واحد کار اول

آشنایی با اصول مقدماتی فیزیولوژی نور و رنگ و چگونگی تشکیل تصویر

هدف کلی

بررسی چگونگی تبدیل نور به سیگنال الکتریکی در تلویزیون رنگی

هدف‌های رفتاری: فراگیر پس از پایان این واحد کار قادر خواهد بود :

۱ــ اصول تشکیل تصویر را در تلویزیون سیاه و سفید شرح دهد.

۲ــ سازش و هماهنگی به‌عنوان شرط اصلی را شرح دهد.

۳ــ ایجاد رنگ در تلویزیون رنگی را توضیح دهد.

۴ــ سیگنال رنگ‌های اولیه را توضیح دهد.

۵ــ سیگنال تکاثف درخشندگی و نحوه تهیّه‌ی آن را از سیگنال رنگ‌های اولیه توضیح دهد.

۶ــ سیگنال تفاضلی رنگ و نحوه‌ی تهیّه‌ی آن را شرح دهد.

۷ــ پهنای باند را تعریف و مقدار آن را بررسی کند.

۸ــ دایره‌ی رنگ و کاربرد آن را توضیح دهد.

۹ــ ارتباط دایره‌ی رنگ با تلویزیون رنگی را شرح دهد.

۱۰ــ مثلث رنگی ماکسول را شرح دهد.

۱۱ــ طرز کار تلویزیون رنگی را توضیح دهد.

میزان ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۶	ــ	۶

پیش آزمون (۱)

۱ــ معنی کلمه تلویزیون (Television) چیست؟

۲ــ چه دستگاهی می‌تواند تصویر متحرک را به سیگنال الکتریکی تبدیل کند؟

۳ــ بلوک دیاگرام ساده‌ای از فرستنده و گیرنده تلویزیون رسم کنید.

۴ــ منظور از تلویزیون ۱۴ اینچ و ۲۱ اینچ چیست؟

۵ــ سرعت حرکت امواج تلویزیونی در فضا چه‌قدر است؟

الف) $۳۰۰\ \frac{km}{sec}$ ب) $۳۴۰\ \frac{m}{sec}$ ج) $۳۰۰۰۰۰\ \frac{km}{sec}$ د) $۳۴۰\ \frac{km}{sec}$

۶ــ به حرکت شعاع الکترونی در جهت ..... و ..... روی صفحه تصویر، جاروب‌کردن می‌گویند.

۷ــ سیگنال مرکب تصویر شامل کدام سیگنال‌هاست؟

الف) سیگنال دوربین ب) سیگنال دوربین + پالس محو

ج) سیگنال دوربین+ پالس همزمانی د) سیگنال دوربین + پالس همزمانی + پالس محو

۸ــ در مورد سیگنال مرکب تصویر با فاز منفی، کدام گزینه صحیح است؟

الف) سطح سفید کم‌ترین دامنه و سطح سیاه بیش‌ترین دامنه را دارد.

ب) سطح سفید بیش‌ترین دامنه و سطح سیاه کم‌ترین دامنه را دارد.

ج) سطح سفید دارای پلاریته منفی و سطح سیاه دارای پلاریته مثبت است.

د) سطح سفید دارای پلاریته مثبت و سطح سیاه دارای پلاریته منفی است.

۹ــ در سیگنال مرکب تصویر، زمان یک خط چند میکروثانیه است؟

۱۰ــ سیگنال مرکب تصویر مربوط به پترن نوارهای استاندارد سیاه و سفید را با فاز منفی و فاز مثبت رسم کنید.

۱۱ــ نوع مدولاسیون تصویر در تلویزیون کدام است؟

الف) SSB ب) DSB ج) VSB د) FM

۱۲ــ در استاندارد CCIR-B نوع مدولاسیون صوت و تصویر به‌ترتیب از راست به چپ کدام است؟

الف) FM-AM ب) AM-FM ج) AM-AM د) FM-FM

۱۳ــ در سیستم CCIR-B حدود فرکانس کانال‌های تلویزیون در باند بالای VHF (باند III) کدام است؟

الف) ۴۱ــ۶۸ MHz ب) ۱۷۴ــ۲۳۰ MHz ج) ۴۷۰ــ۶۰۵ MHz د) ۶۰۶ــ۸۵۳ MHz

۱۴ــ پهنای باند هر کانال در استاندارد CCIR-B چند مگاهرتز است؟

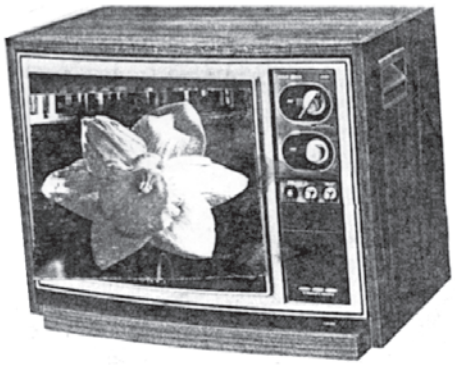
الف) ۶ ب) ۵/۵ ج) ۷ د) ۶/۵

۱۵ــ فرکانس IF تصویر ..... مگاهرتز و فرکانس IF صدا ..... مگاهرتز است.

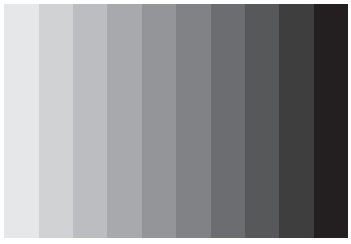
۱ــ آشنایی با چگونگی تشکیل تصویر

۱ــ۱ــ اصول تشکیل تصویر در تلویزیون سیاه و سفید

استفاده از کلمه سیاه و سفید در گیرنده‌های سیاه و سفید به معنی غیررنگی‌بودن تصویر است (شکل ۱ــ۱). در این نوع گیرنده‌ها نقاطی که دارای حداکثر روشنایی هستند سفید و نقاطی که روشنایی بسیار کم دارند به‌صورت سیاه دیده می‌شوند. بین این نقاط درجات مختلفی از سطح خاکستری روشن تا تیره قرار دارد (شکل ۲ــ۱).

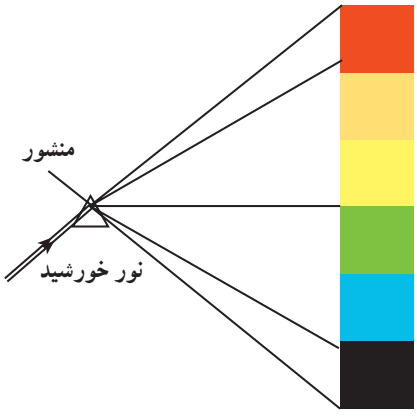


شکل ۱ــ۱



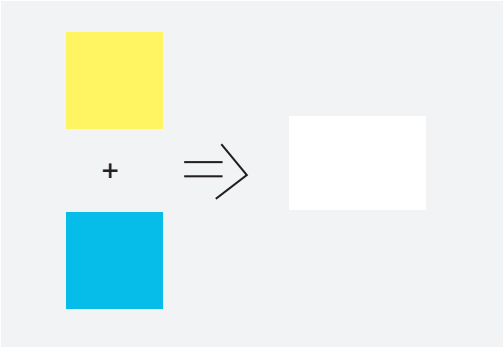
شکل ۲ــ۱

این تصوّر ایجاد می‌شود که مادّه‌ی درخشنده‌ی سطح حسّاس تلویزیون سیاه و سفید، ماده‌ای است که هنگام تحریک توسط الکترون‌ها فقط نور سفید یا به‌عبارت دیگر نور غیررنگی تولید می‌کند همان‌طور که می‌دانید نور سفید ترکیبی از طول موج‌هایی از رنگ‌های مختلف است که در مجموع توسط چشم به‌صورت سفید دیده می‌شود. مثل نور خورشید که پس از تجزیه به طیف نوری از رنگ‌های مختلف تبدیل می‌شود (شکل ۳ــ۱).



شکل ۳ــ۱

مواد فسفرسانس روی صفحه‌ی تلویزیون سیاه و سفید، دو نور به رنگ‌های آبی و زرد می‌سازد که با هم ترکیب می‌شوند و تحت شرایط معینی نور سفید تولید می‌کنند (شکل ۴ــ۱).



شکل ۴ــ۱

۲ــ۱ــ سازش و هماهنگی به‌عنوان شرط اصلی

سازش و هماهنگی به مفهوم سازگاری کامل بین سیستم‌های تلویزیون سیاه و سفید و رنگی است. سازگاری بین دو سیستم به این مفهوم است که تلویزیون رنگی می‌تواند از برنامه سیاه و سفید به‌صورت سیاه و سفید استفاده کند (شکل ۵ــ۱).

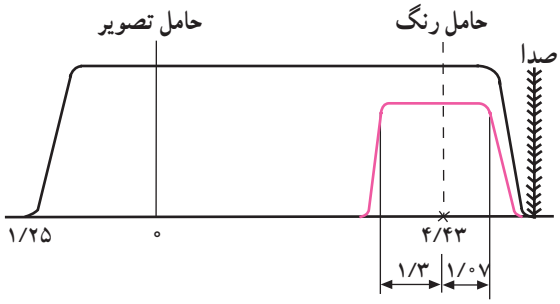
شکل ۵ــ۱

همچنین هر تلویزیون سیاه و سفید نیز باید بتواند برنامه‌های رنگی را به‌صورت سیاه و سفید دریافت کند (شکل ۶ــ۱).

شکل ۶ــ۱

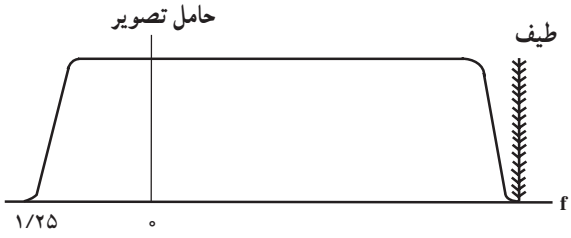
برای برقراری اصل سازش باید موارد زیر در نظر گرفته شود :

۱ــ۲ــ۱ــ یکسان‌بودن حدود طیف فرکانس: طیف فرکانس کلیه‌ی سیگنال‌ها در تلویزیون رنگی باید در حدود طیف فرکانس در تلویزیون سیاه و سفید باشد. شکل ۷ــ۱ پهنای باند یک کانال و مکان حامل تصویر و صدا را در تلویزیون رنگی نشان می‌دهد.



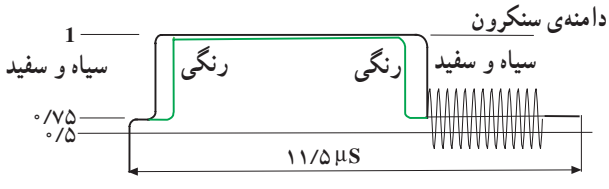
شکل ۷ــ۱

شکل ۸ــ۱ پهنای باند کانال و مکان حامل تصویر و صدا را در تلویزیون سیاه و سفید نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود طیف فرکانس هر دو سیستم تقریباً با هم برابر است.



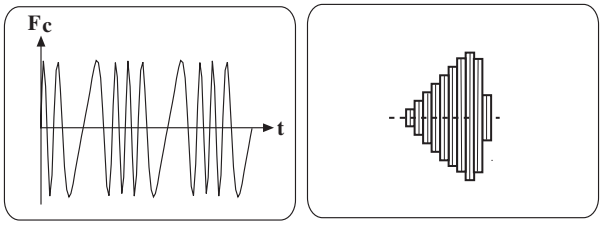
شکل ۸ــ۱

۲ــ۲ــ۱ــ یکسان‌بودن پالس‌های همزمانی، محو افقی و محو عمودی: باید پالس‌های همزمانی و محو در سیستم تلویزیون رنگی و سیاه و سفید با هم انطباق داشته باشد (شکل ۹ــ۱).



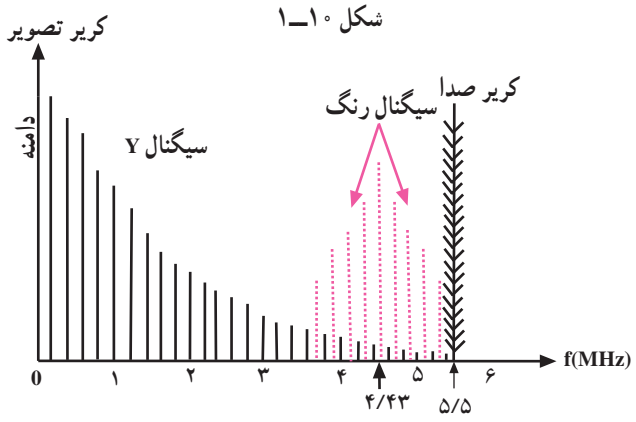
شکل ۹ــ۱

۳ــ۲ــ۱ــ یکسان‌بودن حامل صدا و تصویر: نوع مدولاسیون صدا و تصویر و حامل آن‌ها در هر دو سیستم سیاه و سفید و رنگی باید یکسان باشد (شکل ۱۰ــ۱).



شکل ۱۰ــ۱

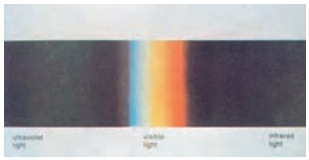
۴ــ۲ــ۱ــ اطلاعات مربوط به رنگ باید به گونه‌ای ارسال شود که هیچ علامت اضافی روی تصویر سیاه و سفید مشاهده نشود. برای رسیدن به این هدف طیف سیگنال رنگ را در داخل طیف سیگنال روشنایی و در جای خالی از انرژی روشنایی قرار می‌دهند (شکل ۱۱ــ۱).



شکل ۱۱ــ۱

۳ــ۱ــ ایجاد رنگ در تلویزیون رنگی

۱ــ۳ــ۱ــ تعریف نور: نور قسمتی از طیف امواج الکترومغناطیس است که به‌وسیله‌ی چشم انسان قابل رؤیت می‌باشد (شکل ۱۲ــ۱).



شکل ۱۲ــ۱

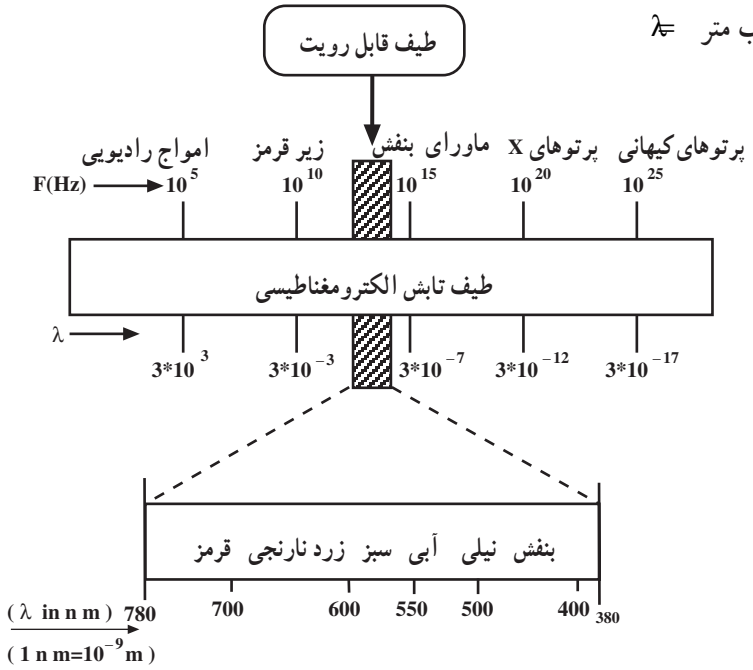
طول موج نورهای قابل رؤیت تقریباً از ۳۸۰ تا ۷۸۰ نانومتر است. (شکل ۱۳ــ۱) یک نانومتر برابر با 10^{-9} متر و رابطه‌ی طول موج به‌صورت $\lambda = \frac{c}{f}$ است.

در این رابطه :

سرعت نور یا سرعت امواج الکترومغناطیس $C = 3\times10^{8}\ m/s$

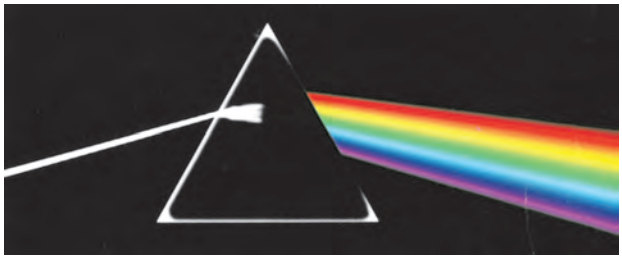
فرکانس برحسب هرتز $= F$

طول موج برحسب متر $= \lambda$



شکل ۱۳ــ۱

۲ــ۳ــ۱ــ ترکیب نورها: بسیاری از نورهای رنگی از ترکیب نورهای با طول موج‌های مختلف درست می‌شوند. مثلاً اگر به نور خورشید توجه کنیم می‌بینیم که رنگ نور آن سفید مایل به زرد است. اگر این نور را توسط منشوری شیشه‌ای تجزیه کنیم طیفی از رنگ‌های مختلف در آن ظاهر می‌شود (شکل ۱۴ــ۱).

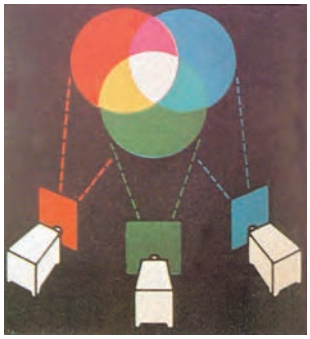


شکل ۱۴ــ۱

۳ــ۳ــ۱ــ رنگ‌های اصلی: سه رنگ قرمز، سبز و آبی را رنگ‌های اصلی می‌گویند. رنگ قرمز را با R، رنگ سبز را با G و آبی را با B نشان می‌دهند. این رنگ‌ها کاملاً مستقل از یکدیگر هستند و نمی‌توان هیچ‌یک از آن‌ها را از ترکیب دو رنگ دیگر به‌دست آورد (شکل ۱۵ــ۱).

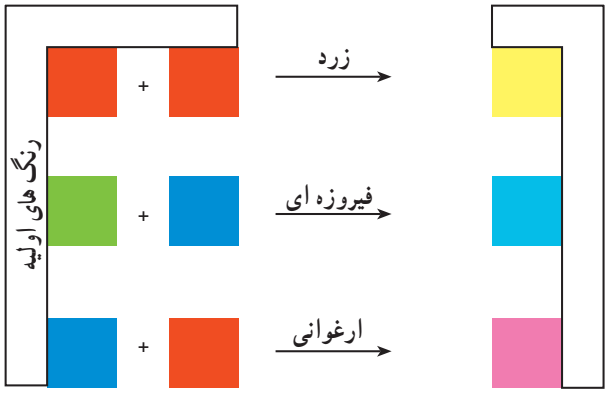
شکل ۱۵ــ۱

از ترکیب مقادیر مختلفی از هریک از این سه رنگ، رنگ‌های دیگری ساخته می‌شوند(شکل ۱۶ــ۱).



شکل ۱۶ــ۱

مثلاً از ترکیب رنگ‌های قرمز و سبز رنگ زرد، از ترکیب رنگ‌های سبز و آبی رنگ فیروزه‌ای و از ترکیب آبی و قرمز رنگ ارغوانی به‌وجود می‌آید (شکل ۱۷ــ۱).



شکل ۱۷ــ۱

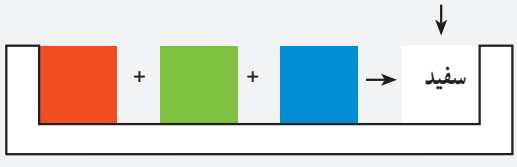
۴ــ۳ــ۱ــ رنگ‌های مکمل: رنگ‌های مکمل رنگ‌هایی هستند که از ترکیب آن‌ها رنگ سفید به‌دست آید. رنگ‌های مکمل عبارتند از :

سفید = آبی + زرد

سفید = نیلی + قرمز

سفید = ارغوانی + سبز

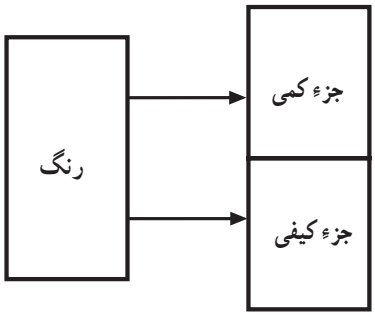
۵ــ۳ــ۱ــ تولید نور سفید: هرگاه سه نور قرمز، سبز و آبی را با شدت‌های معینی با هم ترکیب کنیم نور سفید به‌دست می‌آید (شکل ۱۸ــ۱).



شکل ۱۸ــ۱

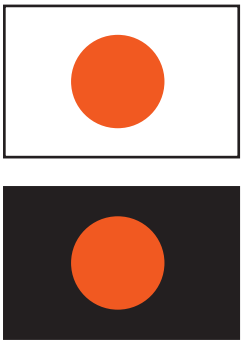
۶ــ۳ــ۱ــ خصوصیات رنگ: هر رنگ از دو جزء کمی و کیفی تشکیل می‌شود (شکل ۱۹ــ۱).

الف) جزء کمی رنگ: جزء کمی رنگ روشنایی یا لومینانس نام دارد. لومینانس میزان روشن بودن رنگ را مشخص می‌کند. برای درک بهتر مثالی می‌زنیم.



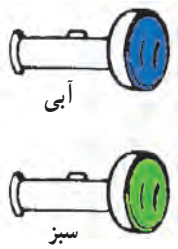
شکل ۱۹ــ۱

اگر دایره شفاف قرمز رنگ را یک بار روی صفحه سفید و بار دیگر روی صفحه سیاه قرار دهید تفاوت زیادی در مقدار روشنایی دایره قرمز رنگ مشاهده می‌کنید (شکل ۲۰ــ۱).



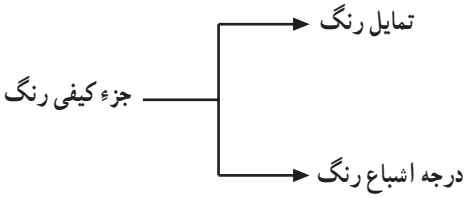
شکل ۲۰ــ۱

همچنین اگر به دو منبع نور سبز و آبی با توان‌های مساوی توجه کنید، نور سبز روشن‌تر از نور آبی دیده می‌شود؛ پس روشنایی در واقع میزان تأثیر رنگ را روی سلول‌های چشم بیان می‌کند (شکل ۲۱ــ۱).



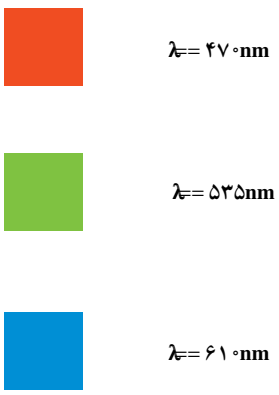
شکل ۲۱ــ۱

ب) جزء کیفی رنگ: جزء کیفی رنگ را رنگینی رنگ می‌نامند. رنگینی رنگ به دو بخش تمایل رنگ و درجه اشباع رنگ تقسیم‌بندی می‌شود (شکل ۲۲ــ۱).



شکل ۲۲ــ۱

تمایل رنگ: تمایل رنگ، رنگ اصلی جسم را مشخص می‌کند. هر رنگ دارای طول موج معینی است که با طول موج رنگ‌های دیگر متفاوت است؛ مثلاً رنگ قرمز هیچ تمایلی به رنگ سبز ندارد. رنگ قرمز دارای طول موج ۶۱۰ نانومتر، رنگ آبی ۴۷۰ نانومتر و رنگ سبز دارای طول موج ۵۳۵ نانومتر است (شکل ۲۳ــ۱).



شکل ۲۳ــ۱

درجه اشباع رنگ: میزان نور سفید موجود در رنگ، درجه اشباع رنگ را مشخص می‌کند. هر رنگی که خالص بوده و اصلاً نور سفید نداشته باشد دارای درجه اشباع صددرصد است. هرچه میزان نور سفید در نور رنگی بیشتر باشد درجه‌ی اشباع آن کم‌تر است (شکل ۲۴ــ۱).

به‌عنوان مثال اگر به رنگ قرمز به‌تدریج نور سفید اضافه کنیم میزان قرمزی رنگ یعنی تمایل رنگ ثابت می‌ماند ولی درجه‌ی اشباع آن به‌تدریج تغییر می کند و از قرمز سیر به قرمز روشن تبدیل می‌شود (شکل ۲۵ــ۱).

رنگ زرد با درجه اشباع بیشتر

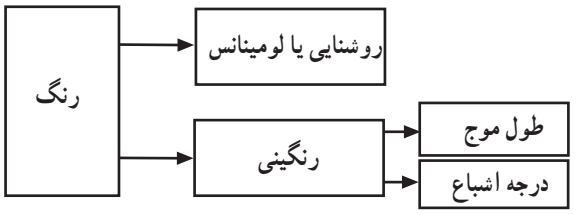
رنگ زرد با درجه اشباع کمتر

شکل ۲۴ــ۱

قرمز روشن — قرمز تیره

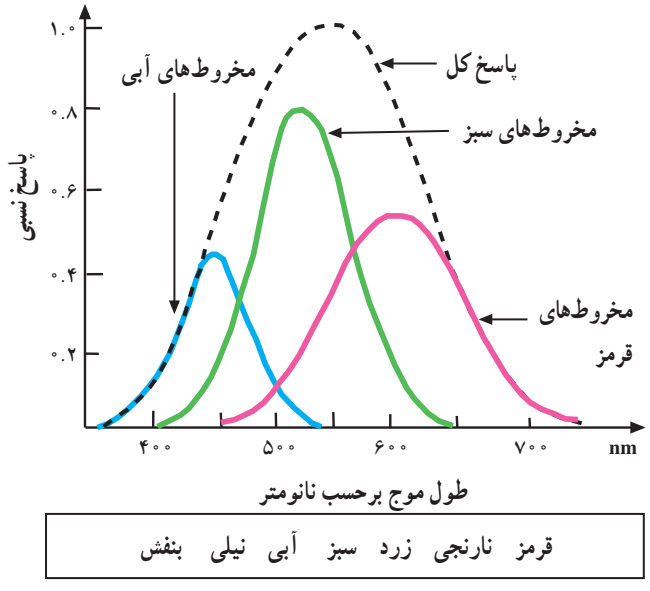
شکل ۲۵ــ۱

اجزای رنگ را می‌توان به‌صورت بلوک دیاگرام شکل ۲۶ــ۱ نشان داد.



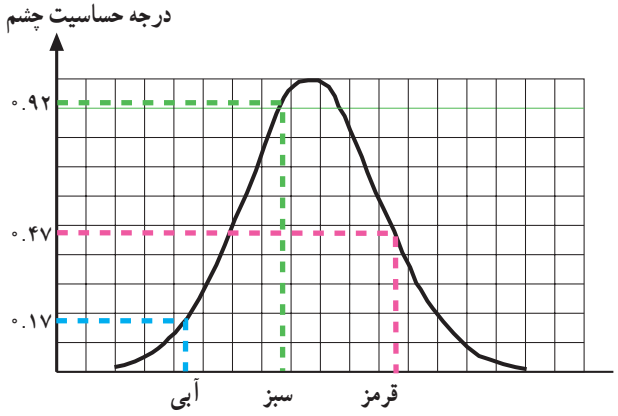
شکل ۲۶ــ۱

۷ــ۳ــ۱ــ درجه حساسیت چشم انسان نسبت به رنگ‌های مختلف: در چشم انسان سه نوع سلول رنگ وجود دارد. این سلول‌ها به رنگ‌های قرمز، سبز و آبی حساس هستند. با دیدن تصویر رنگی، هرکدام از سلول‌ها رنگ مربوط به خود را حس می‌کند و احساس هر رنگ به‌طور مستقل به مغز انتقال می‌یابد. در مغز رنگ‌های حس‌شده متناسب با نسبت هایی که دارند با هم ترکیب می‌شوند و رنگ جسم را مشخص می‌کنند. درجه‌ی حساسیت چشم نسبت به طول موج‌های مختلف مطابق نمودار شکل ۲۷ــ۱ است.



شکل ۲۷ــ۱

با توجه به منحنی، می‌توان منحنی حساسیت چشم انسان را نسبت به سه رنگ اصلی قرمز و سبز و آبی به‌صورت شکل ۲۸ــ۱ نشان داد.



شکل ۲۸ــ۱

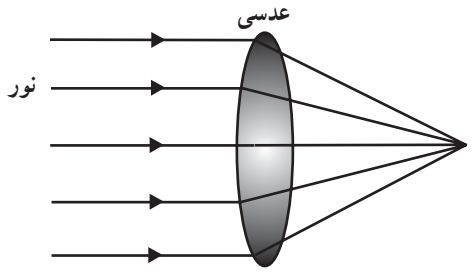
۴ــ۱ــ سیگنال رنگ‌های اولیه

برای تهیّه‌ی سیگنال‌های رنگ اولیه ابتدا به صحنه، نور تابانده می‌شود سپس نور منعکس‌شده از صحنه توسط دوربین تلویزیون رنگی به سه سیگنال رنگ اولیه قرمز، سبز و آبی تجزیه می‌شود (شکل ۲۹ــ۱).

شکل ۲۹ــ۱

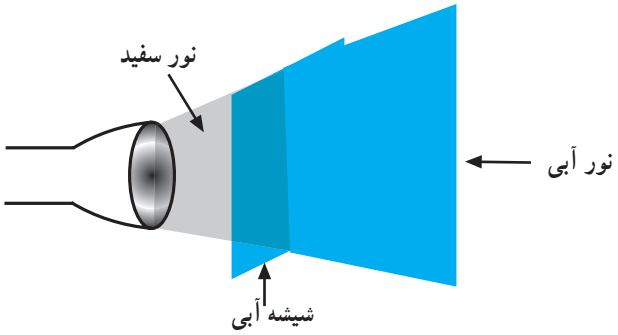
دوربین

نور منعکس‌شده از صحنه پس از عبور از عدسی در داخل دوربین متمرکز می‌شود (شکل ۳۰ــ۱).



شکل ۳۰ــ۱

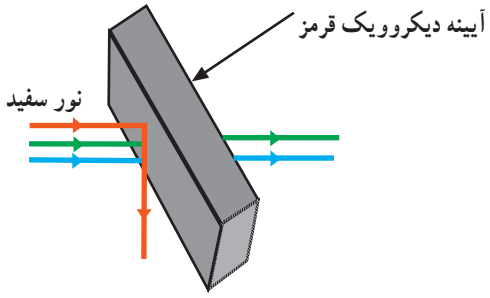
در داخل دوربین، سه آیینه‌ی منکسرکننده (تجزیه‌کننده) وجود دارد که رنگ‌ها را تجزیه می‌کند.، به این آیینه‌ها، آیینه‌های دیکرووِیک[1] می‌گویند. می‌دانیم هر شیشه‌ی رنگی نور مربوط به خود را عبور می‌دهد و بقیه‌ی رنگ‌ها را جذب می‌کند. مثلاً وقتی به شیشه‌ی آبی نور سفید بتابانیم، شیشه‌ی آبی فقط طیف نور آبی را از خود عبور می‌دهد و نورهای قرمز و سبز را حذف می‌کند (شکل ۳۱ــ۱).



شکل ۳۱ــ۱

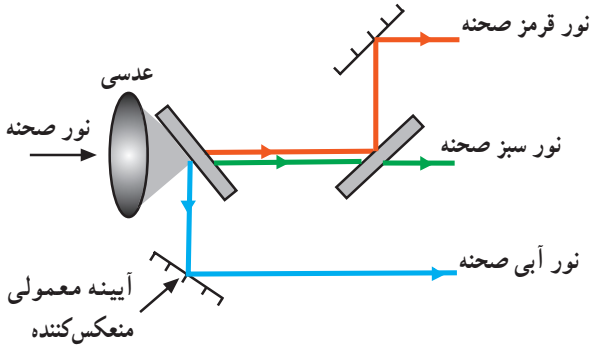
۱ــ Dichroic دو رنگ

آیینه‌های منکسرکننده یا دیکرویک از بین نورهای قرمز و سبز و آبی، یک نور را می‌شکند و بقیّه‌ی نورها از آن عبور می‌کند. مثلاً در آینه‌ی دیکرویک قرمز نور قرمز منکسر می‌شود و از آینه عبور نمی‌کند ؛ درحالی که نورهای سبز و آبی از آن می‌گذرد (شکل ۳۲ــ۱).



شکل ۳۲ــ۱

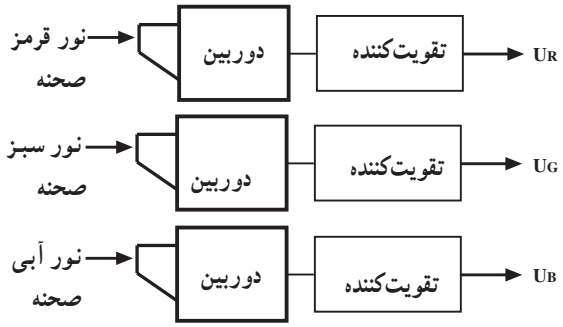
در دوربین ابتدا سه نور قرمز و سبز و آبی صحنه به‌وسیله‌ی آیینه‌های دیکرویک از هم جدا می‌شود، سپس نورهای جداشده توسط آیینه‌های معمولی منعکس‌کننده، در راستای مورد نظر تنظیم می‌شوند (شکل ۳۳ــ۱).



شکل ۳۳ــ۱

از نورهای قرمز و سبز و آبی مربوط به صحنه، توسط سه دوربین سه نوع سیگنال الکتریکی تهیّه می‌شود. سیگنال‌های تهیّه‌شده بعد از عبور از تصحیح‌کننده‌ی گاما، به میزان لازم تقویت می شود (شکل ۳۴ــ۱).

این سه سیگنال را U_R و U_G و U_B می‌نامیم. U_R سیگنال رنگ اوّلیهٔ قرمز، U_G سیگنال رنگ اولیّهٔ سبز و U_B سیگنال رنگ اولیّهٔ آبی نام دارد.



شکل ۳۴ــ۱

۱ــ۴ــ۱ــ تصحیح‌کننده‌ی گاما: برای حفظ کیفیت تصویر، باید مقدار نوری که در گیرنده از لامپ تصویر پخش می‌شود برابر با مقدار نوری باشد که در فرستنده از صحنه به دوربین تلویزیون تابیده می‌شود. برای این منظور باید بین مقادیر نور در فرستنده و گیرنده یک رابطه خطی برقرار باشد (شکل ۳۵ــ۱).

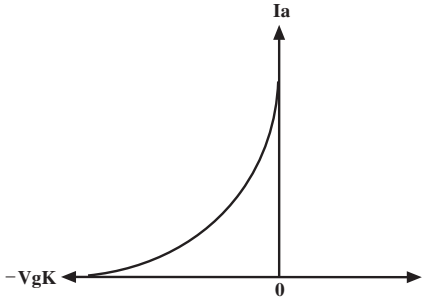
صحنه

تصویر در تلویزیون

شکل ۳۵ــ۱

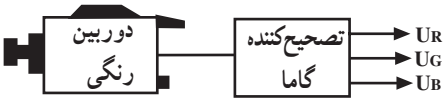
از طرفی چون رابطه‌ی بین جریان لامپ تصویر و ولتاژ شبکه‌ی کنترل در گیرنده تلویزیون غیرخطی است (شکل ۳۶ــ۱).

همواره در ارتباط با سیگنال‌های رنگ بین دوربین تلویزیونی فرستنده تا لامپ تصویر در گیرنده رابطهٔ غیرخطی برقرار می‌شود.



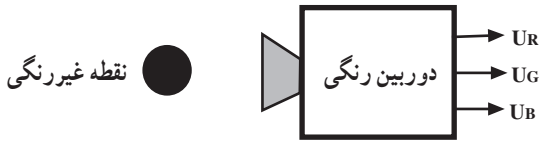
شکل ۳۶ــ۱

تصحیح‌کننده گاما برای جبران رابطه‌ی غیرخطی بین جریان لامپ تصویر و ولتاژ شبکه فرمان به‌کار می‌رود. تصحیح‌کننده‌ی گاما در واقع نوعی تقویت‌کننده است که با تقویت سیگنال رنگ‌های اولیه سبب می‌شود تا میزان نور موجود در صحنه با میزان نور تولیدشده در صفحه‌ی لامپ تصویر گیرنده برابر شود (شکل ۳۷ــ۱).



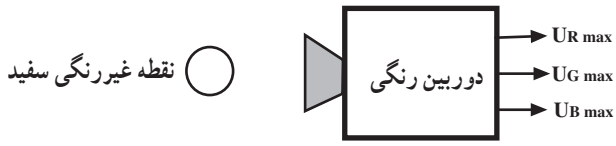
شکل ۳۷ــ۱

۲ــ۴ــ۱ــ تعادل سفید: تمام دوربین‌های تلویزیون رنگی طوری تنظیم می‌شوند که سیگنال‌های رنگ اولیه برای یک نقطه غیررنگی مقادیر مساوی داشته باشند ؛ یعنی برای یک نقطه غیررنگی باید $U_R = U_G = U_B$ باشد (شکل ۳۸ــ۱).



شکل ۳۸ــ۱

اگرنقطه غیررنگی، سفید و منعکس‌کننده ایده‌آل باشد، دیافراگم دوربین طوری تنظیم می‌شود که سیگنال رنگ‌های اولیه ماکزیمم و مقدار آن مساوی ۱ ولت شود (شکل ۳۹ــ۱).



شکل ۳۹ــ۱

$$U_{R\,max} = U_{G\,max} = U_{B\,max} = 1V$$

این حالت از تنظیم دوربین را تعادل سفید گویند.

۵ــ۱ــ سیگنال تکاثف درخشندگی

برای برقراری سازش و هماهنگی بین تلویزیون سیاه و سفید و رنگی لازم است در فرستنده تلویزیون رنگی سیگنالی تهیّه کنیم که فقط حاوی اطلاعات مربوط به تکاثف درخشندگی باشد. یعنی سیگنالی تهیه کنیم، مشابه سیگنالی که یک تلویزیون سیاه و سفید از صحنه تهیه می‌کند (شکل ۴۰ــ۱).

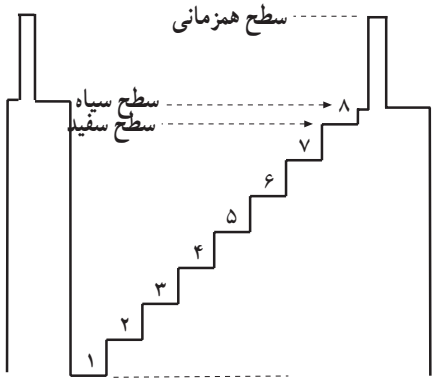
شکل ۴۰ــ۱

این سیگنال را در تلویزیون رنگی سیگنال تکاثف درخشندگی یا سیگنال روشنایی یا لومینانس می‌نامند و آن را با U_Y نشان می‌دهند. برای سادگی در نوشتن، U_Y را با Y نشان می‌دهیم.

شکل ۴۱ــ۱

(شکل ۴۱ــ۱ و ۴۲ــ۱) پترن نوارهای استاندارد و سیگنال روشنایی این نوار را نشان می‌دهد. در تلویزیون رنگی Y از ترکیب نسبت معینی از U_R و U_G و U_B به‌دست می‌آید.

$$UY = aU_R + bU_G + cU_B$$



سیگنال روشنایی همراه با پالس‌های همزمانی و محو

شکل ۴۲ــ۱

ضرایب a و b و c اعداد ثابتی هستند این ضرایب به میزان حساسیت چشم به سه رنگ قرمز و سبز و آبی بستگی دارند. اگر حداکثر حساسیت چشم را ۱ در نظر بگیریم درجه حساسیت چشم نسبت به رنگ قرمز ۰/۴۷ و نسبت به رنگ سبز ۰/۹۲ و نسبت به رنگ آبی ۰/۱۷ است.

(شکل۴۳ـ۱) درجه حساسیت چشم را نسبت به رنگ‌های قرمز و سبز و آبی نشان می‌دهد. ضرایب a و b و c را باید طوری انتخاب کنیم که جمع آن‌ها برابر با ۱ شود.

$$a+b+c=1$$

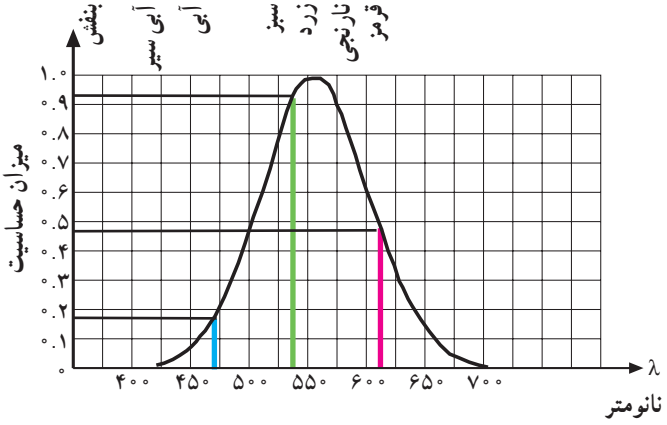
چون ۰/۱۷+۰/۹۲+۰/۴۷ برابر ۱/۵۶ می‌شود لذا باید ضرایب a و b و c را با استفاده از روابط مقابل اصلاح کنیم.

با استفاده از این ضرایب رابطه بین سیگنال تکاثف درخشندگی و سیگنال رنگ‌های اولیه به‌دست می‌آید.

$$U_Y = ۰/۳۰U_R + ۰/۵۹U_G + ۰/۱۱U_B$$

با یک آزمایش ساده می‌توان رابطه فوق را اثبات کرد. چنانچه یک لامپ قرمز با توان ۳۰ وات، یک لامپ سبز با توان ۵۹ وات و یک لامپ آبی با توان ۱۷ وات را روشن کنیم، درصورتی که نسبت تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی نورانی در لامپ‌ها یکسان باشد. از مجموع نورهای تولیدشده، نور سفید به‌وجود می‌آید به عبارت دیگر از ترکیب سه نور با نسبت‌های فوق، رنگ نور ایجادشده به صورت سفید دیده می‌شود (شکل ۴۴ـ۱).

عکس این عمل نیز صادق است یعنی اگر نور چراغی که دارای توان ۱۰۰ وات است و نور سفید می‌تاباند را توسط سه فیلتر قرمز، سبز و آبی تجزیه کنیم، مشاهده می‌شود که نور سفید تولیدشده از توان الکتریکی، معادل ۳۰ وات آن مربوط به نور قرمز، ۵۹ وات مربوط به نور سبز و ۱۱ وات مربوط به نور آبی است (شکل ۴۵ـ۱).



شکل ۴۳ـ۱

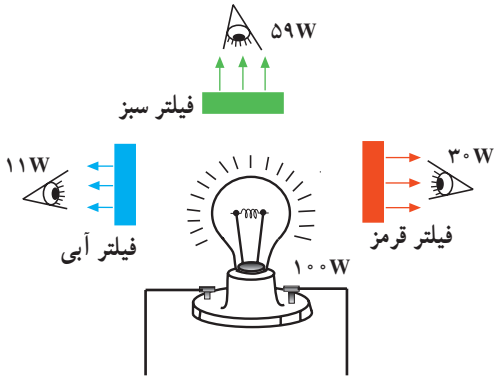
$$a=\frac{۰/۴۷}{۱/۵۶}=۰/۳۰$$

$$b=\frac{۰/۹۲}{۱/۵۶}=۰/۵۹$$

$$c=\frac{۰/۱۷}{۱/۵۶}=۰/۱۱$$

چشم نورها را سفید می‌بیند

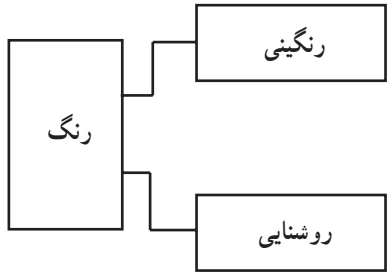
شکل ۴۴ـ۱



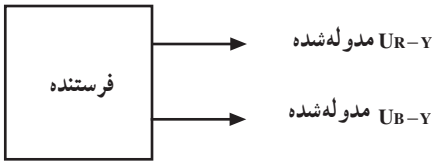
شکل ۴۵ـ۱

۶ــ۱ــ سیگنال تفاضلی رنگ

هر رنگ از تکاثف درخشندگی (روشنایی) و رنگینی رنگ تشکیل شده است (شکل ۴۶ــ۱). نقشه‌ی بلوکی اجزای رنگ را نشان می‌دهد. چون ارسال مستقیم سیگنال‌های U_R و U_G و U_B همراه با سیگنال روشنایی (U_Y) از نظر مقدار پهنای باند اشکال ایجاد می‌کند و در ضمن ارسال این سیگنال‌ها روی صفحه تصویر، ایجاد پارازیت می‌نماید، لذا در کلیه سیستم های تلویزیون رنگی سیگنال تفاضلی قرمز ($U_R - U_Y$) و سیگنال تفاضلی آبی ($U_B - U_Y$) را در فرستنده تولید و ارسال می‌کنند (شکل ۴۷ــ۱).



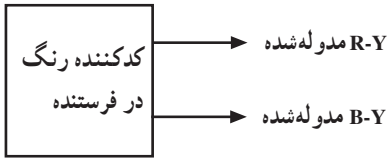
شکل ۴۶ــ۱



شکل ۴۷ــ۱

شکل ۱ــ۴۷ نقشه‌ی بلوکی ارسال سیگنال‌های آبی و قرمز را نشان می‌دهد.

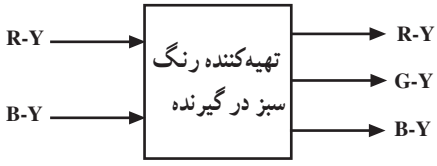
به عبارت دیگر در فرستنده از هریک از سیگنال‌های رنگ U_R و U_B سیگنال روشنایی یعنی U_Y را کم می‌کنند. درضمن سیگنال رنگ سبز را نیز ارسال نمی‌نمایند (شکل ۴۸ــ۱)



شکل ۴۸ــ۱

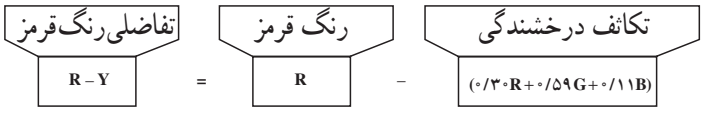
سیگنال‌های $U_R - Y$ و $U_B - Y$ را سیگنال تفاضلی رنگ می‌نامند.

در گیرنده سیگنال سبز را از ترکیب سیگنال روشنایی و سیگنال‌های تفاضلی $U_R - U_Y$ و $U_B - U_Y$ به‌دست می‌آورند. برای اختصار U_R و U_G و U_B را با R، G و B و U_Y را با Y نشان می‌دهیم (شکل ۴۹ــ۱).

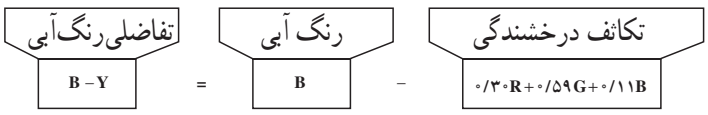


شکل ۴۹ــ۱

۱ــ۶ــ۱ــ معادلات سیگنال‌های تفاضلی رنگ : با توجه به رابطه سیگنال تکاثف درخشندگی، معادلات مربوط به سیگنال‌های تفاضلی رنگ قرمز و آبی به‌سادگی به‌دست می‌آید.



$$R - Y = ۰/۷۰R - ۰/۵۹G - ۰/۱۱B$$



$$B - Y = ۰/۸۹B - ۰/۳۰R - ۰/۵۹G$$

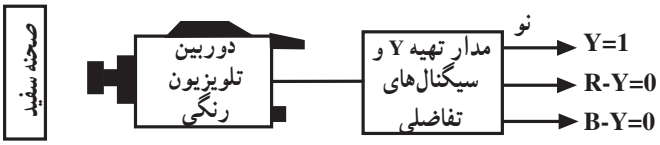
۲ــ۶ــ۱ــ خاصیت سیگنال تفاضلی : یکی از خصوصیات مهم سیگنال تفاضلی این است که در نقاط سفید و خاکستری تصویر، مقدار این سیگنال‌ها صفر می‌شود.

معادله‌ی روشنایی $Y = ۰/۳۰R + ۰/۵۹G + ۰/۱۱B$

در نقاط سفید ایده‌آل $R = G = B = ۱V$

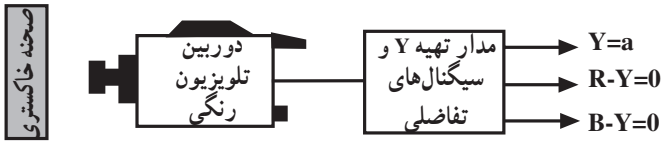
$$Y = ۰/۳۰(۱) + ۰/۵۹(۱) + ۰/۱۱(۱) = ۱$$

با توجه به رابطه‌ی فوق، در نقاط سفید ایده‌آل مقدار سیگنال‌های تفاضلی رنگ صفر می‌شود (شکل ۵۰ــ۱).



شکل ۵۰ــ۱

در نقاط خاکستری مقدار R، G و B با هم مساوی و کم‌تر از ۱ ولت می‌شود. به‌عنوان مثال اگر مقدار را برابر با a ولت در نظر بگیریم، مقدار UY برابر با a ولت و سیگنال‌های تفاضلی برابر با صفر می‌شود (شکل ۵۱ــ۱).



شکل ۵۱ــ۱

$$R = G = B = a \text{ ولت}$$

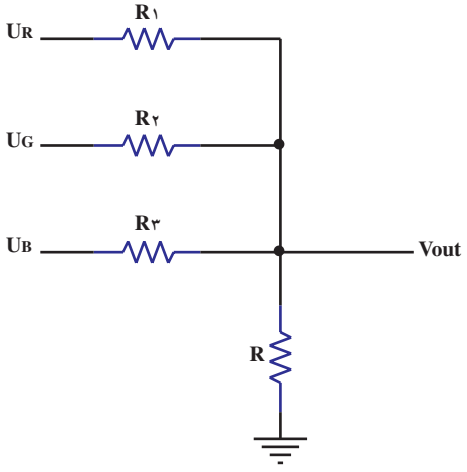
$$U_Y = ۰/۳۰R + ۰/۵۹G + ۰/۱۱B = ۰/۳۰a + ۰/۵۹a + ۰/۱۱a$$

$$U_Y = a$$

$$R - Y = a - a = ۰$$

$$B - Y = a - a = ۰$$

۳ــ۶ــ۱ــ تهیه‌ی سیگنال روشنایی (U_Y): برای تهیه‌ی U_Y باید ٪۳U_R و ٪۵۹U_G و ٪۱۱U_B را با هم جمع کنیم. برای تهیه‌ی نسبت‌های معینی از سه سیگنال U_R ، U_G و U_B و به‌دست آوردن حاصل جمع آن‌ها جهت تولید سیگنال روشنایی، از مدار مخصوصی به نام ماتریس استفاده می‌کنند. نوع ساده‌ای از این مدار، ترکیبی از مقاومت‌هاست. شکل (۵۲ــ۱) مدار ماتریس مقاومتی را نشان می‌دهد. توضیح بیش‌تر چگونگی تهیه‌ی سیگنال روشنایی U_Y در ضمیمه‌ی شماره ۱ آورده شده است.

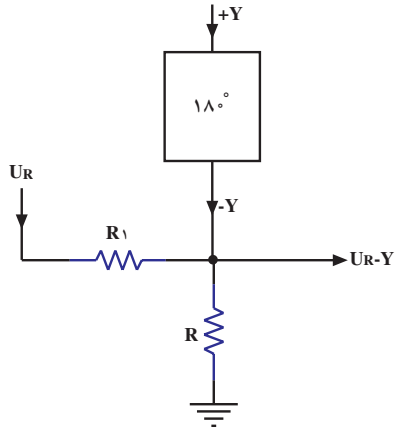


شکل ۵۲ــ۱

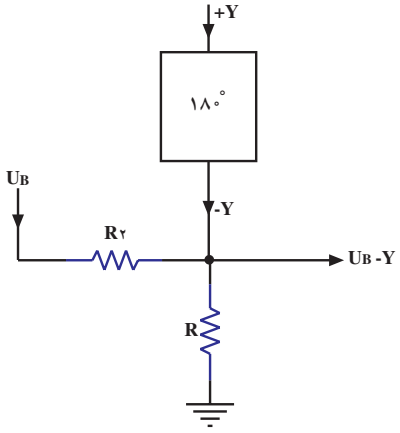
۴ــ۶ــ۱ــ تهیه‌ی سیگنال تفاضلی $U_R - U_Y$ و $U_B - U_Y$: برای تهیه‌ی سیگنال تفاضلی، ابتدا سیگنال Y را با فاز مثبت وارد مداری می‌نمایند که در آن اختلاف فاز ۱۸۰درجه به‌وجود می‌آید. به این ترتیب Y به Y − تبدیل می‌شود (شکل ۵۳ــ۱).

شکل ۵۳ــ۱

سپس قسمتی از U_R و U_B را به نسبت مورد نیاز با $(-Y)$ جمع می‌کنند تا سیگنال‌های تفاضلی $U_R - Y$ و $U_B - Y$ فراهم شود. شکل ۵۴ــ۱ نحوه‌ی تولید سیگنال $U_R - Y$ و شکل ۵۵ــ۱ نحوه تولید سیگنال $U_B - Y$ را نشان می‌دهد.

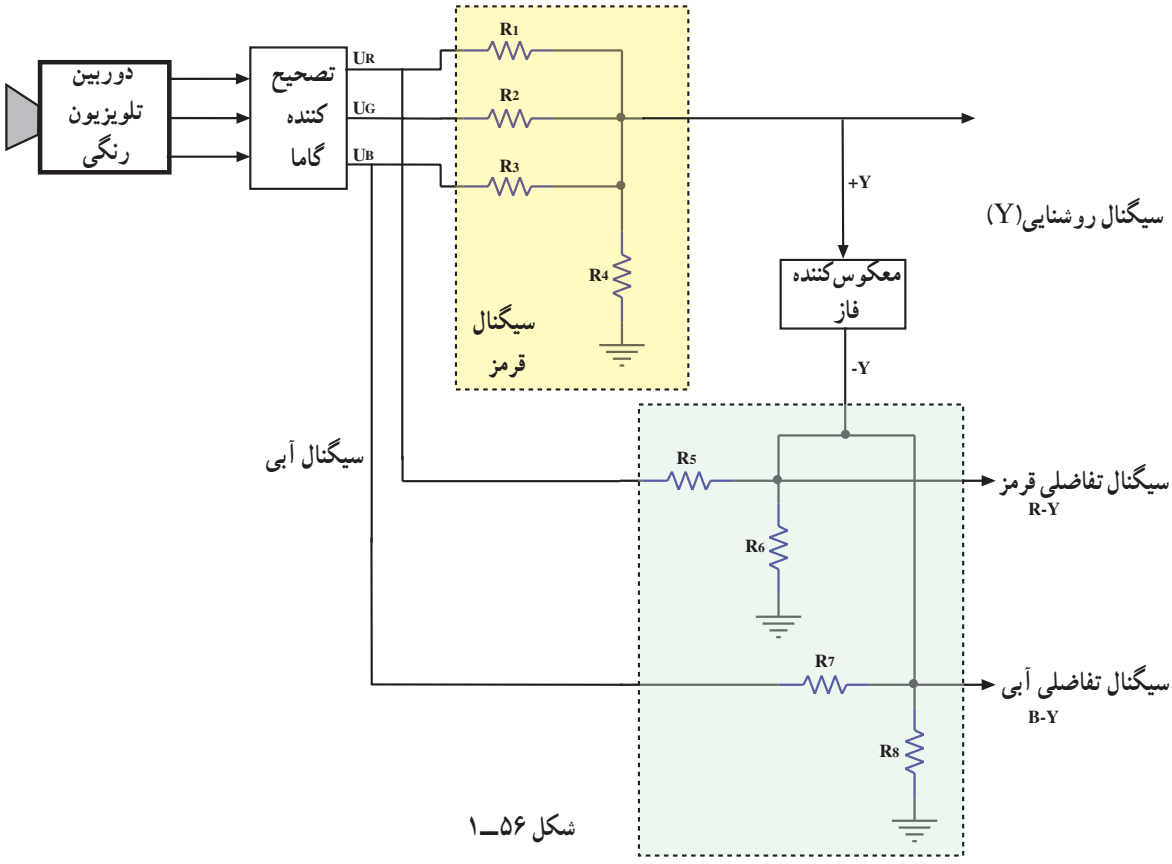


شکل ۵۴ــ۱



شکل ۵۵ــ۱

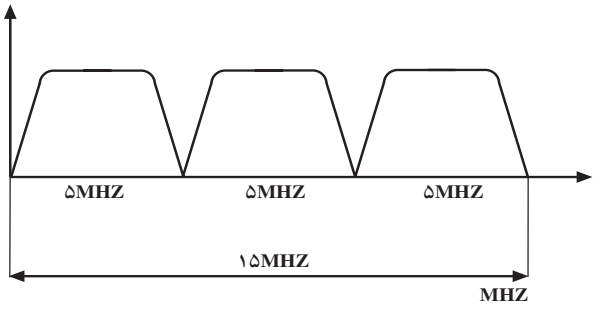
۵ــ۶ــ۱ــ نمای بلوکی کامل نحوه‌ی تهیه‌ی سیگنال روشنایی و سیگنال‌های تفاضلی رنگ: شکل ۵۶ــ۱ نمای بلوکی نحوه تهیه سیگنال روشنایی و سیگنال‌های تفاضلی رنگ را نشان می‌دهد.



شکل ۵۶ــ۱

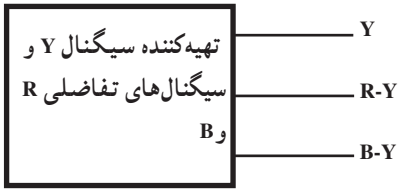
۷ــ۱ــ پهنای باند فرکانس در تلویزیون رنگی

اگر بخواهیم در تلویزیون رنگی هر سه سیگنال رنگ‌های اولیه را که از دوربین به‌دست می‌آیند مستقیماً بفرستیم به سه کانال که پهنای باند هر یک حدود صفر تا ۵ مگاهرتز است نیاز داریم (شکل ۵۷ــ۱).



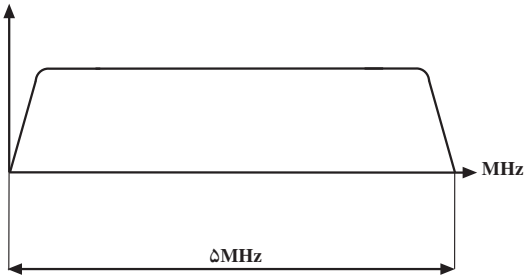
شکل ۵۷ــ۱

این پهنای زیاد باند دو اشکال عمده به‌وجود می‌آورد. اول اینکه با فرستنده‌ها و گیرنده‌های سیاه و سفید سازگاری ندارد و دیگر این‌که به علت زیادشدن پهنای باند طراحی مدار مشکل می‌شود. با تبدیل این سه سیگنال به سیگنال روشنایی و سیگنال‌های تفاضلی $R-Y$ و $B-Y$ ، از پهنای باند مورد لزوم کاسته می‌شود (شکل ۵۸ــ۱).



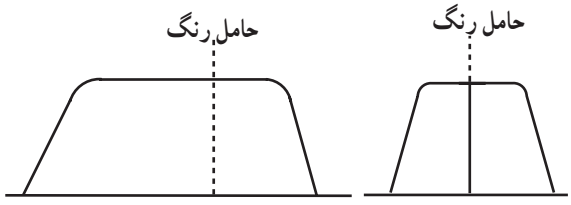
شکل ۵۸ــ۱

در تلویزیون سیاه وسفید یا رنگی برای تولید سیگنال روشنایی که وضوح تصویر را مشخص می‌کند پهنای باندی در محدوده صفر تا ۵ مگاهرتز نیاز است (شکل ۵۹ــ۱).



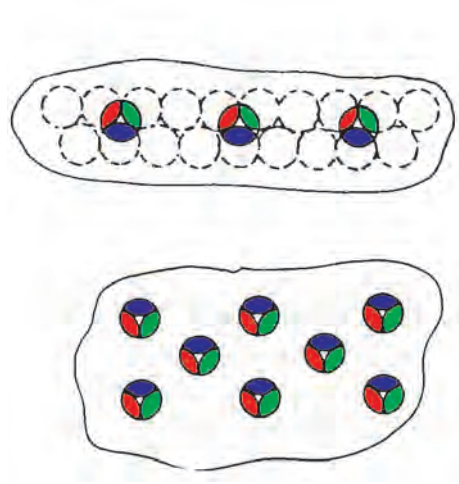
شکل ۵۹ــ۱

برای سیگنال‌های مشخص کننده نوع رنگ، پهنای باند مورد لزوم خیلی کم‌تر است شکل ۶۰ــ۱ طیف فرکانس سیگنال‌های رنگ را نشان می‌دهد.



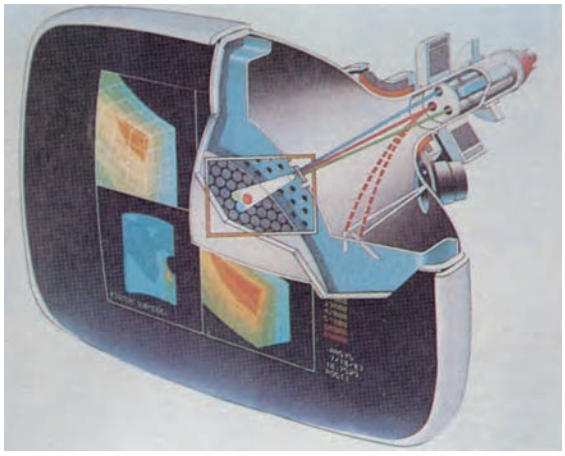
شکل ۶۰ــ۱

همان‌طور که بیان شد رنگ‌های تصویر در تلویزیون رنگی از ترکیب سه رنگ اصلی قرمز، سبز و آبی به دست می‌آید (شکل ۶۱ــ۱).



شکل ۶۱ــ۱

با توجه به این نکته هر نقطه از سطح تصویر شامل سه ذره است که در کنار هم قرار دارند و می‌توانند تحت شرایط خاصی از خود نور بتابانند (شکل ۶۲ــ۱).

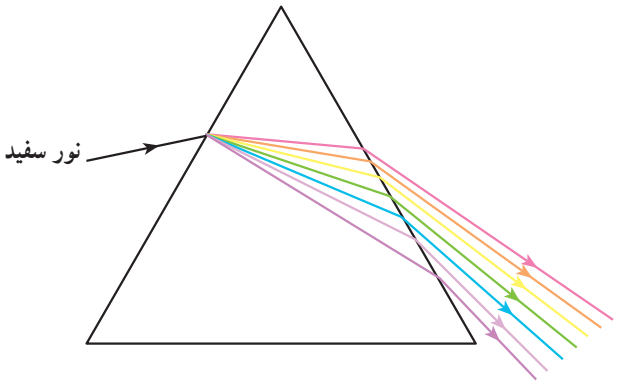


شکل ۶۲ــ۱

بدین ترتیب در یک لحظه یکی از ذرات با نور قرمز، دیگری با نور آبی و ذره سوم با نور سبز روشن می‌شوند (شکل ۶۳ــ۱).

شکل ۶۳ــ۱

چون این سه ذره بسیار کوچک هستند و در مجاور هم قرار دارند بیننده هر سه نور را با هم می‌بیند. به عبارت دیگر به جای سه نور جداگانه ترکیبی از سه نور دیده می‌شود. اگر ابعاد نقطه‌های رنگی خیلی کوچک در نظر گرفته شوند تشخیص اختلاف رنگ‌ها میسر نخواهد بود و فقط نقطه‌ها به صورت تاریک یا روشن دیده می‌شوند. معمولاً ابعاد نقطه‌ها را باید در حدی در نظر بگیرند که تمام رنگ‌ها به درستی احساس شوند. با توجه به این دو حد از ابعاد نقاط رنگی، فرکانس سیگنال برای نمایش یک نقطه رنگی را محاسبه می‌کنند که محدوده فرکانس از ۰/۶ مگاهرتز تا ۱/۸ مگاهرتز به دست می‌آید.



شکل ۶۴ــ۱

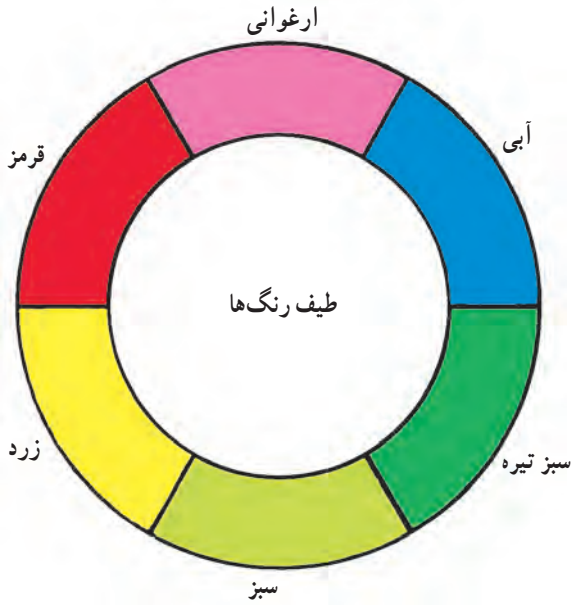
۸ــ۱ــ دایره رنگ

اگر به طیف نور خورشید توجه کنیم می‌بینیم که در این طیف به جز رنگ ارغوانی کلیه‌ی رنگ‌ها وجود دارد (شکل ۶۴ــ۱).

رنگ ارغوانی از ترکیب اشعه نور آبی و نور قرمز به‌دست می‌آید (شکل ۶۵ــ۱).

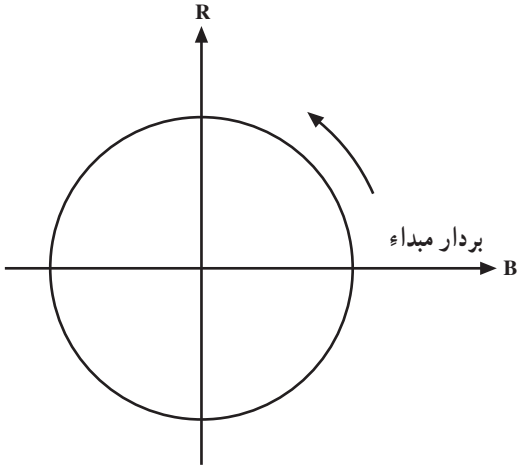
شکل ۶۵ــ۱

از این‌رو برای نمایش تمام رنگ‌ها لازم است طیف نور خورشید را با نور ارغوانی ترکیب کنیم. برای این منظور می‌توانیم تمام طیف رنگ را در یک حلقه دایره‌ای نمایش دهیم. در این دایره، رنگ ارغوانی از اتصال رنگ قرمز و رنگ آبی تشکیل می‌شود (شکل ۶۶ــ۱).



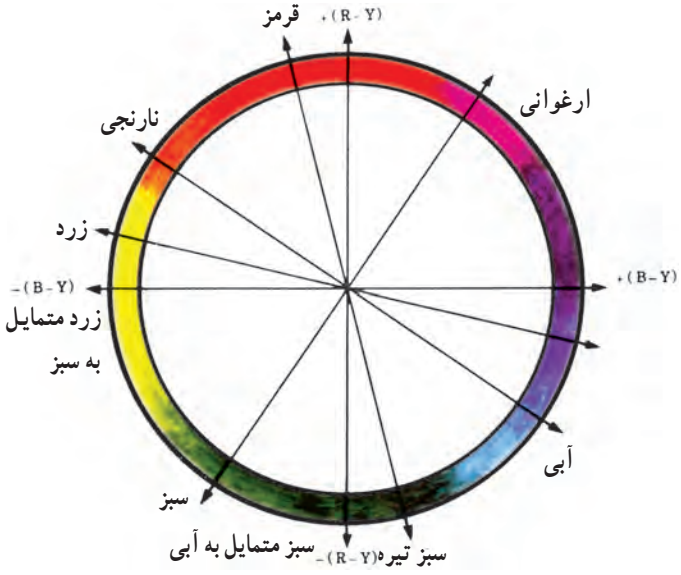
شکل ۶۶ــ۱

۱ــ۸ــ۱ــ محل رنگ: با توجه به دایره‌ی رنگ، اگر برداری را به عنوان بردار مبداء در نظر بگیریم هر رنگ را می‌توانیم به کمک یک زاویه از بردار مبداء مشخص کنیم. راستای بردار مبداء بین آبی و قرمز انتخاب می‌شود (شکل ۶۷ــ۱).



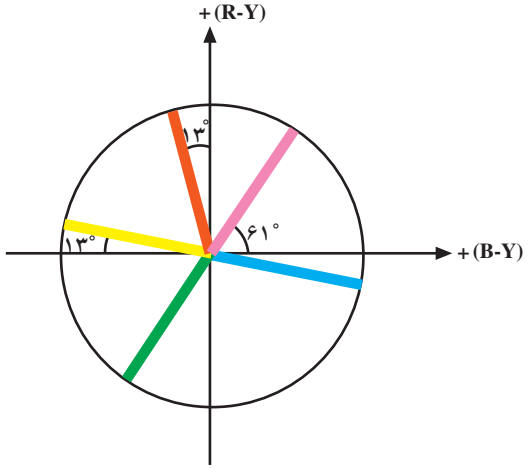
شکل ۶۷ــ۱

با افزایش زاویه در جهت عکس حرکت دورانی عقربه‌ی ساعت، رنگ‌های مختلف شامل رنگ‌های ارغوانی، قرمز، نارنجی، زرد، زرد متمایل به سبز، سبز، سبز متمایل به آبی، آبی تیره، آبی روشن، آبی و بنفش به دست می‌آید (شکل ۶۸ــ۱).



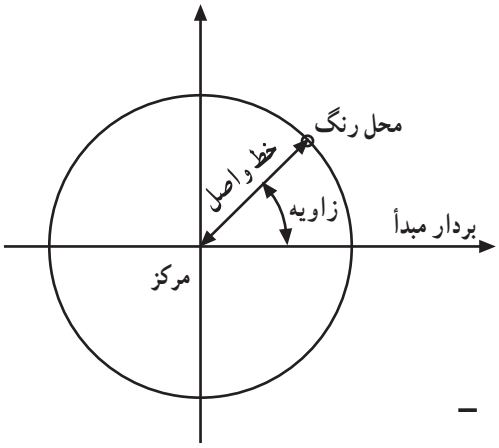
شکل ۶۸ــ۱

هر رنگ با تمایل رنگ و درجه اشباع رنگ مشخص می‌شود. در دایره‌ی رنگ تمایل رنگ را به وسیله‌ی یک زاویه مشخص می‌کنند. به عنوان مثال زاویه‌ی ۶۱ درجه تمایل رنگ ارغوانی و زاویه‌ی ۱۰۳ درجه تمایل رنگ قرمز و زاویه ۱۶۷ درجه تمایل رنگ زرد را مشخص می‌کند (شکل ۶۹ــ۱).



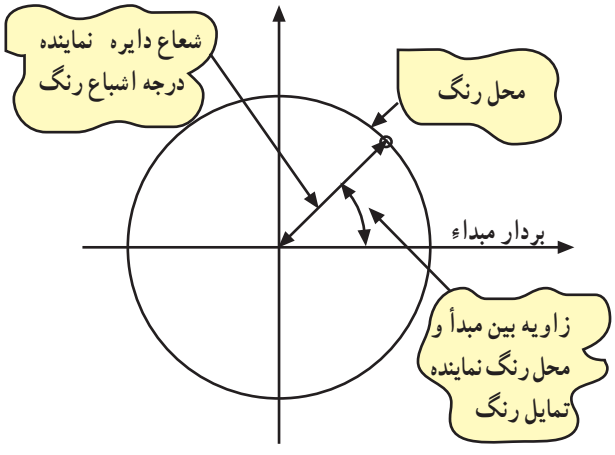
شکل ۶۹ــ۱

درجه‌ی اشباع رنگ توسط طول شعاعی از دایره که زاویه‌ی آن با راستای مبداء تمایل رنگ را مشخص می‌کند، تعیین می‌شود. به این ترتیب هر رنگ توسط یک نقطه که محل رنگ نام دارد مشخص می‌شود (شکل ۷۰ــ۱).



شکل ۷۰ــ۱

به عبارت دیگر زاویه‌ی بین راستای مبداء و خط واصل محل رنگ و مرکز دایره، تمایل رنگ و فاصله محل رنگ از مرکز دایره، درجه اشباع رنگ را تعیین می‌کند (شکل ۷۱ــ۱).



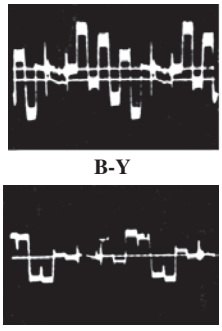
شکل ۷۱ــ۱

چنانچه مشاهده می‌شود مرکز دایره نشان دهنده‌ی رنگ سفید است. هرقدر فاصله‌ی رنگ از مرکز دایره بیش‌تر شود، رنگ سیرتر و درجه اشباع آن بیش‌تر است (شکل ۷۲ــ۱).

شکل ۷۲ــ۱

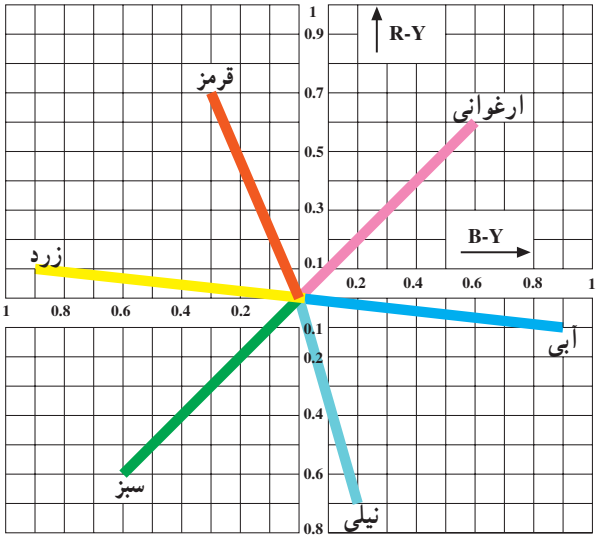
۹ــ۱ــ ارتباط دایره‌ی رنگ با تلویزیون رنگی

در تلویزیون رنگی هر رنگ توسط دو سیگنال تفاضلی رنگ معین می‌شود. سیگنال‌های تفاضلی رنگ ولتاژهایی هستند که از تفاضل سیگنال نوع رنگ و سیگنال روشنایی به دست می‌آید، (یعنی دو سیگنال R-Y و B-Y (شکل ۷۳ــ۱).



شکل ۷۳ــ۱

در دستگاه محورهای مختصات می‌توان رنگ‌ها را به کمک مؤلفه‌های R-Y و B-Y مشخص کرد (شکل ۷۴ــ۱).



شکل ۷۴ــ۱

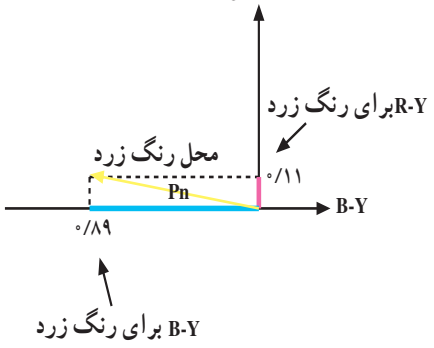
در این شکل محل رنگ‌های قرمز، سبز، آبی، زرد، نیلی و ارغوانی مشخص شده‌اند.

فاصله‌ی بین مبداء مختصات و نقطه مربوط به هر رنگ درجه اشباع یا به عبارت دیگر حداکثر مقدار روشنایی آن رنگ را مشخص می‌کند. مثلاً اگر به محل رنگ زرد توجه شود (شکل ۷۵ــ۱).

مؤلفه R-Y رنگ زرد برابر ۰/۱۱+ و مؤلفه B-Y آن برابر ۰/۸۹− است : دامنه رنگ زرد (حداکثر مقدار روشنایی) از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$p_n = \sqrt{(R-Y)^2 + (B-Y)^2} = \sqrt{(-0/89)^2 + (0/11)^2}$$

$$p_n = 0/896$$

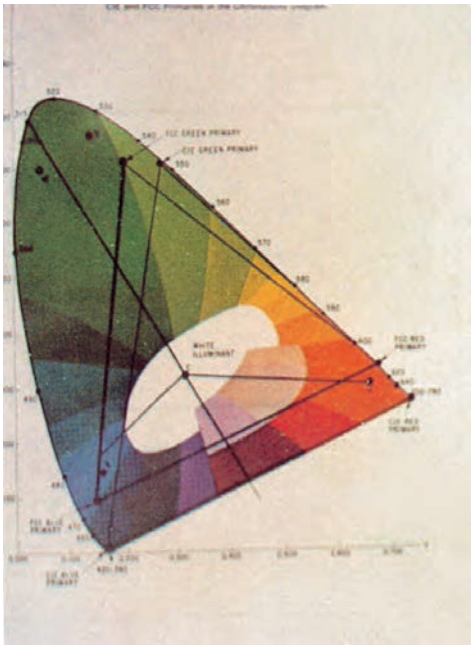


شکل ۷۵ــ۱

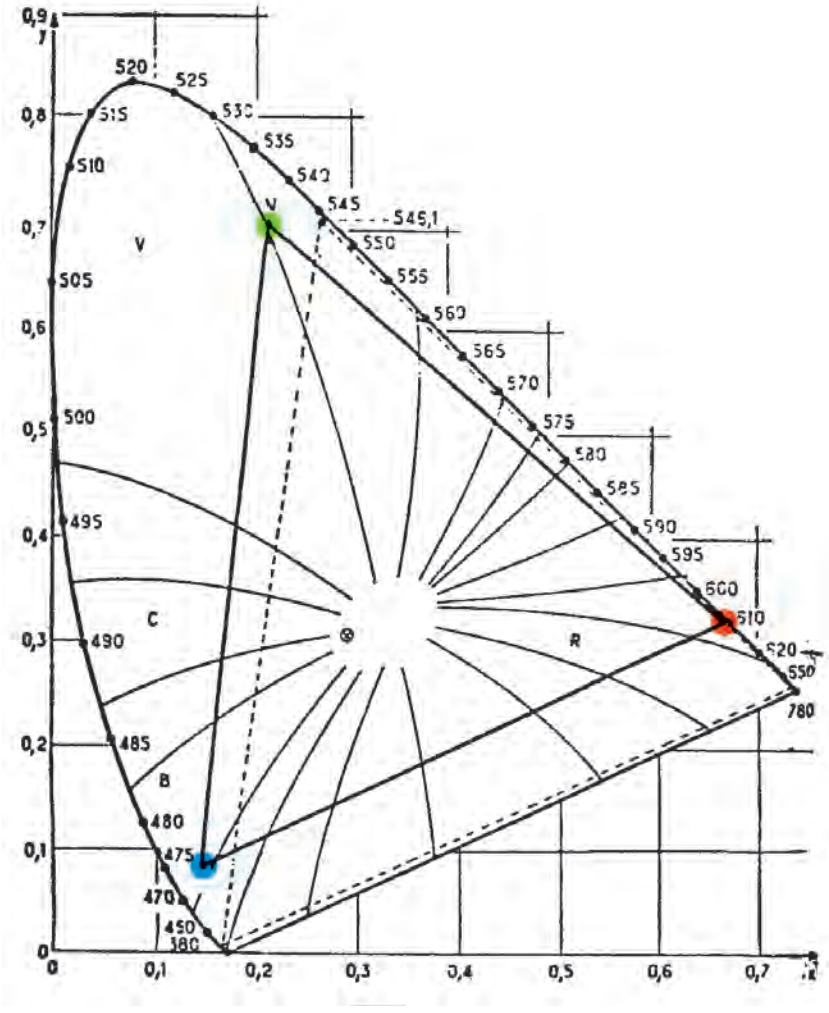
۱۰ــ۱ــ مثلث ماکسول

براساس فرضیه ماکسول می‌توان کلیه‌ی رنگ‌های طبیعت را که ایجاد آن‌ها امکان‌پذیر است توسط یک (مثلث رنگ) نمایش داد (شکل ۷۶ــ۱).

در مثلث ماکسول سه منبع نور اصلی با قدرت مساوی در سه رأس مثلث متساوی‌الاضلاع قرار می‌گیرند. در این حالت اگر یکی از این منابع نوری را روشن کنیم و از مقابل آن دور شویم شدت نوری که منبع می‌دهد کاهش می‌یابد. ابعاد مثلث RGB به اندازه کافی بزرگ در نظر گرفته می‌شود تا شدت نور منبع قرمز در رئوس G و B به سمت صفر میل کند. به همین ترتیب برای منبع‌های نور سبز و آبی نیز در سایر رئوس، نور به سمت صفر میل می‌کند (شکل ۷۷ــ۱).



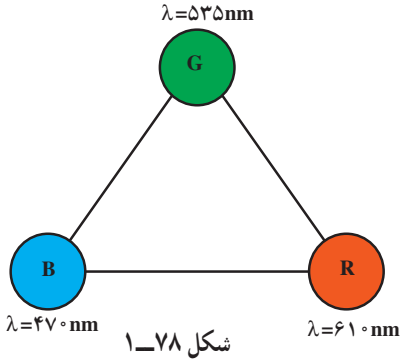
شکل ۷۶ــ۱



شکل ۷۷ــ۱

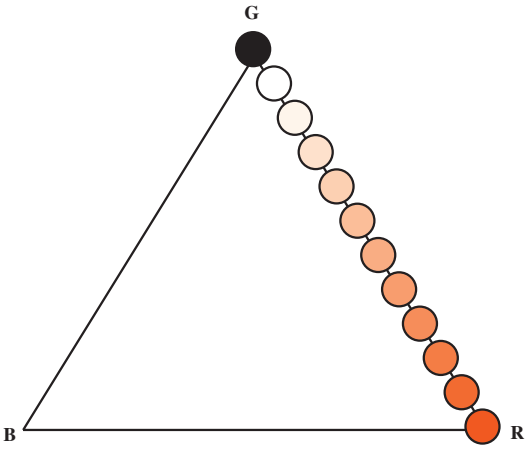
از روی مثلث RGB می‌توان طول موج و مختصات سه رنگ قرمز، سبز و آبی را به‌دست آورد (شکل ۷۸ ــ۱).

همان‌طور که مشاهده شد طول موج نور قرمز (R) برابر با ۶۱۰ نانومتر و طول موج نور سبز (G) برابر با ۵۳۵ نانومتر و طول موج نور آبی (B) برابر با ۴۷۰ نانومتر است برای نشان دادن قوانین اختلاط و ترکیب رنگ‌ها می‌توانید آزمایش‌های زیر را انجام دهید.



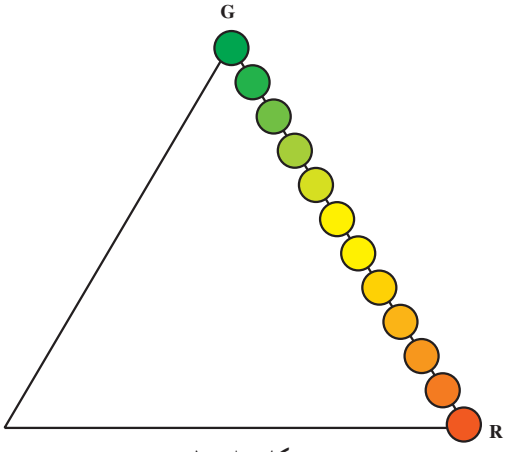
شکل ۷۸ــ۱

۱ــ۱۰ــ۱ــ اگر منبع نور قرمز را روشن کنید سپس کره‌ای شفاف و شیشه‌ای را در کنار منبع قرار دهید کره به وسیله نور منبع پوشانده و به رنگ قرمز دیده می‌شود. با حرکت‌دادن کره در طول خط RG یا RB به تدریج از شدت نور کم شده و در نقاط G و B کره به رنگ سیاه دیده می‌شود (شکل ۷۹ــ۱).



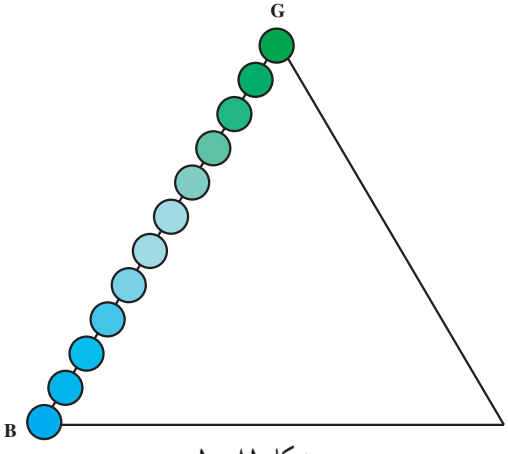
شکل ۷۹ــ۱

۲ــ۱۰ــ۱ــ اگر دو منبع نور R و G را روشن کنید، رنگ کره در نزدیکی هر یک از دو منبع به رنگ آن منبع در می‌آید و در حد وسط خط R_G رنگ آن بین قرمز و سبز تغییر می‌کند. با حرکت‌دادن کره از منبع نور قرمز به سمت منبع نور سبز به‌تدریج رنگ کره از قرمز به نارنجی و از نارنجی به زرد و از زرد به سبز تغییر می‌کند. پس رنگ‌های نارنجی و زرد را می‌توان از ترکیب دو رنگ قرمز و سبز تولید کرد. می‌توان گفت اختلاف رنگ نارنجی با رنگ زرد در مقدار نور قرمز آن‌ها است (شکل ۸۰ــ۱).



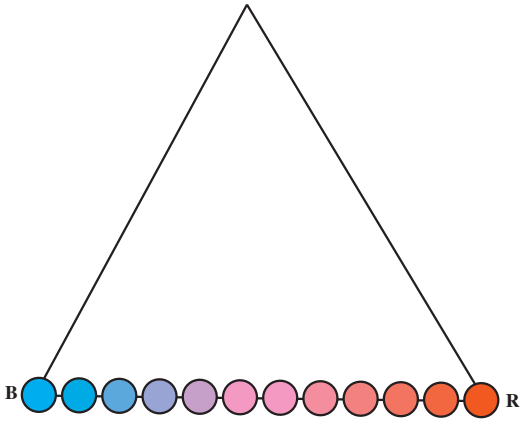
شکل ۸۰ــ۱

۳ــ۱۰ــ۱ــ اگر دو منبع G و B را روشن کنید با حرکت کره شیشه‌ای از B به سمت G به تدریج رنگ کره از آبی به آبی متمایل به سبز و از آبی متمایل به سبز به سبز متمایل به آبی و سپس به سبز کامل تغییر می‌یابد (شکل ۸۱ــ۱).



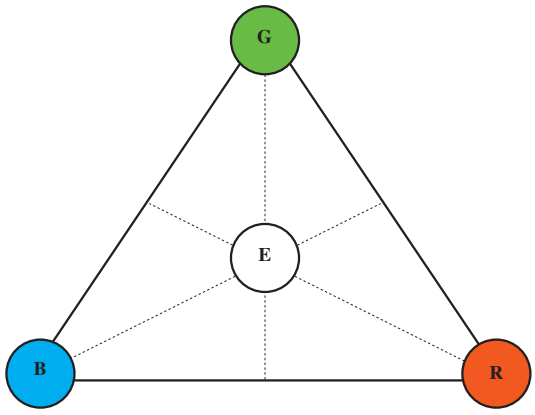
شکل ۸۱ــ۱

۴ــ۱۰ــ۱ــ با حرکت کره در طول خط BR مشاهده می‌شود که رنگ کره به ترتیب از آبی و بنفش کمرنگ به ارغوانی و از قرمز کم‌رنگ به قرمز کامل تغییر می‌کند (شکل ۸۲ــ۱).



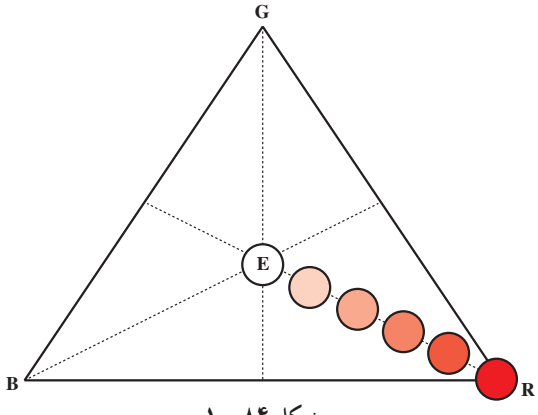
شکل ۸۲ــ۱

۵ــ۱۰ــ۱ــ هرگاه هر سه منبع نور را روشن کنید با تغییر مکان کره در داخل مثلث RGB نقطه‌ای به‌دست می‌آید که کره سفید رنگ به نظر می‌رسد. نتیجه می‌گیریم رنگ یا نور سفید از ترکیب مقادیر مناسبی از سه رنگ اصلی قرمز و سبز و آبی به‌دست می‌آید. اگر انرژی هر سه رنگ اصلی ترکیب شونده با هم مساوی باشند در محل تقاطع میانه‌های مثلث انرژی معادل نور سفید به‌دست می‌آید (نقطه E) (شکل ۸۳ــ۱).



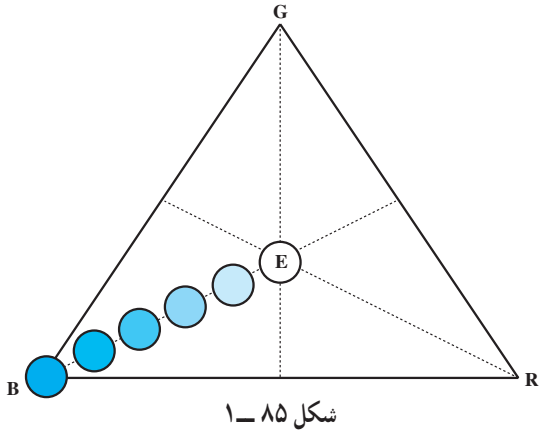
شکل ۸۳ــ۱

۶ــ۱۰ــ۱ــ اگر کره را در امتداد ER حرکت دهید رنگ قرمز آن تغییر نمی‌کند در حالی که غلظت آن تغییر نموده و رنگ قرمز با رنگ سفید مخلوط می‌شود. در نقطه R کره به رنگ قرمز کاملاً اشباع شده دیده می‌شود و با نزدیک شدنش به نقطه E رنگ قرمز آن از همه تمایل رنگ‌های صورتی عبور کرده و در نقطه E غلظت آن صفر می‌شود و به رنگ سفید کامل درمی‌آید (شکل ۸۴ــ۱).



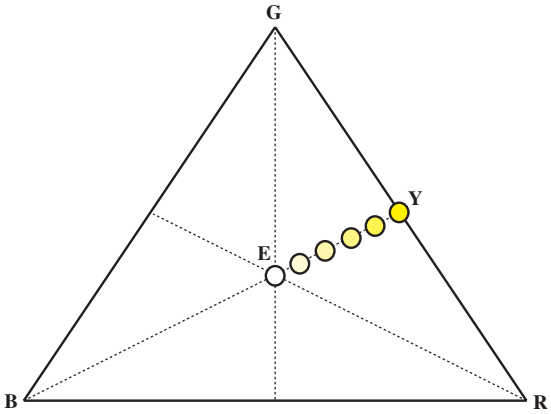
شکل ۸۴ ــ۱

در طول خط EB، کره رنگ آبی خود را حفظ می‌کند. در طول این خط رنگ کره که در نقطه B آبی اشباع شده است از همه‌ی تمایل‌های مربوط به رنگ آبی عبور کرده و در نقطه E کاملاً سفید دیده می‌شود (شکل ۸۵ــ۱).



شکل ۸۵ ــ۱

این نتیجه برای هر خط راستی که از E به هر نقطه روی اضلاع مثلث وصل شود صادق است. مثلاً در طول خط EY در نقطه Y کره زرد و در طول خط EY از درجه اشباع رنگ زرد کاسته شده و در نقطه E کره به رنگ سفید دیده می‌شود (شکل ۸۶ــ۱).



شکل ۸۶ــ۱

۱۱ــ۱ــ طرز کار تلویزیون رنگی

برای تشکیل و نمایش تصویر در تلویزیون رنگی به سه مؤلفه‌ی نور قرمز و نور سبز و نور آبی از یک تصویر و همچنین سیگنال درخشندگی (روشنایی یا لومینانس) نیاز است. در شکل ۸۷ــ۱ مؤلفه‌ی قرمز صحنه و در شکل ۸۸ــ۱ مؤلفه‌ی سبز و نیز در شکل ۸۹ــ۱ مؤلفه‌ی آبی صحنه مشاهده می‌شود.

شکل ۸۷ــ۱ــ مؤلفه قرمز

شکل ۸۸ ــ۱ــ مؤلفه سبز

شکل ۸۹ ــ۱ــ مؤلفه آبی

شکل ۹۰ــ۱ سیگنال تکاثف درخشندگی (روشنایی یا لومینانس) صحنه را نشان می‌دهد. این همان سیگنالی است که یک دوربین سیاه و سفید نیز از صحنه تهیه می‌کند.

شکل ۹۰ ــ۱ــ سیگنال روشنایی

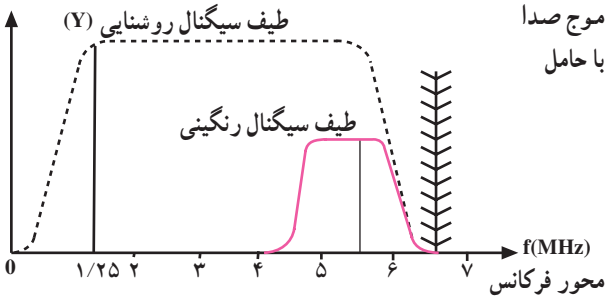
اگر سه مؤلفه‌ی قرمز و سبز و آبی صحنه را با هم ترکیب کنیم سیگنال نوع رنگ تهیه می‌شود (شکل ۹۱ــ۱).

شکل ۹۱ ــ۱ــ سیگنال نوع رنگ

با توجه به شکل‌ها درمی‌یابیم سیگنال نوع رنگ نسبت به سیگنال روشنایی دارای درجه وضوح کم‌تری است. اگر سیگنال روشنایی را به سیگنال نوع رنگ بیفزاییم تصویر اصلی تلویزیون رنگی به‌دست می‌آید. در تصویر اصلی مؤلفه‌های رنگی تصویر وضوح لازم را کسب می‌کنند (شکل ۹۲ــ۱).

شکل ۹۲ ــ۱ــ تصویر اصلی

عملاً مشاهده می‌شود درجه وضوح تصاویر رنگی به سیگنال روشنایی یا لومینانس بستگی دارد. از این‌رو در تلویزیون رنگی سیگنال تکاثف درخشندگی با حداکثر پهنای باند (۵/۵ مگاهرتز) انتقال داده می‌شود در حالی که برای سیگنال‌های تفاضلی رنگ پهنای باند کمتری را در نظر می‌گیرند (شکل ۹۳ــ۱).



شکل ۹۳ــ۱

آزمون پایانی (۱)

۱ــ اصل سازش و هماهنگی را شرح دهید.

۲ــ امواج نورانی قابل رؤیت دارای چه طول موجی هستند؟

۳ــ مشخصه‌های یک رنگ را نام ببرید.

۴ــ رنگ‌های مکمل کدامند؟

۵ــ سه رنگ اصلی مورد استفاده در تلویزیون رنگی کدامند؟

۶ــ طول موج انتخاب شده برای رنگ‌های اصلی تلویزیون چند نانومتر است؟

۷ــ وظیفه تصحیح کننده‌ی گاما چیست؟ شرح دهید.

۸ــ ضرایب a و b و c برای سیگنال‌های روشنایی را چگونه به‌دست می‌آورند؟

۹ــ تعادل سفید یعنی چه؟ شرح دهید.

۱۰ــ چرا فقط سیگنال‌های تفاضلی R-Y و B-Y از فرستنده ارسال می‌شوند؟

۱۱ــ معادله G-Y چگونه از R-Y و B-Y به‌دست می‌آید؟

۱۲ــ در دایره‌ی رنگ، تمایل رنگ و درجه‌ی اشباع رنگ چگونه مشخص می‌شود؟

۱۳ــ تصویر رنگی یک صحنه روی صفحه تصویر تلویزیون از چه سیگنال‌هایی درست شده است؟

۱۴ــ پهنای باند سیگنال تکاثف درخشندگی (روشنایی) حدوداً چند مگاهرتز است؟

۱۵ــ کدام گزینه رنگ‌های مکمل را نشان می‌دهد؟

الف) سبز + ارغوانی ب) فیروزه‌ای + سبز ج) زرد + قرمز د) ارغوانی + زرد

۱۶ــ چشم انسان نسبت به چه رنگی دارای درجه حساسیت بیش‌تری است؟

الف) آبی ب) قرمز ج) سبز د) زرد

۱۷ــ رنگینی رنگ کدام است؟

الف) روشنایی (درخشندگی) ب) طول موج

ج) درجه‌ی اشباع رنگ د) طول موج و درجه‌ی اشباع رنگ

۱۸ــ در دایره رنگ‌ها، زاویه بردار و طول بردار (به ترتیب از راست به چپ) معرف چیست؟

الف) درجه اشباع ــ تمایل رنگ ب) تمایل رنگ ــ درجه اشباع

ج) روشنایی ــ درجه اشباع د) درجه اشباع ــ روشنایی

۱۹ــ معادله روشنایی (Y) کدام است؟

الف) $۰/۳۰R+۰/۵۹B+۰/۱۱G$ ب) $۰/۱۱R+۰/۵۹B+۰/۳۰G$

ج) $۰/۳۰R+۰/۵۹G+۰/۱۱B$ د) $۰/۵۹R+۰/۱۱B+۰/۳۰G$

۲۰ــ کدام سیگنال از فرستنده ارسال نمی‌شود؟

الف) R-Y ب) B-Y ج) Y د) G-Y

۲۱ــ جزء کیفی رنگ شامل ..... است.

۲۲ــ علت استفاده از تصحیح کننده‌ی گاما در تلویزیون رنگی برای جبران رابطه ..... بین ..... و ولتاژ شبکه فرمان می‌باشد.

۲۳ــ برای ..... پهنای باند رنگینی و ساده‌تر شدن مدارات فرستنده و گیرنده سیگنال رنگ ..... از فرستنده ارسال نمی‌کنند.

۲۴ــ از ترکیب دو نور ..... و ..... نور زرد ایجاد می‌شود.