الفصل الثالث

تمييز الألوان

خصائص اللون

على الرغم من أن الألوان المرئية في الطيف الشمسي هي ستة ألوان مميزة، إلا أن العين البشرية قادرة على تمييز مالا يقل عن سبعة ملايين من الألوان. إن هذه القدرة الفائقة على تمييز الألوان هي الخاصية الثانية المهمة من خصائص الإبصار، التي تعتمد أساساً على خصائص لونية ثلاث هي: اللون أو الصبغة، والإشباع، والنصوع أو اللمعان. وسنتناول كل واحدة منها بشيء من التفصيل.

١- اللون أو الصبغة Hue:

يقصد بها صنف اللون، أو الخاصية اللونية التي تميز الأحمر من الأصفر، والأزرق من الأخضر، وتقاس بطول الموجة، وبمعنى آخر، عندما يتأمل الإنسان بالعنب فإنه يرى عنباً أخضر أو عنباً بنفسجياً، وعندما ينظر إلى الأقمشة فإنه يرى أقمشة زرقاء أو بنية أو صفراء... وهو في هذه الحالات يميز بين الألوان على أساس خاصية لونها أو صبغتها أو تدرجها اللوني.

٢- الإشباع Saturation:

يقصد بهذه الخاصية مقدار شدة اللون (أزرق قاتم في مقابل أزرق رمادي). أو هي مقدار الصبغة المعينة ونقاؤها وغناها. وعلى هذا فإن الأصفر الفاتح الذي يصعب تميزه

obeikandi.com

عن الأبيض أو الرمادي ليس بالأصفر المشبع، ومثله الوردي الذي يعتبر أحمر غير مشبع. ولنمثل على ذلك بإضافة الصبغة الحمراء إلى الماء، ففي البداية يصبح الماء ورديا فإذا داومت على زيادة الصبغة الحمراء تزايدت حمرة الماء وبذلك تكون قد زدت في تشبع الماء باللون الأحمر. وهكذا يستطيع الفرد الطبيعي أن يميز الألوان بناء على مدى تشبعها اللوني حتى لو كانت حالة تشبعها نسبية (أحمر قاني وردي، أزرق داكن سماوي). ويحدد الإشباع اللوني بمدى «تعقيد» الموجات المنعكسة عن المرئيات. فإن كانت الأشعة الساقطة على العين متجانسة في طول موجاتها فإنها تسقط بالتالي لوناً واحداً ويكون مشبعاً.

أما إذا كانت الأشعة مخلوطة بأشعة أخرى تؤلف وحدها لوناً رمادياً، فإن اللون يكون حينذاك أقل إشباعاً. وبعبارة أخرى، كلما كانت الأشعة الساقطة على العين متجانسة في طول موجاتها، كان اللون المرئي مشبعاً. وكلما اختلفت الأشعة في طول موجاتها كان اللون المرئي أقل إشباعاً.

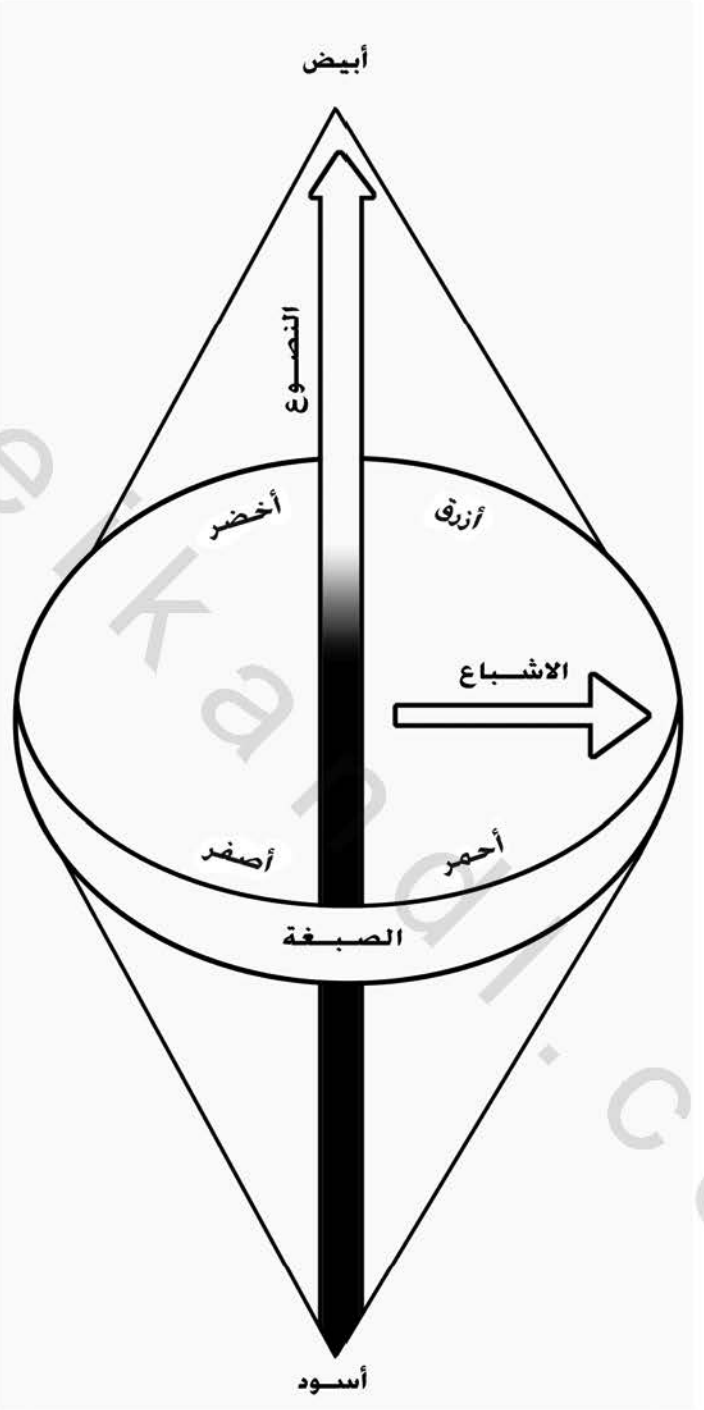
٣- النصوع أو اللمعان Brightness:

وتعني درجة الجلاء أو كمية الضوء المنعكس من قبل اللون. ويتأثر نصوع أو لمعان اللون بعدد من العوامل بينها شدة الموجات الضوئية الساقطة على العين، ومدى اعتمادنا على المخاريط والعصيات في الرؤية، بمعنى إن كنا نميز اللون ليلاً أو نهاراً.

لقد أشرنا إلى أن العين البشرية قادرة على تمييز ما لا يقل عن سبعة ملايين لون مختلف. وأن هذا يتوقف أساساً على تكوين المزيجات المختلفة لخصائص اللون الثلاث أعلاه، وهذا يدفعنا إلى معرفة العلاقات القائمة بن الألوان المختلفة التي يوضحها لنا مجسم الألوان.

مجسم الألوان The Color Solid:

يتكون هذا المجسم من مخروطين مجسمين متصلين في قاعدتيهما، ويتألف من ثلاثة أبعاد هي المحور والقطر والمحيط، وكل بعد منها يمثل خاصية من خصائص اللون الثلاث: الصبغة والإشباع والنصوع (شكل رقم ٩).



شكل رقم (٩) مجسم الألوان (Marx 1976)

obeikandl.com

تتمثل الصبغات (الألوان) ذات النصوع الحيادي والإشباع الأعظم على الدائرة حيث يلتقي المخروطان. وتنتظم الألوان بنفس الترتيب الذي ينتظم الطيف به سوى أنه يأخذ شكلا منحنياً. أما النصوع فيمثل بمحور يربط قمتي المخروطين بحيث يمثل قمة المخروط الأعلى اللون الأبيض الناصع. وبهبوط المحور عبر مركز المجسم تتمثل تدريجات الرمادي من الفاتح في المخروط الأعلى إلى الغامق في المخروط الأسفل حيث اللون الأسود الذي يمثل أقل ما يمكن نصوعاً.

أما الإشباع فيمثل بقطر يمر بمركز المجسم ويمكن أن يرمز لتدرجاته بأي نقطة تقع بين مركز المجسم ومحيط أي مقطع عرضي في المخروطين. وهذا يعني أن كل نقص في الإشباع يمثل بخط يمتد من سطح المجسم نحو المركز. وهذا هو السبب في أن أشد الألوان تشبعاً تمثل واقعة أبعد ما يكون خارج سطح الشكل.

إن خصائص اللون الأساسية تعلل بشكل واضح السبب في اختيار المخروطين رمزاً لتوزيعها. فأنصع الألوان وأعمقها هي أقلها إشباعاً، لذلك تكون درجة الإشباع في المحور ونهايته صفراً، وهذا يعلل السبب الذي من أجله يستدق في نهايته تدريجياً. ومن خصائص التوزيع اللوني أيضاً، أن الألوان المفرطة في الإشباع تكون ذات نصوع وسيط. لذلك ففي وسط المحور، أي في قاعدة المخروطين تصبح المسافة بين أقصى درجات الإشباع وأدناها على أكبر أحوالها، وهذا يعلل تضخم الشكل في وسطه.

إن على هذا المجسم يمكن تحديد اللون بدقة، للأغراض العلمية، وذلك وفقاً لأبعاد مجسم اللون الثلاثة، أي بحسب صبغته وإشباعه ونصوعه. لنفرض أنك تريد أن تحدد موقع اللون الفستقي الفاتح على المجسم اللوني. إنك تعمد حينذاك أولاً إلى إيجاد الأخضر على محيط قاعدة المخروط، ثم تتجه على المحيط نحو الأصفر حتى يلتقي الأصفر والأخضر في الأصفر المخضر. وبما أن الفستقي فاتح فإنك، في هذه الحالة، تصعد بخط مستقيم نحو قمة المخروط الأعلى حتى تصل الدرجة المناسبة من النصوع، بحيث لو قطع في المخروط مقطع عرضي في هذا المستوى لكانت كل الألوان فاتحة بنفس الدرجة، وهنا تبدأ بالاتجاه نحو مركز المقطع العرضي حتى تصل الدرجة المناسبة من اللون الفستقي الفاتح.

مزيج الألوان

يمثل مجسم الألوان - إضافة إلى تمثيله بعض العلاقات بين الأبعاد الثلاثة للون - بعض نتائج الألوان على الشبكية. وأكثر المزيجات وضوحاً في التمثيل هي تلك التي نحصل عليها بإدارة الأقراص الملونة التي هي عبارة عن دوائر ملونة بلونين أو أكثر يديرها محرك مما يثير الشبكية بهذا اللون مرة وبلون آخر مرة تالية، فإذا كان الدوران بطيئاً فإن ما يحدث هو اهتزاز ضوئي واضح، وإذا تسارع الدوران تمازج اللونان (أو الألوان) في لون واحد يكون رمادياً أحياناً، وأحياناً أخرى يكون لوناً معيناً تتوقف صبغته على الألوان المكونة له.

يجب أن نفرق بين خلط الأضواء الملونة وخلط الأصباغ الملونة، إذا إن قوانين الأول قد لا تشبه قوانين الثاني في بعض الحالات. فنحن نحصل، في الغالب، على نتائج جديدة حينما نخلط الضوء الملون. فلدى إضافة الضوء الأصفر للضوء الأزرق الأرجواني فإننا نحصل على ضوء رمادي، وهذا يعني أن تفاعل الضوء يأتي عن طريق إضافة موجات ضوئية جديدة.

أما في خلط الأصباغ فقد تتخذ العملية شكل طرح الموجات الضوئية لا إضافتها، فتظهر نتائج جديدة ومختلفة. فلو خلطنا زيتاً أصفر بزيت أزرق أرجواني فإننا نحصل على ضرب من الأخضر. والسبب هو أن الأصفر يعكس عدداً كبيراً من الموجات غير تلك التي تسبب رؤية اللون الأصفر، وكذلك يفعل الأزرق. ولكنهما لدى اختلاطهما يمتصان كافة الأشعة ذات الذبذبات المختلفة فيما عدا الذبذبات التي تؤدي إلى رؤية اللون الأخضر.؟ بكلمة أخرى؛ يطرحان كل الموجات عدا موجة واحدة، وهذا ما يطلق عليه بالمزيجات الجمعية والطرحية، والحديث عنها قد يثير دهشة القارئ. ذلك أننا حين مزجنا الأزرق والأصفر أنتجا الرمادي، في حين أن الرسام يمزج اللونين

الأصفر والأزرق فيحصل على اللون الأخضر. والتحليل البسيط للفرق بين مزج الأضواء ومزج الأصباغ هو أن مزيجات الأضواء تكون «جمعية Additiv» أي أنها تجمع بين الانعكاسات المختلفة. أما مزيجات الأصباغ والأحبار فتكون «طرحية Subtractive» أي أن النتائج التي تحدث مما قدم تم امتصاصه أكثر مما تم عكسه. فالصبغة تمتص جميع أطوال الموجات باستثناء تلك التي تنتج الأزرق والأخضر. وحين تمزج الأصباغ انعكاسات الأزرق والأخضر ولا يبقى إلا الأخضر.

ولهذا نتائجه التطبيقية في طريقة أخرى جمعية تستعمل في التصوير الملون وذلك بإسقاط الأضواء ذات الألوان الأزرق والأحمر والأخضر ذات الموجات الضوئية المناسبة على شاشة فتنتج جميع الألوان بما في ذلك الأصفر، وحتى الأبيض فإنه يرى حيث تداخل جميع الألوان الساقطة على الشاشة.

أما من أجل أغراض الطباعة والرسم فإن المستعمل هو الألوان الأولية الطرحية. فالأخضر يحصل عليه من مزيج طرحي للأزرق والأصفر، أما البرتقالي فينجم عن الأحمر والأصفر، ويشتق القرمزي من الأزرق والأحمر، وإذا ما تداخلت الألوان الطرحية الأولية الثلاثة (الأزرق والأحمر والأخضر) لكان الناتج هو الأسود بدلاً من الأبيض.

قوانين مزج الألوان:

إذا أردنا التعبير عن مزج الألوان بقوانين فإنه يمكن القول بوجود قانونين أساسيين هما:

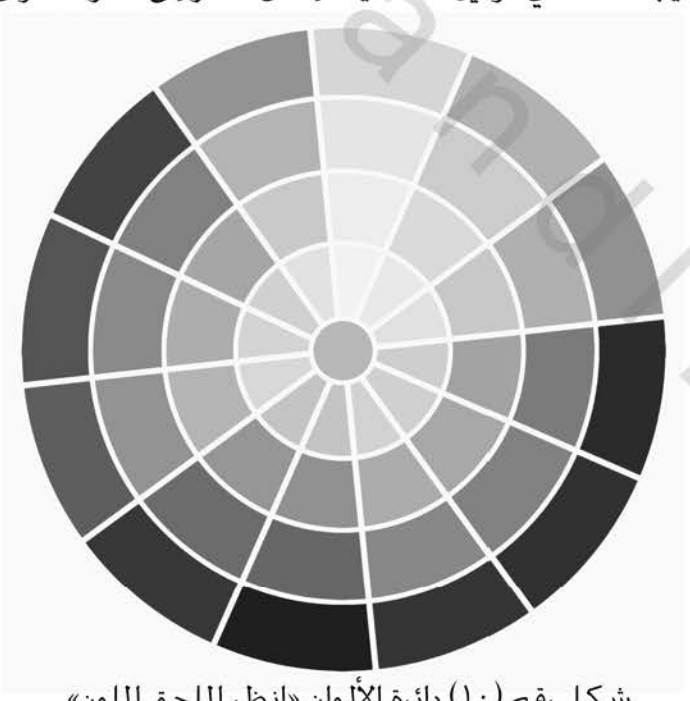
١) لكل لون يوجد لون تكميلي أو متمم Complementary إذا مزج بينهما بنسب معينة ينتج عنهما إحساس باللون الرمادي، أو أنهما ينتجان باللون حساسية لونية ذات درجة واطئة من الإشباع، أو أنهما ينتجان لوناً ذا تركيب قوي إذا مزج بينهما بنسب أخرى.

ونستطيع بواسطة مجسم الألوان أن نعين الألوان المتكاملة، ذلك بأن الألوان المتكاملة تكون متعاكسة على دائرة اللون. وإذا رسمنا خطاً مستقيماً من واحد إلى آخر فإنه يمر من المركز، أي من النقطة المتوسطة لاستمرار الأسود - الأبيض. ومعنى هذا أننا حين نمزج لونين متكاملين نحصل على الرمادي، أو قل إن شئت، يضيع الإشباع تماماً.

وإذا مزجنا مزيجين متكاملين - من مثل الأزرق والأصفر والأزرق المخضر والأحمر سوية بالنسب التي تنتج اللون الرمادي. فإننا نحصل على الرمادي مرة أخرى. وإذا كانت المزيجات الأصلية مختلفة في النصوع فإن المزيج الناتج يكون له نصوع متوسط.

٢) إذا مزج أي لونين غير تكميليين ينتج عنهما حساسية لونية متوسطة. وهذا اللون يتباين بتباين المقادير النسبية للونين المكونين، ويتباين الإشباع بالنسبة لقرب هذين اللونين من الرمادي أو بعدهما عنه. فإذا مزجنا صبغات غير متكاملة بالطريقة التي مزجنا بها الألوان المتكاملة فإننا نحصل على نتائج مغايرة. ذلك بأن الناتج يقع فيما بين الصبغات المكونة كما تتمثل على مجسم الألوان. فإذا مزجت الأزرق بالأحمر فإن الناتج يكون بنفسجياً أو قرمزياً بحسب كمية الأزرق. وأما مزج الأصفر بالأحمر فينتج البرتقالي. وفي كل حالة من هذه الحالات فإن نصوع (لمعان) المزيج يقع فيما بين نصوع الألوان كافة.

ولكي تستشرف نتيجة خلط أي لونين فما عليك إلا أن تنظر إلى دائرة الألوان (شكل رقم ١٠) وترسم مستقيماً يصل بينهما، وسيمثل منتصف المستقيم اللون الذي ينجم عن خلطهما بنسب متساوية. فالمستقيم الذي يصل اللونين الأصفر والأرجواني المزرق يمر في مركز الدائرة الذي هو في الواقع اللون الرمادي. لأن هذين اللونين متكاملين. أما منتصف المستقيم الذي يربط اللونين الأحمر والأزرق فيقع في قطاع الأرجواني، وهو نتاج خلط اللونين الأزرق والأحمر بنسب متساوية.



شكل رقم (١٠) دائرة الألوان «انظر الملحق الملون»

ويمكن بالطريقة ذاتها تقدير درجة إشباع اللون الجديد، لنأخذ، مثلاً، الأحمر المشبع - على محيط الدائرة - ونخلطه بالأخضر المشبع - على نفس المحيط - فإن اللون الناتج تجريبياً سيكون أصفر قليل الإشباع. ولو رسمنا خطاً مستقيماً يربط النقطتين اللتين تمثلان الأحمر والأخضر على المحيط لوجدنا أن منتصف هذا المستقيم يقع في المنطقة الصفراء بالقرب من مركز دائرة الألوان هذه، التي تسمى أيضاً القرص الضوئي. ولكننا نعلم أن مركز هذا القرص يمثل الرمادي وهو لون درجة إشباعه صفر (أي لون غير مشبع مطلقاً أو عديم الإشباع) فسيكون، إذن، إشباع الأصفر في هذه الحالة قريباً من الصفر. بمعنى أن الاصفرار سيكون مشوباً بالرمادي.

أما إذا خلطنا الألوان بنسب غير متساوية فإن النقطة التي تمثل اللون الناتج ستقع في مكان ما يبعد عن منتصف المستقيم باتجاه اللون الذي يمثل النسبة الأكبر في الخليط الضوئي. ويعتمد موقعها هندسياً على النسبة المستعملة من اللونين، فلو خلطنا أحمر بنسبة ثلاثة أرباع مع أخضر بنسبة الربع يكون الناتج برتقالياً قليل الإشباع، ويقع على بعد ثلاثة أرباع المستقيم الموصل بين الأحمر والأخضر بالقرب من الأحمر.

إن دائرة الألوان أو القرص الضوئي (شكل رقم ١٠) تمثل شكلاً ذا بعدين فقط، لأن القرص في الواقع لا يعدو كونه مقطعاً عرضياً في المجسم اللوني. وهذان البعدان يمثلان الصبغة (اللون) والإشباع فقط. ولهذا يلخص القرص علاقات الألوان التي تختلف في درجة إشباعها. أما إذا أخذنا البعد الثالث، الذي يمثل النصوع، بعين الاعتبار فإن الأمر سيكون أكثر تعقيداً. فإذا خلطنا أحمر فاتحاً بأحمر غامق بنسب متساوية تكون النتيجة أحمر متوسط. بمعنى أن التفاوت سيكون بدرجة نصاعة اللون. وكذلك إذا خلطنا الأسود بالأبيض فإننا سنحصل على الرمادي.

لعل من بين ما نود أن نركز عليه هنا هو أن المزيج ينتج عنه تأثيرات مختلفة، وذلك لأن الأصباغ تعكس مدى من الأطول الموجية. فصبغة الأزرق وصبغة الأصفر تعكسان أيضاً ضوءاً أخضر. وحين يتم مزجهما فإن الأزرق والأصفر يلغي كل منهما

الآخر ويتم إدراك الأخضر فقط. وهذا ينقلنا إلى ظاهرة أخرى هي تأثير التباين والتضاد Contrast. ولكن لنرجئ ذلك إلى ما بعد التحدث عن ظاهرة مزيجات الألوان المتخالفة في العينين Binocular Color Mixtures.

يحصل على هذه المزيجات بطريقة مجسمة (ستريوسكوبية) تسمح لكل عين بأن تثار بصورة منفصلة فتقدم لكل عين بقعة ملونة مختلفة عن البقعة التي تقدم للعين الأخرى، وحينئذٍ يختبر المجرب عليه ما يسمى بالتنافس الشبكي Rivalry Retinal فيرى اللونين وكأنهما بقعتان متداخلتان حيث تتغلب أحداهما ثم الأخرى. وحيث يبدو اللونان متداخلين يرى المجرب عليه أحياناً ما يبدو وكأنه بقعة ذات لون وسيط، فإذا تم ذلك كان التداخل رمادياً أو ملوناً بحسب ما إذا كان اللونان المركبان (بالكسر) متكاملين أو غير متكاملين.

ولقد اهتم العلماء بصورة خاصة بكون التداخل أصغر حين تكون البقعة الموضوعة أمام إحدى العينين حمراء والأخرى خضراء في حين أن الإنارة بيضاء وخلفها شاشة بيضاء. وهذا يشبه ما يلاحظه الإنسان حين يتداخل الضوءان الأحمر والأخضر، لكن ثمة فرقاً مهماً في الحالتين، ذلك بأنه في الحالة الثانية يرى اللون المزيج بعين واحدة أو بالعينين الاثنتين. أما في حالة تجربتنا فإن إحدى العينين مثارة باللون الأحمر، وهذا ما نستطيع أن نراه بواسطتها وحدها. والأخرى مثارة باللون الأخضر، وهذا ما نستطيع رؤيته بها وحدها، فكيف إذن نتجت البقعة الصفراء؟ إن التعليل الوحيد للأمر هو أن البقعة الصفراء نتجت عن عملية امتزاج حصلت في الدماغ.

ويمكن أن نقدم دائرة سيكولوجية للون في الشكل الآتي رقم (١١) نستطيع من خلالها توضيح بعض المظاهر المهمة لمزج الألوان. فحين تطابق الأطوال الموجية للألوان التي يقابل كل منها الآخر على الدائرة، وتمزج بكميات متساوية، فإن اللون الناتج سيكون أبيض أو رمادياً. أما إذا كانت الكميات الممزوجة غير متساوية فإن اللون الناتج سيكون لطول الموجة المسيطرة، ولكنه سيكون أقل إشباعاً. أما إذا تم مزج ضوأين واقعين على نفس الجانب من الدائرة فإن الناتج سيكون لوناً وسيطاً بين الاثنين.

شكل رقم (١١) دائرة اللون السيكولوجية (Haber 1971)

obeikandl.com

تأثيرات التباين الآني

Simultaneous Contrast

حاول أن تنظر إلى المربع البرتقالي في الشكل رقم (١٢) ستجد أن نفس هذا المربع البرتقالي قد اكتسب تأثيراً مختلفاً من حيث الإشباع، وذلك بفعل تباين أو اختلاف الخلفية التي يظهر عليها حيث هي سوداء في الحالة الأولى وبيضاء في الحالة الثانية.

ولو وضعت ورقة رمادية اللون على أرضية صفراء لوجدت أن الورقة الرمادية تبدو كأنها قد اتخذت مسحة أرجوانية مزرقة قليلة الإشباع. أما إذا وضعت ورقة رمادية على أرضية أرجوانية زرقاء لوجدت أن الورقة تأخذ مسحة من الاصفرار.

إن ما يبدو من تحول في ألوان الأشياء الرمادية عند تغير ألوان أرضيتها ظاهرة تدعى بتباين اللون الآني أو التضاد المعي. ويمكنك أيضاً ملاحظة هذه الظاهرة عند النظر إلى مربعات صفراء أو زرقاء أو حمراء أو خضراء وفي وسط كل منها مربع رمادي. فإذا كانت الشروط الضوئية مناسبة فإن البقع الرمادية يجب أن تظهر مشوبة باللون المكمل للون. ذلك أن المنبه اللوني يغير صبغته إذا ما قام ضده لون آخر. ويكون التغير في الصبغة دائماً باتجاه اللون

شكل رقم (١٢) تأثيرات التباين والصور اللاحقة «انظر الملحق الملون»

التكميلي المحيط. وهكذا فإن المنبه الأحمر المحاط باللون الأزرق سوف يصبح مصفراً. ولكن إذا أحيط اللون الأحمر بلون أخضر فإنه سيبدو أكثر احمراراً. ويكون تأثير التباين على أشده عندما يكون نصوع المنبه وما يحيط به متساوياً. فالورقة الرمادية على الأرضية البيضاء تبدو غامقة، بينما تبدو تلك الورقة نفسها فاتحة على الأرضية السوداء. وتدعى هذه الظاهرة بتأثيرات تباين النصوع Brightness Contrast Effects. ويطلق على هذه الظواهر آنية (أو معية) لأن التأثيرات اللون الأصلي واللون المتباين تظهر آنياً أو جنباً إلى جنب.

ولهذه الظواهر حالات تطبيقية فكثيراً ما يستعمل التضاد المعي أو التباين الآني في إنارة المسارح. فالضوء الأصفر الواقع على حافة المسرح يجعل الظلال الرمادية على المسرح تبدو مزرقة، كما تجعل الأشياء الزرقاء تبدو أكثر زرقة. ولا شك في أن الرسامين الذين يرسمون ما يسمى بالصور الواقعية يفيدون كثيراً من هذه الحقيقة.

ويستفاد من هذه الظاهرة أيضاً في الصحافة، وبخاصة صحافة الأطفال، وفي السطوح عموماً. فحين ينظر إلى السطوح الملونة القريبة بعضها من بعض، أو سطحاً واحداً بعد الآخر بطريقة تقوي أو تعزز التباين بينهما، وخاصة بين لونين تكميليين. فالسطح المجاور لسطح أحمر يميل لأن يتلون بلون خفيف من الأزرق - الأخضر. والسطح المجاور لسطح أزرق يميل لأن يكون مصفراً. ويظهر هذه التأثير بوضوح إذا كان السطح الرمادي محاطاً بخلفية ملونة بارزة، إذ يبدو على السطح وكأنه لوناً مكملاً أو متمماً.

ويبدو أن لظاهرة التباين علاقة بواحد من القوانين المتعلقة بإدراك الأشكال هو قانون الشكل والأرضية.

الشكل والأرضية:

يعود هذا القانون إلى جماعة أو مدرسة في علم النفس ظهرت في ألمانيا واهتمت أساساً بظاهرة الإدراك يطلق عليها (الكشتالت Cestalt»، وهي كلمة ألمانية تعني «الشكل». ولذلك فقد سمي هؤلاء العلماء بالشكليين لأنهم اعتبروا الشكل الوحدة الأساسية للإدراك وغيره من الخبرات. وبحسب قول الشكليين يكون «الكل أكبر

من مجموع أجزائه» وهو يحدد صفات الأجزاء وسلوكها بدلاً من العكس. وإن صفات الكل تختلف عن صفات الأجزاء ولا تتوقف عليها وحدها، وخصائص العلاقات هذه هي جزء لا يتجزأ من الإدراك المبدئي وليست أموراً تضاف فيما بعد.

ورأي الكشتالتيين هذا القائل بأن التنظيم هو جزء من أي إدراك وليس شيئاً يضاف إليه فيما بعد رأي يقبله معظم علماء النفس.

ويعني قانون الشكل والأرضية أن الصورة تميل إلى أن تكون شكلاً قائماً على أرضية، والشكل والأرضية حدان أساسيان في جميع أشكال الإدراك. وإننا نميل إلى إدراك الشكل مقابل الخلفية. فموضوعات الإدراك أساساً عبارة عن أشكال تنفصل عن الأرضية بما تتصف فيه من نوعية وشدة واتساع واستغراق أو توحيد معين يجمع هذه الأشياء ويجعل منهما كلاً يختلف عن الأرضية. فحين نقارن بين الشكل والخلفية يبدو الشكل: (١) إن له شكلاً معيناً (٢) أقرب (٣) يشبه الشيء (٤) أكثر حيوية (٥) ذو لون واضح (٦) له كفاف Coutour يحيط به و(٧) له خلفية ممتدة وراءه.

والمثال المألوف على استعمال هذه المبادئ من أجل تغيير الشكل نواة في مسألة التمويه التي اقتبستها الجيوش الحديثة عن الطبيعة ذاتها وذلك من أجل إضاعة الشكل في ثناء الخلفية.

الصور اللاحقة السلبية والإيجابية Nagative and Positive After Images:

لنعد إلى الشكل رقم (١٢) وحاول أن تركز نظرك بثبات على المربع البرتقالي الموضوع على الخلفية السوداء وذلك حتى يفقد المربع البرتقالي تشبعه ويميل إلى أن يكون رمادياً، وعندها انقل بصرك إلى مركز المربع الأبيض الأيمن الخالي، ولسوف ترى صورة مربع معتم في وسط خلفية سوداء.

إن هذه الصورة اللاحقة يطلق عليها الصورة اللاحقة السلبية، ويمكن أيضاً أن تحصل على صور لاحقة سلبية إذا رسمت دوائر حمراء أو زرقاء أو خضراء أو صفراء في وسط كل منها دائرة صغيرة جداً بيضاء، وحدق في كل منها على حدة مدة أربعين ثانية، ثم ارفع عينيك وانظر إلى مساحة بيضاء أو رمادية، أو أغلق عينك، وسترى دائرة باللون المكمل للون الدائرة التي حدقت فيها.

« أ » « ب »

شكل رقم (١٣) الشكل والأرضية - في لحظة من اللحظات ترى الشكل الأبيض على الأرضية السوداء. وبعد ذلك من دون جهد تبديه ينقلب الشكل أسود على أرضية بيضاء. سترى في الشكل (أ) كأساً ووجهين لفتاتين. وفي الشكل (ب) وجه فتاة ووجه رجل.

أما الصور اللاحقة الإيجابية فإن اللون فيه يشبه اللون الأصلي، ويمكن أن يكون خط الضوء الذي يعقب «النجمة الساقطة» مثالاً عليها. ومثال آخر هو لو حدقت بمصباح كهربائي متوهج ثم نظرت إلى ورقة بيضاء فستجد صورة المصباح على الورقة البيضاء تتوهج لفترة من الزمن.

إن الصور اللاحقة السلبية الإيجابية تعبير يصف الإحساسات الثانوية التي تتبع الإحساسات الأصلية مباشرة، وقلما تدوم أكثر من بضع ثوان. ومع ذلك يترتب عليها نتائج تطبيقية. فلو حدقت في ورقة صفراء وحدث ما بعد الإحساس الأرجواني المزرق الاعتيادي، ثم نظرت إلى ورقة برتقالية اللون بدل الورقة البيضاء كان اللون الذي تراه هو الأرجواني الأحمر، وهذا هو نفس اللون الذي ينتج عن خلط اللونين البرتقالي والأرجواني المزرق. وغالباً ما يكون هذا الأمر مصدر خطأ في تحديد الألوان ومقارنتها لذلك يتوجب على الكيماوي وصانع الأصباغ أن يرتبا الشروط الموضوعية لمقارناتهما للنماذج بحيث لا تؤثر الصور اللاحقة السلبية والإيجابية على أحكامهما، ولكي ينجحا في هذه المهمة عليهما أن يعرفا علاقات اللون بدقة.

عمى الألوان

Color Blind

يختلف الناس في رؤيتهم للألوان، ويرجع هذا الاختلاف إلى أسباب عدة من بينها أننا حين «نرى» لوناً معيناً فقد نتفق على اسم ذلك اللون، ولكننا لا نرى تماماً نفس ذلك اللون، وهذا يعود إلى اختلافات فردية في تركيب المخاريط المسؤولة عن رؤية الألوان. ويكمن الفارق الأساسي بين عمى الألوان والشخص الطبيعي في أن الأول يرى الألوان التي تبدو مختلفة للنور الطبيعي متشابهة. وينسب عمى الألوان البشري عادة إلى إصابة تصيب المخاريط أو اتصالاتها العصبية فالشخص الذي يتمتع ببصر سوي يكون قادراً على إدراك كل الألوان الناتجة عن مزج الألوان الأولية الثلاثة، الأحمر والأخضر والأزرق. ولا يتمتع الشخص المصاب بعمى الألوان بمثل هذه القدرة. ويتفاوت عمى الألوان بين شخص وآخر من الضعف في تمييز الألوان إلى عمى الألوان التام، حيث يرى المرء الدنيا بدرجات متفاوتة من الرصاصي (كالسينما غير الملونة). ويبدو أن تصنيف عمى الألوان ما زال حالة بعيدة عن الكمال، إذ يفشل هذا التصنيف في التعبير الدقيق عن الدرجات المتفاوتة في عمى الألوان. وخير وسيلة للتفريق تتسم بشيء من الوضوح متوفرة الآن هي وضع المصابين بعمى الألوان في صنفين هما عمى الألوان الكلي وعمى الألوان الجزئي.

يعني العمى اللوني الكلي أن الفرد يرى فقط بالخلايا العصوية، حيث لا يملك المخاريط، ولذا فهو يستجيب لأطوال الموجات المختلفة استجابته للألوان الرمادية. أي أنه يرى الفاتح والغامق ولا يرى ألوان الطيف المختلفة. وبالتالي لا يرى بالنهار كالأشخاص العاديين، فالحياة بالنسبة له فيلم سينمائي غير ملون، والعالم بالنسبة له فيلم بالأبيض والأسود وتدرجات من الرمادي. ولأن الحفيرة تكون في وسط الشبكية، فإنك تجد المصابين بعمى الألوان الكامل يحولون أعينهم قليلاً عن المرئيات لكي يستطيعوا رؤيتها

بواسطة العصيات التي يعتمدون عليها في الرؤية ليلاً ونهاراً. ومثل هؤلاء الأشخاص نادرون جداً، ويسمى مرضهم عادة Achromatism أي عدم رؤية الألوان.

أما عمى الألوان الجزئي فهو حالة أكثر شيوعاً حيث تتراوح نسبتها بين ٦-٨٪ وهو ليس مرضاً، ولا يصاحبه أي اضطراب في العين أو المخ، والمصاب به لا يستطيع التمييز بين الألوان الطيفية.. ويوجد ثلاثة أنواع من عمى الألوان الجزئي Dichromatims أكثرها شيوعاً ذلك النوع الذي لا يتم فيه إدراك اللونين الأحمر والأخضر بطريقة طبيعية، حيث يطابقون الطيف جميعه مع التجمعات اللونية المناسبة للونين، في حين يحتاج الأفراد الأسوياء إلى ثلاثة ألوان. ويسمى معظم هؤلاء بعميان الأحمر والأخضر لأنهم يخلطون بين اللونين الأحمر والأخضر حيث يكون هذان اللونان نفس قيمة النصوع. ولا يسبب اللون الأزرق لهم، في المعتاد، أي صعوبة.

وقد أشارت الدراسات التي أجريت على الأشخاص المصابين بعمى الألوان في عين واحد والعين الأخرى سليمة أنهم يرون الأصفر والأزرق والأبيض والأسود والرمادي دون رؤية الأحمر والأخضر. وما تراه العين السليمة أحمر أو أخضر يراه المصاب أصفر قاتماً. وما تراه العين السليمة بنفسجياً يراه هو أزرق قاتماً (عكاشة ١٩٧٧، ص: ٨٩).

إن المصابين بعمى اللون الأخضر يرون اللون الأحمر أصفر فاتحاً والأخضر رمادياً، ويبقى النصوع النسبي للألوان الطيفية ثابتاً. أما المصابون بعمى اللون الأحمر فإنهم لا يرون اللون الأحمر أو أنهم يرونه أسود. ويبدو اللون الأخضر رمادياً مبيضاً، وينتقل النصوع النسبي للألوان الطيفية باتجاه الموجات القصيرة.

أما العمى بالنسبة للأزرق والأصفر أو لكليهما فأمر نادر بخلاف عمى الأخضر والأحمر الأكثر شيوعاً. مما سبب دراسته دراسة مفصلة من قبل العلماء.

الأساس الوراثي لعمى الألوان:

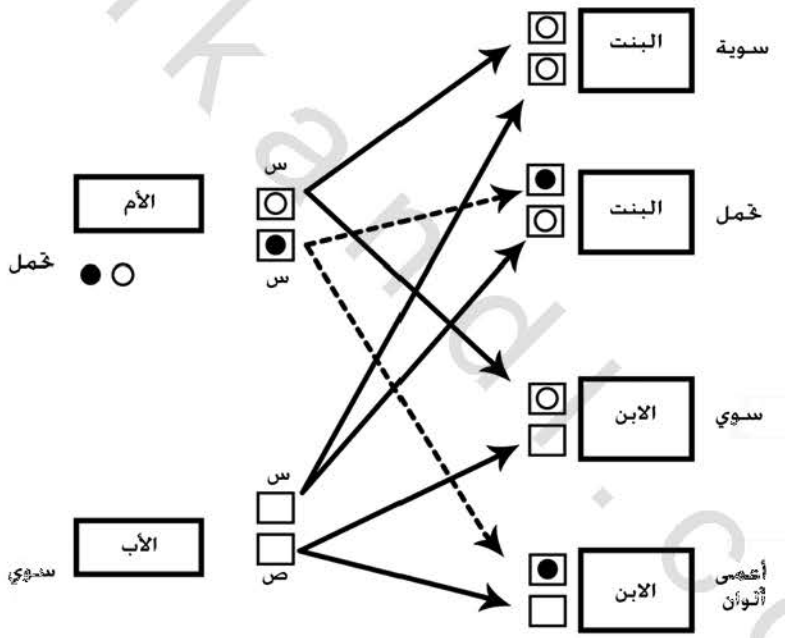
يعتبر عمى الألوان صفة وراثية، وهو شائع بين الذكور ونادر جداً بين الإناث. والسبب في هذا الفرق الجنسي هو:

١) إن الزوج من المورثات (الجينات) لرؤية الألوان موجود في (س).

٢) المورثة السوية تكون غالبة.

٣) يتلقى الذكر صبغياً واحداً من النوع (س) فقط (أو مورثاً لرؤية الألوان) في حين تتلقى الأنثى صبغيين.

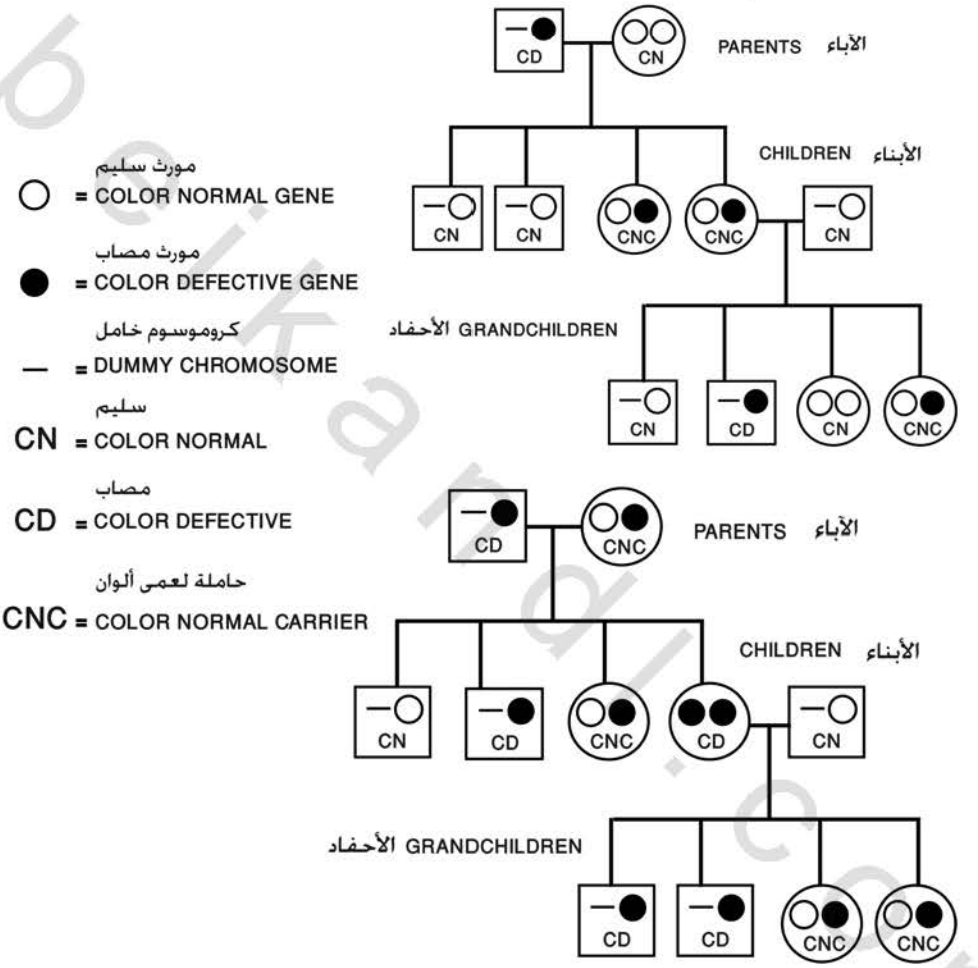
يلاحظ في الشكل رقم (١٤) أن البنات يتلقين صبغيين Chromosomes (س). أما الأولاد فيتلقون واحداً فقط كما هو معروف من دراستنا للوراثة، إن الصبغيات (ص) لا تحمل موروثات لرؤية الألوان، فإذا كانت الأم تتمتع برؤية سوية للألوان ولكنها تحمل مورثاً مصاباً فإن نصف أولادها الذكور سيرثون في المتوسط هذا المورث، فيصابون نتيجة لذلك بعمى اللونين الأخضر والأحمر. وليس مهماً أن يكون الأب مصاباً بعمى الألوان أو غير مصاب به في حالة الذكور، وذلك لأنهم يعطونهم الصبغي (ص) فقط. أما في حالة الإناث فالأمر مختلف.



شكل رقم (١٤) عمى الألوان

فإذا افترضنا أن الأب سوي - كما في الشكل ١٤- فإن كل البنات سيحصلن - في الأقل على مورث واحد سوي من مورثات رؤية الألوان، وعلى اعتباره غالباً، فإن رؤيتهن للألوان ستكون سوية. ومع ذلك فإنهن، في المتوسط، سيكن حاملات لعمى الألوان كأمهاتهن.

والخلاصة، إذا كانت الأم مصابة بعمى الألوان فإن جميع أولادها الصبيان سيكونون مصابين بعمى الألوان، وكل بناتها سيكن حاملات لعمى الألوان. أما إذا كان الأب مصاباً بعمى الألوان فإن البنت يمكن أن تكون مصابة به. وأما إذا كان كل من الأب والأم أعمى ألوان (أحمر - أخضر) كان كل أولادهما مصابين به. (لاحظ الشكل رقم ١٥).



شكل رقم (١٥) شكل يوضح علاقة الجنس (كعامل وراثي) بعمى الألوان - يرمز المربع إلى الرجل الذي يكون أما حاملاً لمورث «جين» سليم أو حاملاً لمورث مصاب. وترمز الدائرة إلى المرأة التي تكون أما سليمة أو مصابة أو حاملة للإصابة.

يمثل الجزء الأعلى من التخطيط أن الرجل المصاب بعمى الألوان يمرر إصابته عبر بناته إلى نصف أحفاده الأبناء. أما الجانب الأسفل من التخطيط فيرينا أن اثنين من أولئك الأحفاد قد جمعتهما الصدفة النادرة (رجل مصاب) و«امرأة حاملة للإصابة». وعندها لا بد أن ينجبا امرأة مصابة بعمى الألوان. ويرينا التخطيط الأسفل نفسه أنه إذا تزوجت امرأة مصابة بعمى الألوان من رجل سليم فإن كل أبنائها سيكونون مصابين بعمى الألوان. (عن Held وRichards ١٩٧٢)

وبالإضافة إلى الأشخاص المتسمين بعمى الألوان بصورة واضحة يوجد كثيرون من المصابين بضعف الألوان. إنهم يميزون الألوان المختلفة ولكنهم يجدون بعض الصعوبات في ذلك، ولهذا فهم يسمون بضعاف الألوان بدلاً من عمى الألوان.

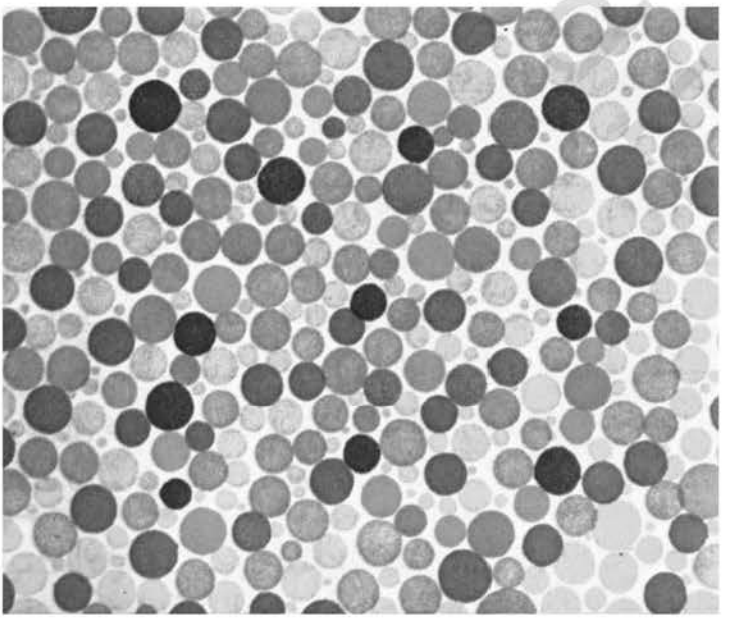
والطريف أن المصابين بعمى الألوان يندر أن يحسوا بهذا النقص لديهم حتى يتم فحصهم وإخبارهم بذلك. والسبب في ذلك هو أنهم يرون كل المرئيات التي يراها الآخرون، ويتعلمون تسمية ألوان الأشياء المألوفة بحسب لمعانها، ويتعلمون أيضاً أن يطلقوا عليها نفس الأسماء التي يطلقها عليها الآخرون، ولكنهم قد يرتدون ملابس تخرج عن المألوف بألوانها، أو قد يفضحون أمرهم بعبارات عابرة كأن يقول أحدهم: يصعب علي أن أرى التوت في الأشجار إذ إن لونه لا يختلف كثيراً عن لون الأوراق، ويحدث هذا في حالة المصاب بعمى الألوان الأحمر - الأخضر، إذ يرى المصاب في هذه الحالة كلا اللونين وكأنهما أصفر رمادي. وإذا كان الأحمر - مثلاً متساوياً في القيمة الإثارية للرمادي القاتم فإن الإنسان قد يسمي الأحمر أو الرمادي القاتم أحمر. وهو يفعل هذا لأنه حين أثير بالشيء الأحمر من قبل سمع محدثيه يسمونه بالأحمر. وكذلك فإن المصاب بعمى اللونين الأحمر والأخضر كثيراً ما يصف قميصاً بنياً من درجة لمعان معينة بالأخضر. ذلك أن القميص البني لا يبدو له مختلفاً عن قميص أخضر له قيمة اللمعان نفسها.

إن هذه الأنواع من النقص في رؤية الألوان مهمة جداً في عدد واسع من ميادين العمل بينها القوات المسلحة بشكل خاص، والقوة الجوية والقوة البحرية بشكل أخص. وذلك لأن العمل فيهما يتطلب استجابة سريعة للإشارات اللونية، وأي خلط بين هذه الإشارات، أو أي ضعف في القدرة على التمييز بينها قد يؤدي إلى كارثة، بخاصة وإن الإشارات الضوئية الأكثر استخداماً في هذه المجالات تعتمد على اللونين الأخضر والأحمر.

كما أن ميادين الطيران والأعمال الفنية ذات العلاقة بالألوان والعمل التقني في المختبرات حيث يكون للون المواد أو المحلولات الكيماوية قيمة كبيرة في التعرف على العمليات والتفاعلات، هي مجالات عمل يشكل فيها عمى الألوان عائقاً واضحاً.

وعلى الرغم من أن كثيراً من المصابين بنقص في رؤية الألوان يعاندون في كونهم ليسوا كذلك، ويستطيعون أن يميزوا بسهولة بين إشارات المرور الضوئية، إلا أن تمييزهم لهذه الإشارات قائم، في الواقع، ليس على قدرتهم في التمييز بين ألوانها بل على مواقع تلك الإشارات. فهم يعرفون أن الأحمر يكون في الأعلى والأصفر في الوسط والأخضر في الأسفل. وحلاً لهذه المشكلة اقترح علماء النفس جعل ألوان إشارات السير من اللونين الأصفر والأزرق بدلاً من الأحمر والأخضر (عاقل ٩١٧٢ ص ١٠٧).

لقد صممت اختبارات لتشخيص الذين يعانون من نقص في رؤية الألوان، أشهرها اختبار «Isgigare Test» (شكل رقم ١٦). ويتضمن نقاطاً حمراء مرتبة. بطريقة تتشكل فيها أرقام من تتابع هذه النقاط على خلفية مكونة من نقاط ملونة بألوان أخرى. ويستطيع الشخص الطبيعي أن يقرا الأرقام، أما الشخص الذي عانى من نقص في رؤية الألوان فإنه لا يستطيع التمييز بين النقاط الحمراء أو الخضراء وبين الخلفيات التي تظهر عليها (Marx ١٩٧٦).



شكل رقم (١٦)
اختبار عمى الألوان
«انظر الملحق الملون»

إن تطبيق هذه الاختبارات لغرض انتقاء الأفراد لعدد من ميادين العمل مسألة ضرورية وذات أهمية لصالح الفرد والمجتمع والعمل نفسه. ومن بين هذه الميادين: القوات المسلحة. معاهد وأكاديميات الفنون التشكيلية، صناعة النسيج، تصميم الملابس، صناعة الأصباغ، الصحافة الفنية، وغيرها من الميادين التي يشكل فيها اللون بعداً أساسياً.

ومنذ الحرب العالمية الثانية (حيث كان عمى الألوان سبباً في رفض عدد لا يستهان به من الانخراط في سلك الجيش) برز السؤال الآتي:

هل يمكن شفاء عمى الألوان؟

لقد ادعى البعض أن فيتامين (A) يؤدي إلى شفاء عمى الألوان. ونحن نعلم أن فيتامين (A) يساعد في دقة الإبصار، بما أن بعض هذه الفحوص يعتمد على دقة الإبصار علاوة على التمييز اللوني، مما يحدث في هذه الحالة أن قسماً من المصابين بعمى الألوان على حافة النجاح يستطيع أن يجتاز الاختبار ككل بتحسين دقة إبصارهم. كما يجب الأخذ بالحسبان تشدد الفاحصين، فهناك من يتشدد في التشخيص كما يوجد من يتساهل فيه. أما الأمر الثالث فهو أن التمرين على أي فحص يؤدي إلى تحسين النتائج، وهذا ينطبق على أي فحص بضمنها فحوص عمى الألوان.

هذا إضافة إلى بعض وسائل «الغش» المعروفة للنجاح في هذا المقياس. ولعل أسلم نتيجة نصل إليها في هذا الصدد هي الانتظار حتى نجد مسببات عمى الألوان أولاً، ما دامت النتائج المتوفرة حتى الآن لا تقنع بوجود شفاء لعمى الألوان (الحمداني ١٩٦٦، ص ١٢٦).

ويجب الانتباه إلى أن هناك بعض الناس يعانون في رؤيتهم للألوان بسبب ضرر أو تلف حدث للدماغ، وهو نقص يختلف بطبيعة الحال عن ذلك النقص الذي يعاني منه الأشخاص المصابون بعمى الألوان، ففي هذه الحالة يتسبب الضرر الذي يلحق بمركز الرؤية في الدماغ Occipital Cortex بعدم القدرة على رؤية الألوان. ولكن حالما يبدأ المريض بالشفاء فإن رؤيته للألوان تظهر تدريجياً وعلى مراحل، فقبل أن يكتمل شفاؤه يبدأ بإدراك بعض الألوان، ولكنها تبدو أمامه وكأنها لون فيلم وليست لون سطح،

ولا يمكنه تحديد اللون تبعاً لسطوح الأشياء التي يظهر عليها، لكون أن اللون يبدو أمامه سائباً وضبابياً.

ولأن اللون لا يبدو أمامه كخاصية ملازمة للأشياء، فإنه من الصعوبة على مريض من هذا النوع أن يسمي أو يتذكر ألوان الأشياء، غير أن مثل هذه الحالات ليست شائعة ولا يعرف عنها الشيء الكثير.

obeikandl.com

نظريات رؤية الألوان

Theories Of Color Vision

ثمة نظريات في هذا الصدد تحاول كل منها تفسير ظاهرة اللون بفاعليات تتم في المخاريط أو في الجملة العصبية، ومع ذلك فما من نظرية منها تفسر بصورة نهائية جميع ظواهر الرؤية الملونة.

إن أهم النظريات هي نظرية يونيك - هيلمهولتز، ونظرية هيرنك، ونظرية لاد - فرانكلن.

١- نظرية يونك - هيلمهولتز Young-Helmholtz:

في عام ١٨٠١ افترض توماس يونك فرضية الألياف الثلاثThree-Fiber Hypathesis التي تبين عمل الشبكية، مستخدماً في ذلك مبادئ نيوتن في مزج الألوان ليفسر بواسطة ذلك ظاهرة إدراك اللون. وظلت هذه النظرية غير معروفة إلى أن اكتشفها هيلمهولتز في عام ١٨٥٢ فأعاد إليها ما تستحقه من رصيد عال.

تفترض هذه النظرية الكلاسيكية - التي ما زالت واسعة القبول في وقتنا الحاضر - وجود ثلاثة أنواع من المخاريط (Cones) في العين البشرية كل نوع منها خاص بلون واحد من الألوان الثلاثة الأساسية (الأحمر والأخضر والأزرق). أي أنه افترض وجود ثلاث عمليات مختلفة للتسلم الضوئي؛ الأولى عملية تحسس قصوى للأطوال الموجية التي تعرف عادة باللون الأحمر، والثانية بالنسبة للون الأخضر، والثالثة بالنسبة للون الأزرق. وتفسر هذه النظرية مزيجات الألوان الناتجة عنها، فالمزج المناسب لهذه الألوان الثلاثة يقدم لنا الطيف بكامله، والصور اللاحقة السلبية التي يفترض أن تنجم عن إثارة مخالفة لأنواع المخاريط الثلاثة.

ومثل ذلك أن أطوال الموجات في منطقة الأحمر تثير المخاريط المختصة بالأحمر ولكنها تترك مخاريط الأخضر والأزرق غير متأثرة نسبياً، فتكون مخاريط الأحمر متعبة والمخاريط الأخرى مرتاحة. وهكذا تكون الإثارة بالنور غير اللون (كالنظر إلى مساحة بيضاء أو رمادية) منشطة لمخاريط الأخضر والأزرق أكثر من تنشيطها لمخاريط الأحمر. ونحصل نتيجة لذلك على مزيج الأخضر والأزرق أو قل، إن شئت، الأبيض ناقصاً منه الأحمر أي الأخضر المزرق.

ومن المناقشات المستخدمة ضد هذه النظرية أنها - النظرية - تفتقر إلى الشرح المناسب للون الأصفر من وجهة النظر السيكولوجية في الصور اللاحقة السلبية، وموضع اللون الأصفر في المناطق الشبكية المتعلقة باللون.

إن هناك نظريات تقول بأن مزج الألوان ظاهرة تعود إلى شبكية العين، ولكن هناك تجارب تشير إلى مزج الألوان ظاهرة قد تعود إلى اللحاء الدماغي أيضاً، وربما إلى الجسم الجاسيء Corpus Collosum الذي يربط بين نصفي الدماغ. فقد قام أحد العلماء بتوجيه ضوء من لون معين إلى بؤبؤ عين واحدة، وضوء من لون آخر إلى بؤبؤ العين الأخرى دون أن يختلط الضوءان خارج الشبكية. فلو وجه لون أزرق إلى عين وأصفر إلى العين الأخرى فإن الإنسان يخبرنا بأنه يرى لونا أبيض في كلتا العينين، وهذا ما يحدث بالضبط لدى خلط الضوء الملون والموجه إلى كلتا الشبكيتين في آن واحد. ويثبت هذا أن بعض عمليات الإدراك اللوني وخلط الألوان قد تحدث في مكان ما بعد الشبكية.

٢- نظرية هيرنك Hering:

إن الافتراضات النظرية المتعلقة بمزج الألوان التي طرحتها نظرية هلمهولتز قد أيدتها البحوث السيكولوجية الحديثة، كما سنرى. ومع ذلك فإن نظرية هلمهولتز واجهت عدداً من الصعوبات من بينها إنها لم تعالج بشكل مرض تماماً الحقائق المتعلقة بالألوان التكميلية، وجاءت نظرية هيرنك لتعالج هذه الصعوبات.

تفترض نظرية هيرنك (١٨٧٤)، وهو عالم فيزيولوجي، وجود ثلاثة أنظمة لونية منفصلة، الأول للأحمر والأخضر، والثاني للأزرق والأصفر، والثالث للأسود والأبيض.

فإذا أخذنا ما يبدو انتقالاً طبيعياً من اللون الأحمر إلى الأصفر إلى الأخضر إلى الأزرق، مع استحالة إيجاد اللون الأخضر المحمر أو الأزرق المخضر كنقطة انطلاق، فإن هيرنك يقترح ثلاث مواد بصرية في الشبكية، كل مادة منها بإمكانها إحداث عمليتي التجدد والاندثار، وهكذا فإن مادة الأبيض - الأسود سوف تسفر عن إدراك للأبيض أثناء الاندثار وإدراك للأسود أثناء التجدد. وإن مادة الأزرق - الأصفر سوف تسفر عن الأحمر أثناء الاندثار والأخضر أثناء التجدد. أما بقية الألوان فتنتج عن المزيج لهذه العمليات.

إن ظواهر عمى الألوان والصور اللاحقة السلبية ومناطق اللون الشبكية تفسر بسهولة بواسطة نظرية هيرنك، أما ظهور اللون الرمادي المحايد فيصعب تفسيره بواسطة هذه النظرية.

٣- نظرية لاد - فرانكلن Ladd-Franklin:

في عام ١٨٩٢ افترضت هذه النظرية وجود نمو تطوري للحساسية اللونية، وبموجب هذه النظرية تكون الحساسية البصرية البدائية للعمى اللوني التام سوداء - بيضاء. وتصبح الحساسية للون الأبيض متمايزة إلى رؤية الأصفر - الأزرق والأصفر بدوره يميز إلى رؤية الأحمر - الأخضر. ولقد ظن بأن أساس الإحساس اللوني هو ذروة لونية شبكية يستثير ناتج تحللها الأعصاب بصورة انتقائية.

إن عمى الألوان والمناطق الشبكية للون والصور اللاحقة الملونة، يمكن تفسيرها بواسطة هذه النظرية، ولكن تجميع الأحمر والأخضر اللذين يعرضان بواسطة النظر بالعينين كليهما ويندمجان على أنهما لون أصفر يصعب تفسيره على أساس العمليات المزدوجة في الشبكية.

تلك هي نظريات كلاسيكية حاولت أن تجيب على السؤال: كيف نرى اللون؟ وهي - كما أسلفنا - أهم النظريات وأوسعها قبولاً وبخاصة نظريتي هلمهولتز وهيرنك. ولقد أجريت في السنوات الأخيرة الكثير من البحوث التجريبية المتقنة، وهي، على أهميتها جميعاً، يصعب ذكرها جميعاً، ولهذا سنحاول التركيز على أهمها وأهم ما توصلت إليه من نتائج.

التجارب الحديثة في رؤية اللون:

تشير الكتب الحديثة في علم النفسي الفيزيولوجي (Milner ١٩٧٠) و(Thompson ١٩٧٥) و (Noback And Demarest ١٩٧٧)، إضافة لعدد من كتب علم النفس بينها؛ (Vernon ١٩٧٧) و(Lawson ١٩٧٥) إلى عدد من التجارب الأخيرة التي أجريت على الجهاز البصري لعدد من الحيوانات، إضافة إلى الإنسان.

ففي تجربة متقدمة أجراها ستايلز Stiles(١٩٦١)، ورشتن Rushton (١٩٦١)، وولد Wald (١٩٦١) تم فيها تسليط شعاع ضوئي ضيق جداً يمر في العين ويسقط على جزء من الحفيرة (حيث المخاريط فقط) وينعكس من مؤخرة العين ويمر ثانية من خلال الشبكية إلى خارج العين. وتم فيها قياس كمية الضوء المنعكسة من العين إلى الخارج، وقياس الكمية الممتصة من الضوء من قبل المخاريط بأدوات وإجراءات دقيقة للغاية، فوجد أن كمية الضوء الممتص تتوقف على درجة القصر Bleaching لصبغات المخروط في الشبكية، الأمر الذي يؤدي إلى وجود تباين في درجة استجابة المخاريط للضوء الساقط عليها. وقد وجد أن هناك ثلاثة أنواع من الصبغات في المخاريط، الأول يستجيب إلى الضوء بطول موجي قدره ٤٤٠ ميلليمكرون (الأزرق)، والثاني يستجيب إلى الضوء بطول موجي قدره ٥٤٠ ميلليمكرون (الأخضر)، والثالث يستجيب إلى الضوء موجي قدره ٥٩٠ ميلليمكرون (الأحمر). وتمثل هذه النتائج نصراً كبيراً لنظرية يونك القائلة بوجود ثلاث متسلمات لرؤية اللون هي (الأحمر والأخضر والأزرق) التي افترض أنها متداخلة باتصالات مع الخلايا العصبية، وبشكل تكون فيه نتيجة أو مخرجات الخلايا العصبية حاصلاً بطريقة متضادة أو متقابلة، فحين تستثار إحداها بالأزرق ويحصل لها كف بالأحمر، فإن الخلية العصبية الأخرى تعمل بطريقة معاكسة تماماً، وهكذا.. (Thompson ١٩٧٥، ص ٢١١).

وقد خرجت التجارب التي أجراها (Macnichol ١٩٦٤) و(Wald ١٩٦٨) على السمكة الذهبية - ورؤيتها اللون مشابهة جداً لرؤية الإنسان له - بنتائج مشابهة، إذ تبين وجود ثلاثة أنماط من المخاريط كل نمط منها يكون حساساً بدرجة قصوى إلى منطقة مختلفة من المنظور المرئي هي، على الترتيب: الأزرق، الأخضر، والأحمر (Lawson، ص ١٦٨).

وأجرى (Devalois و Jacobs ١٩٦٨) سلسلة من الدراسات السلوكية حول رؤية القردة للألوان - ورؤيتها للون مطابقة تماماً لرؤية الإنسان له - وأنجزا عدداً من التجارب المضنية والمتقنة، نكتفي منها بذكر خلاصتها.

هناك صنفان عامان من الخلايا، الصنف الأول يتأثر بكل الأطوال الموجية المرئية للضوء، وقد أطلقا على هذا الصنف من الخلايا «الخلايا غير المتضادة Nonopponent». ويوجد منها نوعان، النوع الأول يحصل له الكف والنوع الثاني تحصل له الاستثارة وذلك عند تعرضهما لكل الأطوال الموجية المرئية.

أما الصنف الثاني من الخلايا فإنه يستجيب إلى الحزم الضوئية الضيقة أو الدقيقة من الأطوال الموجية، وتتصرف خلايا هذا الصنف بطريقة متضادة Opponent. فحين تستثار خلية بالأزرق وكف للأصفر، فإن الخلية الأخرى تستثار بالأصفر وكف للأزرق، وتحصل في الخلية الثالثة إثارة للأخضر وكف للأحمر، ويحصل للخلية الرابعة إثارة للأحمر وكف للأخضر. وهذه هي الأنماط الأربعة فقط من الخلايا المتضادة التي تمخضت عنها سلسلة تجارب هذين الباحثين (Thompson ١٩٧٥، ص ٢١٢).

وتأتي نتائج هذه التجارب لتعزز نظرية هيرنك. ويشير تومبسون (١٩٧٥) إلى احتمال أن ترميز اللون إلى أصناف متضادة أمر يحدث في الشبكية.

وقد بحث ويزل Wiesel وهيوبل Hubel (١٩٦٦) الخصائص المكانية واللونية لخلايا الجنكولت في القردة Latera Geniculate (والجنكولت تجمعات من الخلايا على شكل أجسام واقعة على الخط البصري Optic Tract الممتد بين الفرق البصري Optic Chiasm واللحاء الدماغي، وتلعب دوراً كبيراً في رؤية الألوان، (راجع الشكل رقم ٥). وقد استطاعا تشخيص أربعة أنماط من هذه الخلايا.

النمط الأول، وهو الأكثر انتشاراً، له مجالان متحدا المركز، ويستجيب مركز كل منهما بالتجدد (On) أو الاندثار (Off) للون واحد، في حين تعطي الجوانب استجابة معاكسة - للون المقابل المضاد (مثال ذلك، الأحمر «On» في المركز، الأخضر «Of» في الجانب).

والنمط الثاني لا يمتلك مثل هذا التنظيم الذي يمتلكه النمط الأول، بل يعطي استجابة تجدد «ON» للون واندثار «Of» إلى لون آخر، وذلك في جميع النقاط على المجالات المناسبة.

ويبدو أن النمط الثالث من هذه الخلايا يقابل خلايا النصوع، وكل منها يمتلك مركزاً للاستجابة بالتجدد «On» أو الاندثار «Of» وما يقابله في الجوانب، ولكن الخصائص لا تتغير بتغير طول الموجة.

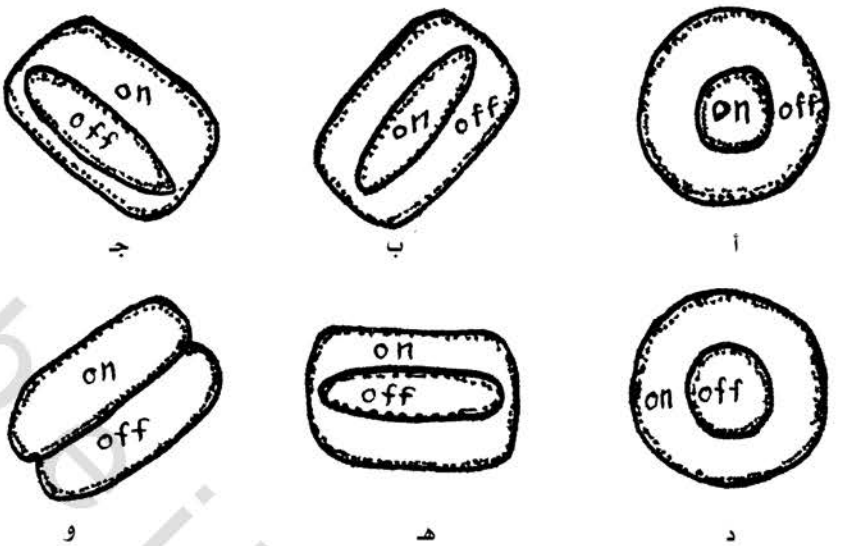
أما النمط الرابع من هذه الخلايا فقد وجد في الطبقتين البطينتين للنواة، وهي تعطي استجابات قصيرة للتجدد «On» لكل أطوال الموجات في مركز المجال، كما أنها استطاعت قمع الفعالية حين يكون اللون الأحمر موجوداً في الجوانب.

وخلال هذا الوقت لم تكن البقع الكبيرة من الضياء مهما كان طول موجاتها بين ٤٠٠-٥٨٠ ميلليمكرون بذات تأثير على الخلايا من النمط الرابع. وعندما أطفئ الضوء الأحمر لم تشاهد ذروة أو فورة في الفعالية، بل استمرت كل خلية بإطلاق في الطبقتين البطينيتين هي من النمط الثالث (غير الحساسة للفروق في أطول الموجات). ولا يعرف حتى الآن طبيعة ارتباطات ووظائف هذه الطبقات (Milner ١٩٧٠، ص ١٩٤-١٩٥).

ويستخلص ملنر Milner (١٩٧٠) من مراجعته لهذا النوع من البحوث إلى أنه قد تم عزل المخاريط لعدد كبير من الحيوانات التي تميز الألوان فوجد أنها تقع في ثلاثة أصناف، الأول يستجيب للضوء الواقع في منطقة الأزرق - البنفسجي من الطيف الشمسي، والثاني يستجيب للضوء الواقع ضمن مدى الأخضر المصفر، أما الصنف الثالث فيستجيب للضوء الواقع ضمن مدى الأصفر أو الأصفر المخضر.

أما ثومبسون Thompson (١٩٧٥) فيستنتج من هذه التجارب أنها قد خرجت بنتائج تدعم، إلى حد بعيد، نظريتي يونك وهيرنك، وأنها تؤكد على أن الملايين من المخاريط الموجودة في شبكية عين الإنسان، والمسؤولة عن رؤية الألوان، يمكن تصنيفها إلى ثلاثة أصناف أساسية، من حيث امتصاصها لأطوال الموجات الضوئية، يكون الصنف الأول منها حساساً بدرجة قصوى للضوء الأزرق، ويكون الصنف الثاني حساساً بدرجة قصوى للضوء الأخضر، في حين يكون الصنف الثالث حساساً بدرجة قصوى للضوء الأحمر، وهو استنتاج يأتي لصالح نظرية يونك.

وإن هناك ثلاثة أصناف عامة من ألياف العصب البصري، هي ألياف التجدد «On» وألياف الاندثار «Off» وألياف التجدد - الاندثار «On-Of» تستجيب بشكل مختلف لوجود و/ أو عدم وجود الضوء.



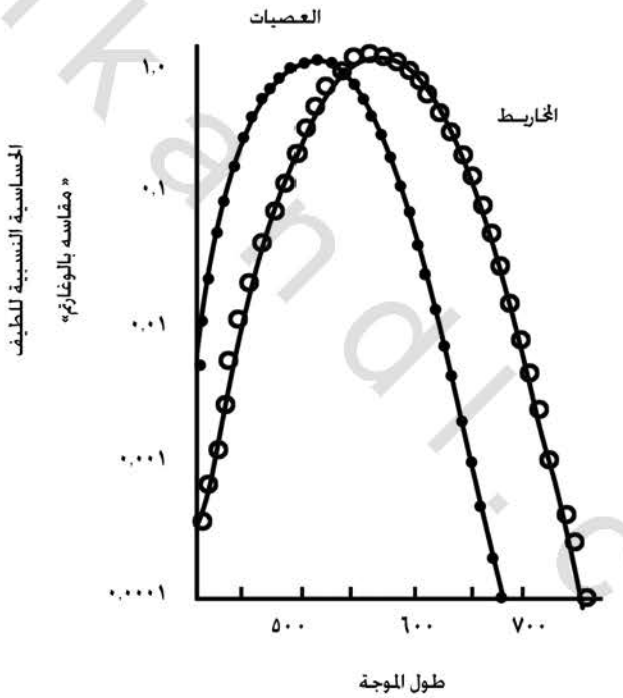
شكل رقم (١٧) ترتيبات المجالات البصرية (أ. ب) مجالات خلايا الجنكولت.
(ج. ء. هـ و) الأنماط المختلفة لمجال الخلية العصبية اللحائية.
كل نمط من هذه الخلايا يمتلك عدة اتجاهات Milner ١٩٧٠.

ويبدو أيضاً وجود صنفين عامين من الخلايا العصبية المتعلقة برؤية اللون، هما: الخلايا غير المتضادة. وهذه تتأثر بكل الأطوال الموجية المرئية للضوء، والخلايا المتضادة، وهذه تستجيب للأطوال الموجية الضيقة أو الدقيقة للضوء، وتنقسم بدورها إلى قسمين أحدهما يحصل له الكف والآخر تحصل له الإثارة. وأنه قد وجد في الشبكية ثلاثة أنواع من صبغات المخاريط هي، الأحمر والأزرق والأخضر. أي صبغات الألوان الأساسية.

لقد عرفنا الآن أن العصيات لا علاقة لها بإدراك اللون، وذلك لأنه يوجد نوع واحد من المتسلم العصوي فيما يتعلق بوظيفة حساسيته للطيف الضوئي، وإن العصيات تستجيب للاختلافات الطيفية المتعلقة بشدة أو قوة الضوء، وليس بإشباع أو صنف اللون. وعرفنا أيضاً أن إدراك اللون هو من اختصاص المخاريط فكيف يمكننا التأكد من وجود وظائف مختلفة ومنفصلة للمخروط؟

من الواضح أننا أجبنا تواً على ذلك، ومع هذا سنضيف معلومات من شأنها توسيع وتثبيت المعلومات التي اطلعنا عليها في الصفحات القليلة السابقة.

هناك عدد من التكنيكات التي يمكن استخدامها لتزودنا بالتأكد من وجود وظائف مختلفة ومنفصلة للمخروط. وأول هذه التكنيكات هو دراسة شبكية عين يفترض فيها تكون مشابهة لشبكية عين الإنسان، تزال منها العصيات والمخاريط ويتم عزل صبغاتها البصرية بشكل منفصل، ثم يجري اختبار كمية الضوء التي تمتصها من مختلف الأطوال الموجية. ولقد تم إجراء ذلك، ولكن فيما يتعلق بالعصيات فقط، وتبين أن الضوء الذي امتصه - العصيات - والمقاس بهذه الطريقة كان مشابهاً جداً للبيانات الموجودة، في الشكل (١٨) أدناه، الذي يبين حساسية العصيات والمخاريط السيكوفيزيائية للطيف الضوئي. ولكن هذا التكنيك غير مفيد، لأسباب عملية، فيما إذا أريد تطبيقه على المخاريط.



شكل رقم (١٨) حساسية العصيات والمخاريط للطيف الضوئي
(Haber 1973)

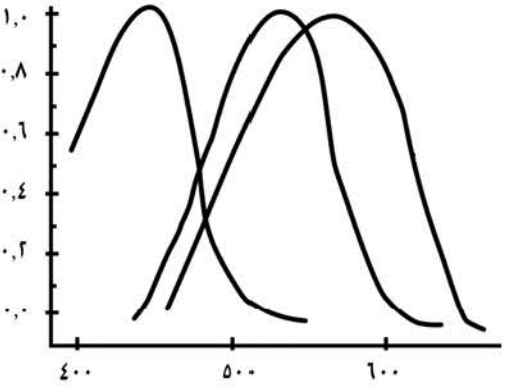
أما التكنيك الثاني فقد جرى تصميمه من قبل روشتن Rushton (١٩٥٨)، حيث قام بإسقاط بقعتين صغيرتين من الضوء ذات أطوال موجية مختلفة، وذلك على المناطق

القريبة من الحفيرة Fovea ولقد وجد روشتن أن بعض هذه الأطوال الموجية قد جرى امتصاصها، وإنها أحدثت استثارة المخاريط.

وكان أن مر معظم الضوء من خلال المخاريط وجرى امتصاصه من قبل البطانة الداخلية المظلمة الموجودة خلف العين، وانعكس بعض من هذا الضوء من خلف العين وعاد ليخرج من مقدمة العين. فقام روشتن بقياس طول موجة الضوء المنعكس الخارج من العين، وعن طريق مقارنة ذلك بطول الموجة للضوء العادي، استطاع روشتن أن يحدد الأطوال الموجية التي جرى امتصاصها. وبعد أن تمكن من استخدام عملية قصر الصبغات، ومقارنة نسبة امتصاص كل طول من الأطوال الموجية قبل وبعد عملية قصر الصبغات - استطاع عن طريق هذا الأجراء أن يعزل وظيفتين للمخروط، تحددت الوظيفة الأولى بالامتصاص الأقصى للضوء الواقع عند نهاية الموجة الضوئية الطويلة، فيما تحددت الوظيفة الثانية بمنطقة الموجة الضوئية المتوسطة. ولم يستطع روشتن تحديد النمط الثالث من المخاريط لكون طريقته لم تكن مناسبة لإيجاد نمط المخروط الحساس جداً للموجة الضوئية القصيرة، ومع هذا فإن النتائج التي توصل إليها روشتن كانت أول دليل عملي يؤكد وجود نمطين منفصلين من المخاريط.

وفيما يتعلق بالإجراء والتكنيك الثالث فقد تم عن طريق استخدام المطياف الضوئي الدقيق Microspectro Photometry. حيث جرى فيه فحص امتصاص الطيف من قبل عدد قليل جداً من المخاريط انتزعت من عين قرد وعين إنسان لأسباب لا تتعلق بأمراض شبكية العين.

ولقد أثبت هذا التكنيك أنه حساس بما فيه الكفاية لأن يكشف عن وجود ثلاثة أنماط من المخاريط. وكان أن جرى قياس لامتصاص الأطوال الموجية المختلفة قبل تكيف المخاريط للضوء الملون وبعد تكيفها له. ويرينا الشكل رقم (١٩) المأخوذ من نتائج دراسات والد Wald وبراون Brown (١٩٦٥) وجود ثلاث وظائف تصل قمة حساسية كل منها إلى ٤٥٠، ٥٣٠، و ٥٧٠ (نانوميتر) على التوالي.



شكل رقم (١٩) وظائف الامتصاص الطيفي لثلاثة أنماط من المخاريط
(عن Wald وBrown ١٩٦٥)

وحين أجريت القياسات، بهذا التكنيك، لكل مخروط بشكل منفرد، تبين أن كل مخروط يمتلك وظيفة حساسية واحدة، وهذا يعني احتمال وجود صبغة واحدة في المخروط. وعلى هذا الأساس أمكن تحديد ثلاث عمليات من المتسلمات مع ثلاثة أنماط مختلفة من المخاريط هي، مجازاً، الأحمر والأخضر والأزرق (م: ١١، ص: ٧٢-٧٤).

لقد أشرنا في سياق الحديث عن مزج الألوان أن مزج ثلاثة أطوال موجية فقط من الضوء يكفي لأن يعطي أي طول موجة نريد. ومن هنا اعتقد معظم النظريين ابتداءً من هلموهلتز بأنه إذا كانت الشبكية تمتلك ثلاثة أنماط مختلفة من المتسلمات فإن كل واحد منها يكون حساساً بدرجة قصوى إلى منطقة مختلفة من الطيف، وعندها نكون قادرين على إدراك كل الألوان، وهذا ما تقوم عليه نظرية يونك - هلموهلتز التي سبق الحديث عنها.

فإذا كان بالإمكان صنع كل الألوان من مزج ثلاثة منها فقط، وإذا كنا نمتلك ثلاثة أنماط فقط من المخاريط، وإن مخرجات هذه المخاريط يمكن أن ترسل بصورة مستقلة إلى الدماغ، عندها يجب أن يؤدي مزج هذه المخرجات إلى تزويدنا بترميز كاف يسمح لنا بتمييز ورؤية مختلف الألوان في الطيف. ولقد كان البحث المتعلق بالأنماط الثلاثة من المخاريط محل اهتمام كبير من قبل معظم علماء البصريات، وقد تجمعت لديهم الحقائق المارة الذكر فأكدت ما كانت قد تنبأت به نظرية يونك وهلوهلتز، على الرغم من أن تنبؤها كان في وقت لم يكن يعرف فيه أي شيء عن تركيب أو تشريح شبكية العين.