نشریه علمی تاریخ فرهنگ و تمدن اسلامی
دوره ۱۴، زمستان ۱۴۰۲، شماره ۵۳
مقاله علمی ـ پژوهشی
صفحات: ۵۰ ـ ۳۳

Scientific Journal
The History Of Islamic Culture and Civilization
Vol. 14, Winter 2024, No. 53
Scientific Research Article

میراث درخشان دانشمندان دوره شکوفایی تمدن اسلامی در علم رنگ

محراب اسدخانی*

چکیده

این پژوهش، با بررسی پیشرفت‌های علم رنگ در دوران شکوفایی تمدن اسلامی و نظریات دانشمندان برجسته این عصر، به تبیین نقش ویژه‌ای که این دانشمندان در توسعه نظریات رنگ داشتند می‌پردازد. همچنین نقاط اشتراک نظریات آنها با نظریات غربی، و تأثیر ایشان را بر دانشمندان غربی و توسعه دانش رنگ در اروپا بررسی می‌کند. پرسش محوری پژوهش این است که نظریات رنگ‌شناسی دانشمندان اسلامی چگونه به توسعه دانش رنگ در اروپا کمک کرد و چه اثری بر دانشمندان غربی دوره‌های بعد گذاشت؟ یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که دانشمندان اسلامی اولین کسانی بودند که که رنگ‌ها را به صورت فیزیکی اندازه‌گیری کرده و طبق یک سیستم طبقه‌بندی کردند و نظریه‌هایی در مورد نحوه تعامل رنگ‌ها با یکدیگر و نحوه تأثیر آنها بر چشم انسان توسعه دادند. دانشمندان اروپایی از این نظریات استفاده کرده و الهاماتی گرفتند که منجر به پیشرفت‌های قابل‌توجهی در زمینه رنگ‌شناسی در اروپا شد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژگان کلیدی

شکوفایی تمدن اسلامی، رنگ‌شناسی، تمدن غرب.

---

*. مربی و عضو هیئت علمی گروه ارتباط تصویری دانشکده هنر دانشگاه نیشابور، نیشابور، ایران.
asadkhani@neyshabur.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۶

طرح مسئله

جهان علم و دانش، دوران درخشانی از پیشرفت و جهش‌های بزرگ را به خود دیده است که امروز به‌عنوان دوران شکوفایی تمدن اسلامی شناخته می‌شود. از جمله علومی که در این دوره پیشرفت چشمگیری را تجربه کرد علم رنگ بود که عمدتاً ذیل موضوعاتی همچون بینایی و ادراک بصری، ارزیابی سنگ‌های قیمتی، گیاه‌شناسی، فیزیک نور و اپتیک و ستاره‌شناسی مورد بحث و بررسی قرار می‌گرفت.

در این پژوهش، به بررسی پیشرفت‌های بزرگ در علم رنگ در دوران شکوفایی تمدن اسلامی و تأثیرات آن بر محققین غربی می‌پردازیم. این مقاله تلاش می‌کند با بررسی آثار و نظریات ابن‌سینا، ابن‌رشد، نصیرالدین طوسی، ابن‌هیثم و الفارسی، نقش اساسی این دانشمندان برجسته در توسعه و تکامل علم رنگ و تأثیر ایشان بر دانشمندان غربی را شناسایی و معرفی نماید. این تحقیق به تبیین نقش ویژه‌ای که علمای اسلامی در توسعه و ارتقاء نظریات رنگ داشتند، می‌پردازد و نقاط مشترک و تفاوت‌های آنها با نظریات رنگ غربی را مورد بررسی قرار می‌دهد. پرسش‌های محوری این پژوهش این است که مفاهیم و اصول رنگ‌شناسی دانشمندان اسلامی چگونه به توسعه و پیشرفت دانش رنگ‌شناسی در اروپا کمک کرد؟ و اثرات کار دانشمندان اسلامی بر اندیشمندان غربی دوره‌های پس از خود چه بود؟

روش‌ها و تحقیقات مورد استفاده در این مقاله، شامل مطالعه منابع تاریخی و اصلی، متون دوره دوران شکوفایی تمدن اسلامی و نظریات علمی این دانشمندان بزرگ می‌شود. از جمله اهداف این تحقیقات، ارتقاء دانش ما از تاریخ رنگ‌شناسی در این دوره مهم تاریخی و افزایش آگاهی از ارزش‌های این علم برای جوامع علمی اسلامی و جهانی است. این مقاله به‌عنوان یک پل میان علوم دوره شکوفایی تمدن اسلامی و علوم مدرن غربی در زمینه رنگ‌شناسی، به ارتقاء دانش و پیشبرد علمی در این حوزه کمک خواهد کرد و میزان تأثیرگذاری این علم بر روی جوامع و فرهنگ‌های مختلف را آشکار می‌سازد. علاوه بر این، امیدواریم که این تحقیق به توسعه و بهبود علم رنگ در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کمک کند و محققان و دانشجویان را برای کشف و تبیین نظریه‌های جدید و نوآورانه در این حوزه الهام بخشد.

پیشینه پژوهش

محسن مراثی (۱۳۸۹) در مقاله «سرآغاز دانش رنگ‌شناسی در تمدن اسلامی تا پایان سده ششم هجری» به تأثیر یونانیان در رشته رنگ‌شناسی در جامعه اسلامی پرداخته است. او نشان می‌دهد که این اندیشه‌ها از طریق ترجمه آثار یونانی به دست آمده و بسیاری از اندیشمندان اسلامی از جمله کِندی، ایوب سوری، اخوان‌الصفا، ابن‌هیثم، ابن‌سینا، سهروردی و جوهری نیشابوری از آن استفاده کردند. این نظریه‌ها به موضوعاتی چون تعامل نور و رنگ، طبیعت رنگ‌ها و شناسایی رنگ‌های اصلی می‌پردازند. این اندیشمندان

در عین تأکید بر تمایز نور و رنگ، نور را به‌عنوان عامل ایجاد رنگ‌ها تصور می‌کردند و رنگ‌های اصلی را به سیاه و سفید محدود می‌کردند. شی‌می[1] و کوهنی[2] (2020) در بخشی از پژوهشی با عنوان «پیشگامان علم رنگ» به پیشرفت‌های علمی در زمینه علم رنگ دوره‌ای به نام دوران طلایی اسلام پرداخته‌اند. شی‌می و کوهنی به این نتیجه رسیده‌اند است که محققان عرب و ایرانی در دوره یادشده پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه رنگ ایجاد کردند و اگرچه برخی از آثار آنها در زمینه علم رنگ هرگز به لاتین ترجمه نشدند، اما بسیاری از این متون در دانشگاه‌های مهم غربی آن زمان مورد مطالعه قرار گرفتند و بر مسیر پیشرفت جامعه غربی در دوره انقلاب علمی تأثیر گذاشتند. کیرشنر[3] (۲۰۱۲) در مقاله «نظریه رنگ و نظم رنگ در اسلام قرون وسطی» به بررسی اکتشافات دانشمندان اسلامی در علم رنگ در دوره قرون وسطی می‌پردازد. او نشان می‌دهد که دانشمندان اسلامی در قرن‌های وسطی اکتشافات قابل‌توجهی در علم رنگ انجام دادند و نظریه‌های ارسطویی در این زمینه را به چالش کشیدند. آنها ثابت کردند که رنگ توسط شیء ایجاد می‌شود، نه توسط محیط، و اینکه نور نقش مهمی در بینایی رنگ دارد. آنها همچنین نظم رنگ دو بعدی را ایجاد کردند که با نظم رنگ یک‌بعدی کلاسیک متفاوت بود. کرینکر نتیجه می‌گیرد که اکتشافات دانشمندان اسلامی در علم رنگ در دوره قرون وسطی تأثیر مهمی بر توسعه این علم داشته و نظریه‌های آنها در مورد رنگ در طول قرون توسط دانشمندان غربی مورد مطالعه و توسعه قرار گرفته است و کارهای آنها همچنان به ما در درک ماهیت رنگ کمک می‌کند. لاکشمینارایانان[4] (۲۰۱۷) در پژوهشی به نام بررسی مشارکت دانشمندان نخستین عرب در علم رنگ نشان می‌دهد که دانشمندان عرب در قرون وسطی اکتشافات مهمی در زمینه علم رنگ انجام دادند. این اکتشافات شامل ایده‌های اساسی در مورد ماهیت رنگ، اولین مقیاس‌های اشباع رنگ و همچنین اینکه رنگ یک ادراک است و نور و رنگ از نظر هستی‌شناختی متمایز هستند، بوده است. این مقاله همچنین به توصیف‌های دانشمندان عرب از مخلوط‌های رنگ، رنگ‌های اصلی، نظریه رنگ و مانند آن می‌پردازد. این مقاله نتیجه می‌گیرد که دانشمندان عرب در علم رنگ سهم مهمی داشته‌اند و اکتشافات آنها پایه‌ای برای تحقیقات بعدی در این زمینه بوده است.

دوران شکوفایی تمدن اسلامی

عبارت «دوران طلایی اسلام» توسط جنبش «شرق‌شناسی» قرن نوزدهم ابداع شد.[5] درباره سال‌های

1. Renzo Shamey.
2. Rolf G. Kuehni.
3. Eric Kirchner.
4. Vasudevan Lakshminarayanan.
5. Renima, Tiliouine, and Estes, "The Islamic golden age: A story of the triumph of the Islamic civilization", ***The state of social progress of Islamic societies: Social, economic, political, and ideological challenges***, p. 27.

دربرگیرنده این دوره بین محققان اختلاف هست، اما به‌طورکلی این دوران را باید بیشتر به‌عنوان یک فرایند در نظر گرفت تا دوره مجزایی از سال‌ها با آغاز و پایان در تاریخی قطعی. با این حال از نظر اکثر محققان، این دوره از حدود سال ۷۶۲ میلادی و گشایش بیت‌الحکمه (خانه حکمت) در بغداد در نیمه دوم قرن هشتم میلادی آغاز می‌شود تا سقوط بغداد توسط مغول‌ها در سال ۱۲۵۸ میلادی ادامه می‌یابد. البته دوران طلایی اسلام اصطلاح غیردقیقی در توصیف فعالیت‌های علمی‌ای است که تحت حکومت‌های مسلمان در منطقه قابل‌توجهی از اروپا و آسیا از شبه‌جزیره ایبری و شمال آفریقا در غرب تا دره سند در شرق و از جنوب عربستان در جنوب تا دریای خزر در شمال انجام شده است. ازاین‌رو در این مقاله از اصطلاح دوران شکوفایی تمدن اسلامی استفاده شده است.[۱] از آنجا که بیشتر اسناد علمی این دوران به زبان عربی نوشته شده است برخی از محققان اصطلاح علم عربی را ترجیح می‌دهند. اما باید در نظر داشت که با وجود کثرت و غلبه استفاده از زبان عربی در متون علمی این دوره، همه دانشمندان عرب نبودند، بلکه برخی از برجسته‌ترین آنها، مانند ابن‌سینا، ایرانی بودند. به‌علاوه، اگرچه اکثر دانشمندان مسلمان بودند، اما این هم در مورد همه صادق نبود. امپراتوری‌های اسلامی آن دوره شهروندان زیادی از یهودیان، مسیحیان، هندوها و حتی چینی‌ها داشت که کمک‌های مهم و ماندگاری به دستاوردهای علمی، اجتماعی و فرهنگی اسلامی داشتند. هماهنگی و همکاری این اقوام گوناگون با یکدیگر، موجب تحقق مشارکت‌های عظیم فکری، علمی، فناوری، معماری و دیگر مواردی شد که اساس دوران مذکور را شکل دادند.

بسیاری از فرهنگ‌ها و جوامع به شکوفایی این دوره کمک کردند که در میان آنها، ایرانیان نقش محوری و مرکزی داشتند. ایرانیان نیروی اصلی ایجاد سلسله عباسی بودند که به‌عنوان یکی از پیچیده‌ترین جوامع فرهنگی، بستری برای شکل‌گیری دوران مذکور شد.

در این دوران در سرزمین‌های اسلامی که از اسپانیا تا ایران و خاور دور امتداد داشت، پیشرفت‌های عمده و چشمگیری در پزشکی، ریاضیات، نجوم، شیمی و فیزیک توسط دانشمندان مسلمان رقم خورد. بخشی از منابع علمی عمده دانش‌پژوهان مسلمان شامل آثار کلاسیک علمی و فلسفی یونانی بود که مخصوصاً از زمان خلافت عباسی و آغاز حرکت علمی عمده‌ای به نام نهضت ترجمه، عمدتاً به زبان عربی ترجمه شده و مورد مطالعه قرار گرفتند.

میراث تمدن‌های مختلف در دوره شکوفایی مورد احترام بوده و به فلسفه و دستاوردهای علمی اسلامی کمک بسیاری کرده است. مسلمانان نیز متون کهن دانشمندان دوره کلاسیک اروپا را حفظ کرده و به آیندگان انتقال دادند و با این کار سهم عظیمی در میراث فکری اسلامی و جهانی ایفا نمودند.

---

۱. زرین‌کوب، ***کارنامه اسلام***.

دانشمندان مسلمان توانستند براساس اطلاعاتی که از طریق ترجمه منابع دیگر تمدن‌ها اعم از یونانیانی و مانند آن به دست آورده بودند، پیشرفت‌های جدیدی را در بسیاری از شاخه‌های علم و دانش رقم بزنند.

پیشرفت های علمی و حفظ و انتقال دانش توسط دانشمندان این دوره، پایه و اساسی شد برای پیشرفت‌های فکری اروپا پس از پایان قرون تاریک و طولانی وسطی (حدود ۵۰۰ پس از میلاد تا حدود ۱۰۰۰ پس از میلاد)، زمانی که تمام دانش‌های غیرمسیحی تحقیر، نابود یا به هر نحو کنار گذاشته شده بود.

این دوره بستر مناسبی برای ترکیب و همجوشی فرهنگ‌های متعدد و متنوع جهانی بود. میزان احترام، مدارا و شفقت متقابل در این دوره، منعکس کننده ارزش‌های اصیل اسلامی و ارزش‌های اخلاقی گروه‌های مختلفی بود که این جوامع را تشکیل می‌دادند. منحصربه‌فرد بودن این عصر را نیز باید در طبیعت جهان‌وطنی اسلامی و منابع متنوع آن جستجو کرد که در سایه توجه برخی از سیاستمداران روشنفکر به پیشرفت‌های عظیم در همه زمینه‌ها منجر گشت.

علم رنگ

علم رنگ یک شاخه علمی مستقل و با تعریف مشخص نیست، بلکه اشاره دارد به مجموعه مطالعات بینارشته‌ای به روش‌ها و اصول علمی در زمینه رنگ، که جنبه‌های مختلفی از پدیده رنگ و مرتبط با رنگ از جمله اپتیک، اندازه‌گیری نور و رنگ، فیزیولوژی و روان‌شناسی بینایی رنگ، بازتولید رنگ و ادراک رنگ را در بر می‌گیرد.[۱]

عدم آشنایی با پیشینه علم رنگ موجب این تصور شده که دانش رنگ‌شناسی علمی با آزمایشات نیوتون آغاز می‌شود و علمی جدید است. درحالی‌که مطالعه رنگ و بررسی تأثیر آن در زندگی انسان در طول تاریخ همواره مورد توجه بوده است و رد آن را می‌توان تا دانش نجوم بابل باستان دنبال کرد.[۲]

علم رنگ به دنبال فهم چگونگی درک و تفسیر انسان از رنگ، فیزیک تولید رنگ و فناوری‌های مورد استفاده برای بازتولید و دستکاری رنگ است. علم رنگ در زمینه‌هایی مانند هنر، طراحی، عکاسی، سینما و صنایع مختلف مربوط به تولید رنگ ضروری است، زیرا به ایجاد تجربیات رنگی دقیق و دلپذیر کمک می‌کند. مطالعه رنگ شامل بررسی خواص نور، نحوه تعامل آن با سطوح برای ایجاد رنگ، و نحوه پردازش و تفسیر سیستم بینایی ما برای ایجاد طیف غنی از رنگ‌هایی است که ما درک می‌کنیم.[۳]

---

1. Luo, "Colour science", In ***The Colour image processing handbook***, p. 26.
۲. مراثی، «سرآغاز دانش رنگ‌شناسی در تمدن اسلامی تا پایان سده ششم هجری»، ***تاریخ علم***، ش ۹، ص ۵۴.
3. Luo, "Colour science", In ***The Colour image processing handbook***, p. 26.

ابن‌هیثم (۳۵۴ ـ ۴۳۰ ق)

ارسطو معتقد بود که دلیل و عامل پدید آمدن رنگ‌های مختلف، ترکیب روشنایی و تاریکی به نسبت‌های مختلف است. رویکرد ارسطو به نظریه رنگ عمدتاً فلسفی بود، اما دانشمندان مسلمان با وجود تأثیرپذیری از وی عمدتاً رویکردهای عملی و تجربی را در پیش گرفتند. یک مثال خوب از ماهیت تجربی تحقیقات رنگ در این دوره، آزمایش ترکیب و اختلاط رنگ‌ها بود که توسط ابن‌هیثم صورت پذیرفت. وی از جمله دانشمندان برجسته‌ای بود که به دیدگاه‌های ارسطویی علاقمند بود و از سنت‌های کلاسیک پیروی می‌کرد. او از این دیدگاه ارسطو که رنگ‌های رنگین کمان نتیجه اختلاط نور و تاریکی است، حمایت می‌کرد. همچنین با بطلمیوس موافقت داشت که اختلاط رنگ‌ها در چرخ نخ‌ریسی یک توهم بصری است. او با استفاده از یک چرخ نخ‌ریسی، ادعای بطلمیوس را به شکل عملی به آزمایش گذاشت و تئوریزه کرد و حداقل زمان لازم برای مشاهده یک رنگ را به دقت محاسبه کرد.[۱]

پذیرفته‌ترین نظریه درباره دیدن در یونان باستان آن بوده که در فرایند دیدن، پرتوهایی از چشم به سمت جسم دیدنی می‌روند و با برخورد آن پرتوها با سطح جسم، آن جسم دیده می‌شود. از پیروان این نظریه میتوان به فیثاغوریان و اقلیدس اشاره کرد.[۲] ابن‌هیثم دیدگاهی جایگزین ارائه کرد و در مقوله دیدن رنگ‌ها نقش بسیار فعال‌تری برای نور قائل شد. در کتاب ***المناظر*** به‌طور جدی به بحث و انتقاد درباره نظریه فراگیر پرتوهای بصری که از چشم خارج می‌شوند تا بینایی امکان‌پذیر شود، پرداخت و این نظریه را مردود دانست.[۳]

وی معتقد بود این خود نور است که دیده می‌شود. نور از چشم به سمت اجسام منتشر نمی‌شود، بلکه برعکس از اجسام به سمت چشم هدایت می‌شود. ابن‌هیثم اولین کسی بود که براساس قوانین ریاضی اقلیدسی، چنین نتیجه گرفت که نور پدیده‌ای قائم به ذات است که از اجسام مرئی به چشم می‌رود. دیدگاه ابن‌هیثم درباره نقش فعال نور در بینایی رنگی، او را به سمت بررسی بسیاری از جنبه‌های مهم بینایی رنگی سوق داد. وی در اثر بسیار تأثیرگذار خود کتاب ***المناظر*** توضیح داد که چگونه تغییر نوع و شدت نور بر ظاهر رنگ اجسام تأثیر می‌گذارد و چگونه شدت نور قوی‌تر باعث افزایش تفاوت‌های رنگی می‌شود:[۴]

در ادامه متوجه می‌شویم که برای اجسام متراکم با رنگ‌های روشن، بنفش، آبی و غیره،

---

۱. مراثی، «سرآغاز دانش رنگ‌شناسی در تمدن اسلامی تا پایان سده ششم هجری»، ***تاریخ علم***، ش ۹، ص ۶۵

۲. آیت‌اللهی، ***مبانی رنگ و کاربرد آن***، ص ۱۵.

۳. مراثی، «سرآغاز دانش رنگ‌شناسی در تمدن اسلامی تا پایان سده ششم هجری»، ***تاریخ علم***، ش ۹، ص ۶۵

4. Darrigol, "The analogy between light and sound in the history of optics from the Ancient Greeks to Isaac Newton. Part 1", ***Centaurus*** 52, No. 2, p. 135.

> هنگامی‌که در نور ضعیف و مکان‌های مشابه قرار می‌گیرند، رنگ‌ها کدر به نظر می‌رسند. وقتی در نور شدید قرار می‌گیرند، روشن می‌شوند.[۱]

بنابراین، ابن‌هیثم به یک مفهوم کلیدی در رنگ‌شناسی نائل گشت: «رنگ حاصل تعامل سه عامل چشم، نور و جسم است». او همچنین مشاهده کرد که وقتی شدت نور بیشتر است، تفاوت رنگ نیز بیشتر به نظر می‌رسد و چنین نتیجه گرفت:

> ... این رفتار نشان می‌دهد که چشم، رنگ اجسام رنگی را فقط باتوجه‌به رنگ‌هایی که روی آنها می‌افتد، مشاهده می‌کند.[۲]

ابن‌هیثم یکی از اولین کسانی بود که برای توصیف یکی از ویژگی‌های رنگ از کلمه اشباع استفاده کرد. این واژه در زبان عربی به‌معنای سیری، سرشار بودن، لبریز بودن و وفور به کار می‌رود و saturation واژه برابر آن در زبان انگلیسی نیز به همین معنی استفاده می‌شود.[۳]

مشاهدات ابن‌هیثم از نظر گستره، جزئیات و جامعیت در موضوع ادراک رنگ تا پیش از او بی‌نظیر و بی‌سابقه است. او در کتاب ***المناظر*** نظریه‌های کلاسیک اساتید یونانی را با یکدیگر ادغام کرد و جنبه‌های ریاضی، فیزیکی و فیزیولوژیکی را در یک نظریه نوری واحد ترکیب کرد، و بدین ترتیب آثار ارسطو، بطلمیوس و اقلیدس را منسوخ کرد.[۴]

کتاب ***المناظر*** تا چند قرن پس از آن، متن و مرجع اصلی و غالب دانش اپتیک در شرق و غرب جهان بود. این کتاب در سال ۱۵۸۲ میلادی توسط ریزنر[۵] به زبان لاتین ترجمه شد. زیبک[۶] نخستین ترجمه لاتین کتاب ***المناظر*** را توسط ویتلو[۷] به تاریخ ۱۲۶۹ میلادی می‌داند. در ۱۳۴۱ میلادی توسط فدریقی،[۸] ریاضیدان و منجم دربار الفونس دهم[۹] به ایتالیایی ترجمه شد. کتاب ***المناظر*** در قرون وسطی فیزیکدان‌های بزرگ از راجر بیکن[۱۰] تا کپلر[۱۱] و سایرین را تحت‌تأثیر قرار داد و این دانشمندان از این کتاب استفاده‌های شایانی برده‌اند.[۱۲]

---

۱. مراثی، «سرآغاز دانش رنگ‌شناسی در تمدن اسلامی تا پایان سده ششم هجری»، ***تاریخ علم***، ش ۹، ص ۶۵

2. El-Bizri, "Ibn al - Haytham et le problème de la couleur", Ibn al-Haytham and the Problem of Color, ***Oriens - Occidens sciences***, mathématiques et philosophie de l'antiquité à l'âge classique. Cahiers du centre d'histoire des sciences et des philosophies arabes et médiévales, CNRS 7, p. 7.
3. Kirchner, "Color theory and color order in medieval Islam: a review", ***Color Research & Application*** 40, No. 1, p. 10.
4. A. I. Sabra, ***The Optics of Ibn al-Haytham***, Vol. 2, p. 43.
5. Friedrich Risner.
6. Hermann Siebeck.
7. Witelo.
8. Guerruccio Federighi.
9. Alfonso X of Castile.
10. Roger Bacon.
11. Johannes Kepler.

۱۲. شاپوریان، «اطلاعاتی در باره ابن‌الهیثم بصری و اثر مشهورش کتاب المناظر»، ***خرد و کوشش***، ش ۶، ص ۲۳۷.

کمال‌الدین فارسی و تئودوریک فرایبرگ[1] در حدود سال ۱۳۰۰ میلادی براساس مطالب کتاب ***المناظر***، موفق شدند توضیح صحیحی برای رنگ‌های رنگین کمان ارائه دهند. کپلر تئوری تصویر شبکیه را در سال ۱۶۰۴ میلادی با استفاده از این کتاب فرموله کرد، و چند سال پس از آن ویلبرورد اسنلیوس با تأسی به نظریات ابن‌هیثم موفق به کشف قانونی شد که امروزه به‌عنوان قانون شکست اسنلیوس شناخته می‌شود. ابن‌هیثم در کتاب ***المناظر*** میان علوم اپتیک، فیزیولوژی، و روانشناسی تمایز قائل شد و این‌گونه سنگ بنای اپتیک و رنگ‌شناسی مدرن را گذاشت.[2]

تصویر ۱. تصویری از کتاب سلنوگرافی،[3] یوهانس هولیوس[4] ۱۶۴۷ میلادی که ابن‌هیثم (سمت چپ) را به‌عنوان نماینده عقل و گالیله (سمت راست) را به‌عنوان نماینده حواس نشان می‌دهد.[5]

ابن‌سینا (۳۵۹ ـ ۴۱۶ ق)

یکی از موضوعاتی که مورد توجه بسیاری از دانشمندان اسلامی قرار گرفت دیدگاه ارسطو در مورد شکل‌گیری رنگین‌کمان و تعداد رنگ‌های آن بود که توسط بطلمیوس و دیگران نیز گسترش یافته بود. دانشمندان اسلامی درباره تعداد رنگ‌های موجود در رنگین‌کمان، دیدگاه‌های ارسطویی را مورد نقد قرار داده و دیدگاه‌های جدیدی را مطرح کردند که در مقایسه با متون مشابه یونانی، برای خواننده مدرن

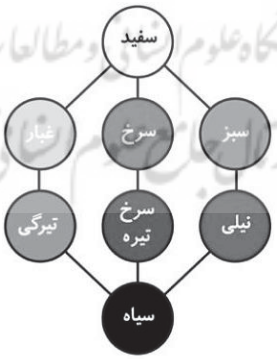
1. Theodoric of Freiberg.
2. Shamey and Kuehni, ***Pioneers of Color Science***, Springer, p. 33.
3. Selenographia.
4. Johannes Hevelius.
۵. پایگاه الکترونیک کتابخانه هوتون دانشگاه هاروارد:
Harvard University, Houghton Library, pga_typ_620_47_452_frontispiece.
https://iiif.lib.harvard.edu/manifests/view/ids:13188929

منطقی‌تر به نظر می‌رسند. بسیاری از دانشمندان اسلامی دیدگاه‌هایی را اتخاذ کردند که چیزی میان دیدگاه ارسطو و نیوتن قرار داشت. ابن‌سینا که یک فصل کامل در کتاب ***الشفاء*** خود را به رنگ اختصاص داده است، یکی از اولین کسانی بود که از نظم رنگ ارسطویی دور شد. ارسطو معتقد بود که همه رنگ‌ها دارای نظم طبیعی و تک‌بعدی هستند. در کتاب ***الشفاء***، ابن‌سینا برای اولین بار این نظر ارسطو را «که همه رنگ‌ها را می‌توان در امتداد یک خط یک بعدی مرتب کرد» نقض کرد:

> ایجاد و شکل‌گیری سفیدی، به نظر من، به شکل ذکر شده نیست. اگر سفیدی فقط نور بود و سیاهی فقط آن بود که پیش‌تر گفته شد، ترکیب سفیدی و سیاهی فقط یک مسیر را دنبال می‌کرد.[۱]

ابن‌سینا معتقد بود که تبدیل و حرکت سفید به سیاه در فضای رنگی بیش از یک مسیر وجود دارد و به جای ترتیب یک‌بعدی و خطی ارسطویی، سه مسیر متفاوت را در یک ترتیب و فضای دو بعدی را پیشنهاد کرد.

> سفیدی به تدریج از سه مسیر به سیاهی متمایل می‌شود: یکی مسیر غبار، و این مسیر ساده است. زیرا اگر مسیر ساده باشد، به سمت غبار متمایل می‌شود، سپس از آن به تیرگی، و به همین ترتیب تا سیاه می‌شود. بنابراین، مسیری را طی می‌کند که در آن سیاهی به تدریج شدت می‌یابد تا خالص شود. و دومین مسیر، مسیر گرویدن به سرخی، سپس به تیرگی، سپس به سیاهی است. و سومین مسیر، مسیری است که به سمت سبزی می‌رود، سپس به نیلی، سپس به سیاهی. و این مسیرها فقط به این دلیل ممکن است متفاوت باشند که اجزای رنگ‌های میانی ممکن است متفاوت باشند[۲]



تصویر ۲. مسیرهای سه‌گانه ابن‌سینا برای حصول و تبدیل سفیدی به سیاهی. (منبع: نگارنده)

۱. ابن‌سینا، ***الشفاء ـ الطبیعیات***، ص ۹۸.
۲. همان.

بنابراین، ابن‌سینا نظامی را معرفی کرد که در اصطلاح امروزی به نام نظام رنگی دو بعدی می‌شناسیم. آثار ابن‌سینا در مورد رنگ توسط دانشمندان پس از خود چه در اروپا و چه در خود جهان اسلام بسیار مورد بحث قرار گرفت. دو قرن پس از ابن‌سینا، نصیرالدین طوسی نظریه وی را شرح و بسط داد. در اروپا نیز وینسنت دوبووا[1] در کتاب ***آینه بزرگ***[2] (۱۲۴۴ میلادی) نظام دوبعدی ابن‌سینایی را به تمدن اروپایی معرفی کرد.[3]

ابن‌سینا اندیشه‌های ارسطو در مورد آمیختگی رنگ را نیز مورد نقد قرار داد. او با سنت ارسطویی مبنی بر اینکه سبز از قرمز و بنفش تشکیل شده است مخالف بود. وی معتقد بود که ترکیب قرمز و بنفش سبز تولید نمی‌کند، زیرا از ترکیب قرمز با بنفش، رنگی حاصل می‌شود که از بنفش روشن‌تر و از قرمز تیره‌تر است. در مقابل ادعا داشت که سبز حاصل اختلاط زرد، سیاه و آبی نیلی است. ابن‌سینا نسبت به دلایلی که برای شکل‌گیری رنگین کمان مطرح شده بود نیز انتقاد داشت. با این وجود ابن‌سینا در رد «نظریات انتشاری» بطلمیوس و اقلیدس با ارسطو هم‌عقیده بود. ابن‌سینا دلایل فراوانی ارائه کرد که چرا این فرض که دیدن اشیاء توسط پرتوهای بصری بیرون آمده از چشم اتفاق می‌افتد، پوچ و باطل است. در مقابل، یک «نظریه دریافتی» را طرح کرد و توضیح داد که چگونه پرتوهای انتقال یافته از اشیاء به چشم موجب دیدن آنها می‌شود.[4]

نصیرالدین طوسی (۵۷۹ ـ ۶۵۳)

دو قرن پس از بیرونی، دانشمند ایرانی دیگری به نام نصیرالدین طوسی یافته‌های بیرونی را جمع‌آوری کرده و با ترکیب آنها با منابع دیگر، نظام رنگی چشم‌گیری را تدوین کرد. طوسی در کتابی به نام ***تنسوخ نامه ایلخانی*** که به هولاکوخان تقدیم کرده بود، ضمن پرداختن به موضوع کانی‌ها و سنگ‌های قیمتی، نظریه رنگی را نیز شرح می‌دهد. در متن این کتاب توضیح داده شده که با مخلوط کردن رنگ‌دانه‌های آبی و زرد به نسبت‌های مختلف، می‌توان رنگ‌هایی تولید نمود که به‌تدریج آبی، از مسیر سبز، به زرد تغییر می‌کند. این توصیف نشان‌دهنده گامی بزرگ به جلو نسبت دیدگاه ارسطویی است که معتقد بود سبز یکی از رنگ‌هایی است که نقاشان نمی‌توانند تولید کنند.

---

1. Vincent de Beauvais.
2. Speculum Maius.
3. Kirchner, "Color theory and color order in medieval Islam: a review", ***Color Research & Application*** 40, No. 1, p. 8.
۴. ابن‌سینا، ***الشفاء ـ الطبیعیات***، ص ۱۳۱.

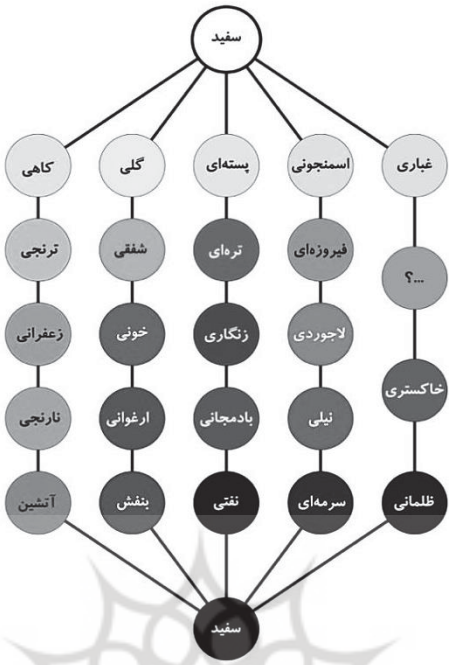
اگرچه چندین محقق قبل طوسی ذکر کرده بودند که سبز را می‌توان با مخلوط کردن آبی و زرد به دست آورد، اما هیچ‌کس پیش‌تر از این مدعی نشده بود که با تغییر نسبت‌های ترکیب، می‌توان رنگ‌های سبز مختلفی تولید کرد.[۱]

از زمان ارسطو، نظر رایج در میان دانشمندان این بود که با اختلاط سیاه و سفید می‌توان همه رنگ‌ها را تولید کرد. اما طوسی باور داشت که اگر رنگ سفید و سیاه با یکدیگر مخلوط شوند، رنگ خاکستری عودی به وجود می‌آید. این مدعای طوسی بعدها به نقطه آغازی بر تحقیقات نیوتون تبدیل شد.[۲] طوسی آثار ابن‌سینا را به‌دقت مطالعه کرد. وی در پاسخ یکی از شاگردانش که می‌خواست بیشتر درباره نظریه رنگ ابن‌سینا بداند، چنین می‌نویسد:

> درباره حصول رنگ از سیاه و سفید مسیرهای متعددی وجود دارد که به‌تدریج از سفید به سمت سیاه می‌رود. یکی از آنها مسیری از میان زرد است که ابتدا از اختلاط جرم و نور به مقدار کم، کاهی (رنگ) به دست می‌آید، سپس ترنجی (بالنگ، نزدیک به رنگ لیمو)، سپس زعفرانی، سپس نارنجی (میوه نارنج) و سپس آتشین. سپس با توجه به افزایش جرم و کاهش نور، تمایل به سیاهی زیاد می‌شود تا زمانی که سیاه شود. و یکی از آنها مسیری در سرخ است که ابتدا گلگون (صورتی) می‌شود، سپس شفقی، سپس خونی، سپس ارغوانی، سپس بنفش. و یکی از آنها مسیری در سبز است، پسته‌ای می‌شود، سپس تره‌ای، سپس زنگاری، سپس گردویی، سپس بادمجانی، سپس نفتی. و یکی از آنها مسیری در آبی است، آبی روشن، سپس فیروزه‌ای، سپس لاجوردی، سپس نیلی، سپس سرمه‌ای. و یکی از آنها مسیری در کِدِری است، غباری می‌شود، سپس ... (؟)، سپس خاکستری، سپس ظلمانی و الی آخر. تمام این ترکیبات براساس تفاوت ذرات در شفافیت و کدورت (جرم)، و روشنایی و تاریکی رخ می‌دهد. برخی از رنگ‌ها با یکدیگر ترکیب می‌شوند و در نتیجه رنگ‌های دیگری به وجود می‌آیند، مانند سبز که از ترکیب زرد با آبی به دست می‌آید و مانند زنگاری که از ترکیب سبز با سفید به دست می‌آید. و این ترکیبات بی پایان آن‌چنان در قسمت‌های کوچک گیاهان و جانوران ترکیب شده‌اند که تماشاگر از فراوانی آنها در این بدن‌های کوچک شگفت‌زده می‌شود.[۳]

---

1. Kirchner, "Color theory and color order in medieval Islam: a review", ***Color Research & Application*** 40, No. 1, p. 9.
2. Shapiro, "Artists' colors and Newton's colors", ***Isis*** 85, No. 4, p. 85.
۳. طوسی، ***اجوبة المسائل النصیریة***، ص ۱۷۱.



تصویر ۳. دستور رنگ نصیرالدین طوسی، براساس مسیرهای پنج‌گانه. (منبع: نگارنده)

بنابراین، درحالی‌که ابن‌سینا سه مسیر را از سفید به سیاه بیان کرده بود، طوسی دو مسیر دیگر به آنها اضافه کرده و پنج مسیر ارائه کرد. (تصویر ۱) همان‌طور که در شکل نشان داده شده است، آنها از رنگ‌های زرد، قرمز، سبز، آبی و خاکستری عبور می‌کنند. بعدها در اروپا، فورسیوس در سال ۱۶۱۱ نیز پنج مقیاس مختلف رنگ / سایه را از سفید تا سیاه توصیف کرد.[1]

ابن‌رشد (۵۲۰ ـ ۵۹۵)

ابن‌رشد یکی دیگر از دانشمندان مسلمان بود که سعی در ارائه نظریه‌ای در مورد نور و رنگ داشت که تا حد ممکن با نظریات ارسطو و پیروانش سازگار باشد. وی همچون ابن‌سینا دلایل زیادی بر رد نظریه‌های به اصطلاح «انتشاری» بطلمیوس و اقلیدس ارائه کرد و چنین استدلال کرد که بینایی نمی‌تواند ناشی از پرتوهای بصری خارج شده از چشم باشد. او نیز مانند ابن‌سینا بینایی را براساس نظریه «دریافتی» و بر حسب نورهای انتقال یافته از جسم مرئی به چشم توضیح داد.

اما ابن‌رشد با انتقاد ابن‌سینا از عقاید ارسطویی در مورد ترکیب رنگ موافق نبود. ابن‌رشد در ***جوامی الاطار العلویه*** با این استدلال که ارسطو به آمیختن رنگ‌ها به‌معنای کیفی آن اشاره دارد، نه به‌معنای کمی، از دیدگاه ارسطویی دفاع کرد.

1. Shamey and Kuehni, ***Pioneers of Color Science***, Springer, p. 50.

به‌عنوان مثال، ابن‌رشد معتقد است که رنگ سبز از مخلوط کردن زرد موجود در قرمز روشن با سیاهی که در بنفش است به وجود می‌آید. از دیدگاه مدرن، این رویکرد بیشتر فلسفی به نظر می‌رسد تا علمی. ابن‌رشد همچنین در توصیف رنگین‌کمان به شدت پیرو ارسطو بود:

> رنگین‌کمان از انعکاس نور خورشید بر روی قطرات منفرد باران تشکیل می‌شود که نور را منعکس می‌کنند و رنگ را منتقل می‌کنند.[۱]

ابن‌رشد معتقد بود که رنگ‌ها حتی زمانی که درک نمی‌شوند وجود دارند، اما نور برای دیده شدن آنها ضروری است. ابن‌رشد به شیوه‌ای مشابه رویکرد ابن‌هیثم، نقش فعالی برای نور در بینش رنگی قائل بود و بدین ترتیب از دیدگاه سنتی ارسطویی فاصله گرفت. ابن‌رشد انواع مختلف رنگ را به‌صورت ترکیبی از اجسام با شفافیت زیاد یا کم، و درخشش زیاد یا کم، توضیح داد. از آنجایی که فرض بر آن بود که هر ماده از ترکیبی از عناصر چهارگانه تشکیل شده است و از این چهار عنصر فقط آب و هوا شفاف هستند، و فقط آتش است که درخشان است، رنگ یک ماده را می‌توان به مقادیر نسبی این عناصر نسبت داد. این توضیح بعدها توسط تئودوریک فرایبرگ پذیرفته شد، که آن را براساس چهار اصل (شفافیت زیاد یا کم، درخشندگی زیاد یا کم) رنگ‌ها توضیح داد.[۲]

کمال‌الدین فارسی (۶۶۵ ـ ۷۱۸)

فارسی یکی دیگر از دانشمندان مسلمان است که به موضوع رنگ توجه و اهتمام ویژه‌ای داشت. وی ابتدا به مطالعه آثار کلاسیک یونانی در زمینه اپتیک پرداخت و متوجه تناقض‌ها و خطاهای فراوانی در آنها شد. او با مشکلاتی برخورد می‌نماید که جواب آنها را نمی‌تواند در کتاب ***المناظر*** اقلیدس بیابد از این جهت به استاد خود یعنی قطب‌الدین شیرازی که از شاگردان نصیرالدین طوسی بود مراجعه کرده و حل مشکلات خود را از او می‌طلبد. سپس به توصیه و با یاری کمک قطب‌الدین پس از جستجوی زیاد به نسخه‌ای از کتاب ***المناظر*** ابن‌هیثم دست یافت. فارسی به مطالعه آن همت گمارد و چون مطالب آن را بسیار غامض و پیچیده یافت، با موافقت استاد به تنقیح و تفسیر کتاب می‌پردازد و با افزودن ضمیمه‌هایی از متون اپتیک دیگر و تصحیحات خود در متن، اثر ابن‌هیثم را تکمیل کرده و نتیجه تلاش خود را ***تنقیح المناظر*** (تجدید نظر در [کتاب] ***المناظر***) نامید.

کمال‌الدین خود در مقدمه این کتاب می‌نویسد که به‌هیچ‌وجه در اصل کتاب دست نبرده، بلکه

---

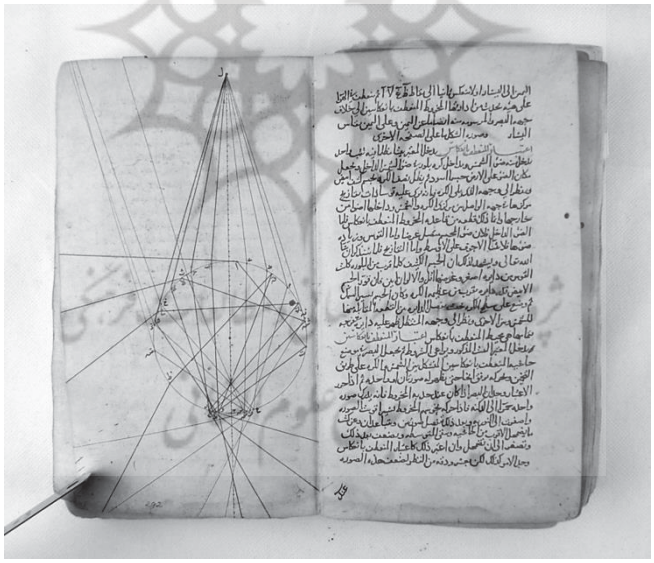
1. Wallace, "The scientific methodology of Theodoric of Freiberg: a case study of the relationship between science and philosophy", ***Studia Friburgensia*** 1026, p. 55.

۲. همان.

کوشیده است معضلات و پیچیدگی‌های آن را تا آنجا که میسر بوده است حل نماید. ویدمن[۱] فیزیکدان و مورخ علمی آلمانی از مقایسه متن ***المناظر*** ابن‌الهیثم با متن ***تنقیح المناظر*** فارسی ادعای وی را تأیید می‌نماید. کمال‌الدین هر یک از فصول هفتگانه ***المناظر*** را از نو به قسمت‌های مختلف تقسیم کرد.[۲]

الفارسی برخلاف ابن‌هیثم که از ایده ارسطویی مبنی بر اینکه این رنگ‌های رنگین‌کمان نتیجه آمیزه‌ای از نور و تاریکی است حمایت کرده بود، این مفهوم را رد کرد. استدلال وی چنین بود که اگر این ایده صحت داشت می‌بایست رنگ‌های رنگین‌کمان به ترتیب روشن به تیره پدیدار می‌شد، اما چنین حالتی توسط مشاهدات تجربی قابل پشتیبانی نیست.[۳]

فارسی به مطالعات تجربی فراوانش در مورد شکل‌گیری رنگ‌های رنگین‌کمان زبان‌زد است. او با الهام از آثار ابن‌سینا و کتاب ***المناظر*** ابن‌هیثم و رساله او در مورد کره شیشه‌ای سوزان، یک کره شیشه‌ای را پر از آب کرد و به‌عنوان نمونه شبیه‌سازی شده برای قطره باران در جو در نظر گرفت. سپس انعکاس و شکست نور در این کره را در یک اتاق تاریک مورد مطالعه قرار داد. این آزمایش تجربی سبب شد که فارسی نخستین دانشمندی باشد که توضیح صحیح و قابل‌قبولی در مورد چگونگی شکل‌گیری رنگ‌های رنگین‌کمان ارائه کرده است. (تصویر ۴)



تصویر ٤. تصویری از نسخه‌ای از تنقیح المناظر، توضیح و نمایش چگونگی شکست نور در کره شیشه‌ای
منبع: https://www.flickr.com/photos/israphil/5522197295

1. Eilhard Wiedemann.
۲. شاپوریان، «اطلاعاتی درباره ابن‌الهیثم بصری و اثر مشهورش کتاب المناظر»، ***خرد و کوشش***، ش ۶، ص ۲۴۰.
3. Vernet, "Science: Mathematics, Astronomy And Optics. Dlm. Schacht, J. & Bosworth, CE (pnyt)", ***The Legacy Of Islam***, p. 483.

فارسی در ***تنقیح*** توضیح داده است که چگونه یک شی در نور خورشید به رنگ خاصی دیده می‌شود، اما در نور ماه به رنگی دیگر و در نور آتش به رنگی دیگر. بر همین اساس چنین نتیجه گرفت که رنگ‌ها واقعاً در اشیا وجود ندارند، بلکه به روشنایی بستگی دارند. بنابراین برخلاف نظریه‌های یونان باستان که نقشی بیش از یک کاتالیزور در بینایی رنگ برای نور قائل نبودند، همانند نظریه‌های مدرنِ رنگ، نقشی اساسی برای نور قائل شد. ***تنقیح المناظر*** تا پیش از قرن شانزدهم، برای بیش از سه قرن کتاب اصلی علم اپتیک در جهان بود.[1]

نتیجه

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که دانشمندان مسلمان در دوران شکوفایی تمدن اسلامی در زمینه علم رنگ پیشرفت‌های قابل‌توجهی داشته‌اند که گواه روشنی بر خلاقیت و نبوغ آنهاست. دانشمندان مسلمان، از جمله ابن‌هیثم، ابن‌سینا، بیرونی، طوسی و فارسی، با انجام آزمایشات و مشاهدات دقیق، توانستند درک ما از نحوه عملکرد رنگ را بهبود بخشند و به توسعه علم رنگ کمک کنند.

بسیاری از این محققان مسلمان آثار و آرای ارسطو را کانون آغاز مطالعات و تحقیقات خود در رابطه با بینایی و ادراک بصری رنگی قرار دادند و بدین‌وسیله نظریات او را تکامل بخشیده و به عصر رنسانس انتقال دادند. یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌های دانشمندان مسلمان در زمینه علم رنگ، توسعه نظریه‌ای جدید در مورد ماهیت رنگ بود. دانشمندان غربی قبل از دوران شکوفایی تمدن اسلامی معتقد بودند که رنگ‌ها به سادگی ویژگی‌های ذاتی اجسام هستند. اما دانشمندان مسلمان دریافتند که رنگ‌ها در واقع نتیجه تعامل پیچیده‌ای بین نور، ماده و چشم هستند. این نظریه جدید در مورد ماهیت رنگ، زمینه را برای توسعه نظریه‌های مدرن در مورد نحوه تشکیل رنگ‌ها و نحوه ادراک رنگ توسط انسان فراهم کرد. دانشمندان مسلمان همچنین در زمینه شناخت چگونگی تشکیل رنگ‌ها پیشرفت‌های قابل‌توجهی داشتند. آنها دریافتند که رنگ‌ها می‌توانند به روش‌های مختلفی تشکیل شوند، از جمله از طریق ترکیب رنگ‌های دیگر، از طریق شکست و بازتاب نور.

دانشمندان مسلمان همچنین سهم حیاتی و عمده‌ای در توسعه روش‌های اندازه‌گیری و تجزیه رنگ داشتند. آنها اولین کسانی بودند که دریافتند رنگ‌ها می‌توانند به‌صورت فیزیکی اندازه‌گیری شده و طبق یک سیستم و نظام طبقه‌بندی شوند. همچنین نخستین کسانی بودند که نظریه‌هایی را در مورد نحوه تعامل رنگ‌ها با یکدیگر توسعه دادند.

---

1. Shamey and Kuehni, Pioneers of Color Science ***Springer***, p. 57.

آثار و نظریات دانشمندان اسلامی در مورد رنگ به‌طور گسترده در اروپا پذیرفته شد و تأثیر عمیق و چشمگیری بر اندیشمندان غربی داشت. بسیاری از اصول و ایده‌های این دانشمندان در کارهای رنگ‌شناسی و اپتیکی غربی مورد استفاده قرار گرفتند و کمک شایانی به توسعه و پیشرفت دانش رنگ‌شناسی در اروپا کردند. دانشمندان اروپایی از کار دانشمندان اسلامی در مورد اندازه‌گیری و طبقه‌بندی رنگ‌ها استفاده کرده و از نظریه‌های آنها در مورد نحوه تعامل رنگ‌ها با یکدیگر الهاماتی گرفتند که منجر به پیشرفت‌های قابل‌توجهی در زمینه رنگ‌شناسی شد.

منابع و مآخذ

۱. آیت‌اللهی، حبیب‌الله، ***مبانی رنگ و کاربرد آن***، تهران، سمت، ۱۳۸۱ ش.

۲. ابن‌سینا، ابوعلی حسین، ***الشفاء ـ الطبیعیات***، قم، مکتبة آیة‌الله العظمی المرعشی النجفی، ۱۳۶۳ ش.

۳. شاپوریان، رضا، «اطلاعاتی درباره ابن‌الهیثم بصری و اثر مشهورش کتاب المناظر»، ***خرد و کوشش***، ش ۶، ص ۲۴۶ ـ ۲۳۶، ۱۳۴۹ ش.

٤. طوسی، نصیرالدین، ***اجوبة المسائل النصیریة***، تهران، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۱۳۸۳ ش.

۵. مراثی، محسن، «سرآغاز دانش رنگ‌شناسی در تمدن اسلامی تا پایان سده ششم هجری»، ***تاریخ علم***، ش ۹، ص ۷۳ ـ ۵۳، ۱۳۸۹ ش.

6. A. I. Sabra, Abdulhamid I., ***The Optics of Ibn al-Haytham***, vol. 2, Warburg Institute, London, 1989.

7. Darrigol, Olivier. "The analogy between light and sound in the history of optics from the Ancient Greeks to Isaac Newton. Part 1", ***Centaurus*** 52, No. 2, 2010, p. 117 – 155.

8. El-Bizri, Nader, "Ibn al-Haytham et le problème de la couleur", Ibn al-Haytham and the Problem of Color], ***Oriens - Occidens sciences***, mathématiques et philosophie de l'antiquité à l'âge classique. Cahiers du centre d'histoire des sciences et des philosophies arabes et médiévales, CNRS 7, 2009, p. 201 – 26.

9. Kirchner, Eric, and Mohammad Bagheri. "Color Theory in Medieval Islamic Lapidaries: Nıshābūrı, Tūsı and Kāshānı", ***Centaurus*** 55, No. 1, 2013, p. 1 – 19.

10. Kirchner, Eric. "Color theory and color order in medieval Islam: a review", ***Color Research & Application*** 40, No. 1, 2015, p. 5 – 16.

11. Luo, M. Ronnier.,"Colour science", In ***The Colour image processing handbook***, p. 26 – 66, Boston, MA: Springer US, 1998.

12. Renima, Ahmed, Habib Tiliouine, and Richard J. Estes, "The Islamic golden age: A story of the triumph of the Islamic civilization", ***The state of social progress of Islamic societies: Social, economic, political, and ideological challenges***, 2016, p. 25 – 52.

13. Shamey, Renzo, and Rolf G. Kuehni, ***Pioneers of Color Science***, Springer, 2020.
14. Shapiro, Alan E., "Artists' colors and Newton's colors", ***Isis*** 85, No. 4, 1994, p. 600 – 630.
15. Vernet, Juan, "Science: Mathematics, Astronomy And Optics. Dlm. Schacht, J. & Bosworth, CE (pnyt.)", ***The Legacy Of Islam***, 1974.
16. Wallace, William A., "The scientific methodology of Theodoric of Freiberg: a case study of the relationship between science and philosophy", ***Studia Friburgensia*** 1026, 1959.

فهرست منابع تصاویر

17. Harvard University, Houghton Library, pga_typ_620_47_452_frontispiece. https://iiif.lib.harvard.edu/manifests/view/ids:13188929 (آخرین بازنگری۷ شهریور ۱۴۰۲)
18. https://www.flickr.com/photos/israphil/5522197295 (آخرین بازنگری۷ شهریور ۱۴۰۲)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی