceği gerçeği renkle ilgili bütün konularda birinci derecede önemlidir. Bu sınırlılık, insan gözünün renk görme yeteneğindeki sınırlılığın bir sonucudur. Bu sınırlılık, insan gözünün, ışığın tayfsal özelliğini bütünüyle algılayamaması, üç ayrı alıcının duyarlıklarına göre, tayfın toptan bir analiz ve sentezi sonucu renk algılamasının olmasından doğmaktadır. Tayf eğrisi sürekli olan bir ışığın, üç alıcıda doğurduğu etkilenme oranları yani X, Y ve Z, ve dolayısıyla, beyne yolladıkları uyarımlar, uygun bir biçimde seçilmiş tekrenk-

li (monokromatik) üç, hatta iki ışıkla bile elde edilebilir. (Bu ışıklar ister kaynaklardan gelerek mat beyaz yüzeylerden yansısın, ister özel renkli süzgeçler aracılığı ile elde edilsin, sonuç değişmez.)

Kılgısal alanda  $\lambda = 486 \text{ nm}$  ve  $\lambda = 586 \text{ nm}$  iki tekrenkli ışıkla,  $4800^\circ \text{ K}$  sıcaklığındaki kara cismin yayınladığı tayfı sürekli ve beyaza yakın ışık renginde bir ışık elde edilmesi, bunun gerçek bir örneği olarak gösterilebilir.

Bütün bundan şu sonuç çıkarılır :

**RENK KONUSUNDA GÖRSEL ALGIYA DAYANAN ÇALIŞMALAR BÜYÜK ORANDA YANLIŞ VE YANILTICI OLABİLİR. RENGİ (IŞIK YA DA ÖZDEK) KESİNLİKLE VE TAM OLARAK BELİRLEYEN, TAYF EĞRİSİ YA DA DALGA BOYU FONKSİYONUNDA YANSITMA (GEÇİRME) ÇARPANLARI EĞRİSİDİR.**



ŞEKİL 30

$x = 0,33$   $y = 0,33$  noktası kuramsal beyazı gösterir. Bu noktanın E harfiyle gösterildiği daha önce açıklanmıştı. E noktasını, renk üçgeninde herhangi bir N noktasıyla birleştiren doğrunun tayfsal renkler eğrisini kestiği P noktasının önemli bir özelliği vardır. (ŞEKİL 30).

N noktasıyla belirlenen renk, P noktasının gösterdiği tayfsal renkle kuramsal beyazın bir karışımıdır. Yani P ve N noktalarının belirledikleri renklerin TÜR leri aynıdır. N noktasının PE doğru parçası üzerindeki yeri ise, bu rengin doymuşluğunu belirler. Tayfsal renkler eğrisi üzerinde bulunan P noktası, N renginin «baskın dalga boyu» nu belirler ve  $\lambda_d$  ile gösterilir. Böylece, CIE renk üçgenindeki bir renk noktası  $x$  ve  $y$  ile belirlenebildiği gibi,  $\lambda_d$  ve doymuşluk oranı ile de belirlenebilir.

Kitabın sonuna eklenmiş CIE üçgeninde E noktasını  $\lambda = 505 \text{ nm}$   $\lambda = 510 \text{ nm}$   $\lambda = 515 \text{ nm}$   $\lambda = 520 \text{ nm}$  noktalarına birleştiren, TÜR doğruları (baskın dalga boyları aynı olan renk doğruları) ve bu doğruları kesen eşit doymuşluk eğrileri gösterilmiştir.

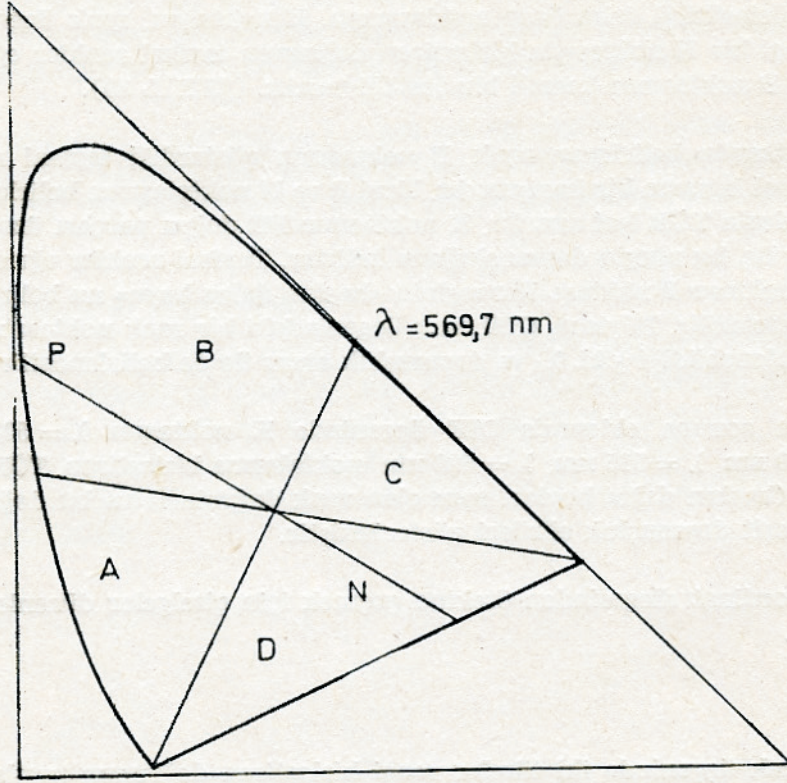
Bir koordinat dizgesinden ötekine geçmek için çizelgeler düzenlenmiştir (15).

CIE renk üçgeninde iki tümler rengi birleştiren doğrunun mutlaka E noktasından geçeceği yukardaki açıklamalardan anlaşılır. E noktası ile,  $\lambda = 380 \text{ nm}$  ( $x = 0,174$   $y = 0,005$ ) ve  $\lambda = 760 \text{ nm}$  ( $x = 0,735$   $y = 0,263$ ) noktalarını birleştiren doğrular CIE renk üçgenini 4 bölgeye ayırır. (ŞEKİL 31).

A bölgesindeki renklerin tümleleri C bölgesinde (ve tersi) B bölgesindeki renklerin tümleleri de D bölgesinde (ve tersi) dir. Birbirlerinin tümleleri olabilecek tayfsal renkler A ve C bölgelerinin sınırlarında (tayfsal renkler eğrisi üstünde) sıralanmışlardır. B bölgesi sınırındaki tayfsal renklerin, yani dalga boyu  $\lambda = 493,9 \text{ nm}$  ile  $\lambda = 569,7 \text{ nm}$  arasındaki tayfsal renklerin, tekrenkli tümleleri yoktur. Bu nedenle D bölgesindeki bir rengin baskın dalga boyu, tümlelerinin baskın dalga boyu gibi, ama eksi işaretiyle gösterilir. Örneğin ŞEKİL 31 de N noktasının baskın dalga boyu  $\lambda_d = -P$  gibi gösterilir. Birbirinin tümleleri olan tekrenkli ışıkların dalga boyları ÇİZELGE III te verilmiştir.

(15) Bu çizelgeler çok ayrıntılı ve uzun olduğundan bu kısa özette yer almadı.





ŞEKİL 31

### KARA CİSMİN EĞRİSİ

Doğrultuları ve dalga boyları ne olursa olsun, üzerine düşen bütün ışınları yutan cisme kara cisim dendiği bilinir. Demek ki ısı — ışıır bir kara cismin yayınladığı ışık yalnızca kara cismin ısıyla ilgilidir. Böylece kara cismin yayınladığı ışığın rengi, sıcaklığının bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar.

Kara cismin çeşitli sıcaklıklarda yayınladığı ışığın renginin CIE üçrenk-sel dizgesine göre x ve y değerleri ve baskın dalga boyları ölçülmüştür. Bu değerler ÇİZELGE IV te verilmiştir. Bu değerlerden yararlanarak çizilen eğri (kitabın sonundaki eke bakınız) kara cismin sıcaklığı ile rengi arasındaki ilgiyi göstermektedir.

### ÇİZELGE III

#### ÖLÇÜN E YE GÖRE TÜMLER RENKLERİN DALGA BOYLARI

$\lambda$	$\lambda'$	$\lambda$	$\lambda'$
380	569,7	570	427,4
400	569,7	571	447,6
410	569,8	572	457,1
420	569,8	573	463,5
430	570,1	574	467,8
440	570,5	575	470,8
450	571,2	576	473,3
455	571,7	577	475,2
460	572,4	578	476,9
465	573,3	579	478,3
470	574,7	580	479,6
471	575,1	581	480,6
472	575,5	582	481,6
473	575,9	583	482,5
474	576,4	584	483,3
475	576,9	585	484,0
476	577,4	586	484,6
477	578,1	587	485,2
478	578,8	588	485,8
479	579,5	589	486,3
480	580,4	590	486,8
481	581,4	591	487,2
482	582,5	592	487,6
483	583,7	593	488,0
484	585,0	594	488,3
485	586,6	595	488,7
486	588,4	596	489,0
487	590,6	597	489,2
488	593,0	598	489,5
489	596,1	599	489,7
490	600,0	600	490,0
491	605,1	610	491,7
492	612,8	620	492,6
493	627,3	630	493,1
		640	493,5
		650	493,6
		660	493,8
		680	493,8
		700	493,9
		760	493,9

(P. J. Bouma'dan)

## ÇİZELGE IV

## RENK SICAKLIĞI — DALGA BOYU İLGİSİ

ve

KARA CİSMİN T FONKSİYONUNDA ÜÇRENKSEL  
KOORDİNATLARI

T	x	y	z	$\lambda_d$
1500	0,586	0,393	0,021	594,8
1600	0,573	0,400	0,027	593,1
1800	0,549	0,408	0,043	590,7
2000	0,526	0,413	0,061	588,7
2100	0,515	0,415	0,070	587,8
2200	0,505	0,415	0,080	587,1
2300	0,495	0,415	0,090	586,4
2400	0,486	0,414	0,100	585,9
2500	0,476	0,414	0,110	585,3
2600	0,468	0,412	0,120	584,8
2700	0,459	0,411	0,130	584,3
2800	0,451	0,408	0,140	583,8
2900	0,444	0,406	0,150	583,3
3000	0,436	0,404	0,160	582,9
3100	0,428	0,401	0,170	582,4
3200	0,423	0,399	0,178	582,1
3300	0,417	0,396	0,187	581,6
3400	0,411	0,393	0,196	581,3
3500	0,405	0,390	0,205	580,9
4000	0,380	0,377	0,243	578,9
4500	0,360	0,364	0,276	576,8
4800	0,351	0,356	0,293	574,8
5000	0,345	0,351	0,304	573,2
5500	0,332	0,341	0,327	
6000	0,322	0,331	0,347	
6500	0,313	0,323	0,363	485,2
7000	0,306	0,316	0,379	483,7
8000	0,295	0,305	0,400	481,0
10000	0,280	0,288	0,431	479,1
24000	0,253	0,253	0,493	477,0
$\infty$	0,238	0,233	0,529	475,8
2848	0,4475	0,4075	0,145	583,6

(P. J. Bouma'dan alınmıştır.)

Herhangi bir ışık kaynağının yayınladığı ışığın rengi çoğu zaman aynı renksellikteki kara cismin salt sıcaklığı ile anlatılır. Buna «renk sıcaklığı» denir. Bazı ışık kaynaklarının ışıklarının renk sıcaklıkları ÇİZELGE V te verilmiştir.

## ÇİZELGE V

Işık cinsi	Renk sıcaklığı T <sub>c</sub>
Mum ışığı ... ..	1900 — 1950
Gaz lambası ışığı ... ..	1930 — 2050
Elektrik lambası ışığı ... ..	2700 — 2900
Projeksiyon lambası ışığı ... ..	3000 — 3200
Kömürlü yay lambası ışığı ... ..	3700 — 4000
Flüorışıl lamba ışıkları	
sıcak renkli ... ..	2900
beyaz ... ..	3900 — 4300
gün ışığı ... ..	6500 — 6750
Ay ışığı ... ..	4100
Güneş ışığı ... ..	5300 — 5800
Kapalı hava ışığı ... ..	6300 — 7200
Mavi gök ışığı ... ..	10000 — 20000

## ÖLÇÜN (STANDART) BEYAZ IŞIKLAR

CIE 1931 de üç ölçün beyaz ışık saptamıştır. Bunlara Ölçün A, Ölçün B ve Ölçün C adları verilmiştir. Bu ölçünler 1931 den beri yürürlüktedir.

Ölçün A renk sıcaklığı T<sub>c</sub> = 2848 olan özel bir akkor lambadır. Ölçün B, Ölçün A ışığının özel, renkli sıvı bir süzgeçten (filtreden) geçirilmesi sonucu elde edilen ve renk sıcaklığı, yakınlıkla, T<sub>c</sub> = 4800 olan ışıktır.

Ölçün C ise, aynı şekilde, Ölçün A dan elde edilen ve renk sıcaklığı yakınlıkla  $T_c = 6500$  olan ışıktır. Bu ışıkların renk noktaları sonda ekli CIE üçgeninde gösterilmiştir. Bu noktaların x ve y değerleri ÇİZELGE IV ten bulunabilir. Bu ışıklar bir çok gözlem ve ölçmelerde kullanılır.

Örneğin, Munsell atlasının incelenmesi Ölçün C ışığı altında yapılmalıdır. Tüm renkler de Ölçün A, Ölçün B, Ölçün C noktaları ya da E noktasına göre tümler biçiminde, değişik durumlar alabilir. Eğer hangi noktaya göre tümler olduğu belirtilmemişse, E noktasına göre tümlerdir.

CIE renk üçgeninin bazı temel özelliklerine ve buna bağlı bazı konulara yukarıda kısaca değinildi. Bu şekilde CIE üçgenin dizgesi tanıtılmış oldu. CIE üçgenin dizgesi ve bu dizgeye göre kurulan renk üçgeni, renkle ilgili pek çok sayıda konunun bilimsel bir biçimde incelenmesini ve inceleme sonuçlarının grafik olarak gösterilmelerini olanaklı kılar. Bu kısa özet içinde bütün bu ayrıntıların yer alması düşünülemez. Bununla birlikte, en önemlilerinin, ayrı fasiküllerle sonradan bu özete eklenmesi yararlı olabilir.