

LUMEN

The Art & Science of Light

Through the manipulation of materials such as gold, crystal, and glass, medieval artists created dazzling light-filled environments, evoking, in the earthly world, the layered realms of the divine. To be human is to crave light. We rise and sleep according to the rhythms of the sun, and have long associated light with divinity. Focusing on the arts of western Europe, this exhibition explores the ways in which the science of light was studied by Christian, Jewish, and Muslim philosophers, theologians, and artists during the “long Middle Ages” (800–1600 CE), when science and religion were firmly intertwined. Natural philosophy (the study of the physical universe) served as the connective thread for diverse cultures across Europe and the Mediterranean, uniting scholars who inherited, translated, and improved on a common foundation of ancient Greek scholarship.

This story is equal parts science, poetics, and craft. By bringing together a variety of media that materialize light and objects that communicate how medieval people understood the lights of the heavens and of the eye, this exhibition demonstrates how science informed the artistry of the Middle Ages and Renaissance. To convey the continuing sense of wonder inspired by starry skies or moving light on precious materials, the exhibition includes several contemporary works of art placed in dialogue with historic objects.

This exhibition is supported by an indemnity from the Federal Council on the Arts and the Humanities.



Unless otherwise noted, non-flash photography and video for personal use are welcome in the exhibition.

El arte y la ciencia de la luz

Al manipular materiales como el oro, el cristal y el vidrio, los artistas medievales creaban deslumbrantes ambientes llenos de luz para evocar, en el mundo terrenal, los reinos estratificados de lo divino. El ser humano ansía la luz. Nos despertamos y nos dormimos según los ritmos del sol, y durante mucho tiempo hemos asociado la luz con la divinidad. Esta exposición se centra en las artes de Europa occidental y explora las formas en que la ciencia de la luz era objeto de estudio por parte de filósofos, teólogos y artistas cristianos, judíos y musulmanes durante la “larga Edad Media” (800-1600 e. c.), época en que la ciencia y la religión estaban estrechamente entrelazadas. La filosofía natural (el estudio del universo físico) sirvió de hilo conductor para diversas culturas de Europa y el Mediterráneo, y unió a académicos que heredaron, tradujeron y mejoraron una base común de la erudición griega antigua.

Esta historia combina a partes iguales ciencia, poética y artesanía. Al reunir distintos medios que materializan la luz y objetos que muestran la forma en que las personas del medioevo entendían las luces del cielo y de la vista, esta exposición nos muestra cómo la Edad Media y el Renacimiento se inspiraron en la ciencia. Para transmitir la continua sensación de asombro que suscitan el firmamento estrellado o la luz en movimiento sobre materiales preciosos, la exposición incluye varias obras de arte contemporáneas que dialogan con objetos históricos.



A menos que se indique lo contrario, puede tomar fotos sin flash y grabar videos de la exposición siempre que sean para uso personal.

Astral Light

Ancient Greek natural philosophers built on the knowledge of the Babylonians and Egyptians to understand the lights emanating from the heavens. In the Middle Ages, people studied the stars and the “luminaries” (the sun and the moon) to mark the passage of time in hours, days, and seasons, as well as to determine religious feast days and understand their place in the world. Political and spiritual power was legitimized through deep knowledge of the heavens.

Astronomy became a core area of study for Islamic natural philosophers, who translated Greek texts into Arabic in Baghdad during the eighth and ninth centuries. The practical study of astronomy flourished throughout the long Middle Ages at the great observatories in Damascus, Tabriz, and Samarkand. Through an active culture of translation and commentary, texts became available in multicultural Iberia (present-day Spain and Portugal), creating an important nexus of intellectual exchange and later having a profound effect on European science. Medieval scientists—Jewish, Muslim, and Christian—were not passive inheritors of Greek and Roman knowledge but active agents who challenged the inconsistencies in traditional models, formulating new theories that would ultimately contribute to the rejection of the idea of an Earth-centered universe.

Dates for Islamic objects are given according to the Islamic calendar, using the abbreviation “AH” for “anno Hegirae,” as well as the Gregorian calendar, indicated by “CE” for “common era.” “Anno Hegirae” refers to the year of the Hegira, or the migration of the Prophet Muhammad and his community from Mecca to Medina. That event, which marks the beginning of the Muslim era in AH 1, corresponds to the year 622 CE. Because the Islamic world follows the lunar calendar, and Common Era years are organized according to the solar calendar, dates do not always align directly and therefore should be understood as approximate.

Luz astral

Los filósofos naturales de la antigua Grecia se basaron en los conocimientos de la civilización babilónica y egipcia para comprender las luces que emanan del cielo. En la Edad Media, las personas estudiaban las estrellas y las “luminarias” (el sol y la luna) para marcar el paso del tiempo en horas, días y estaciones, así como para determinar las celebraciones religiosas y comprender su lugar en el mundo. El poder político y espiritual se legitimaba a través de un profundo conocimiento de los cielos.

La astronomía se convirtió en un área de estudio fundamental para los filósofos naturales islámicos, quienes tradujeron textos griegos al árabe en Bagdad durante los siglos VIII y IX. El estudio práctico de la astronomía siguió desarrollándose durante toda la larga Edad Media en los grandes observatorios de Damasco, Tabriz y Samarcanda. Por medio de una activa cultura de traducción y análisis, los textos llegaron a la multicultural Iberia (lo que en la actualidad es España y Portugal). Así, se creó un importante nexo de intercambio intelectual que luego tuvo un profundo efecto en la ciencia europea. Los científicos medievales —judíos, musulmanes y cristianos— no fueron herederos pasivos del saber griego y romano, sino agentes activos que cuestionaron las incoherencias de los modelos tradicionales. Formularon nuevas teorías que terminaron contribuyendo al rechazo de que la Tierra es el centro del universo.

Las fechas de los objetos islámicos se asignaron de acuerdo con el calendario islámico, y se utiliza la abreviatura “A. H.” para “anno Hegirae”, así como el calendario gregoriano, que se indica con “e. c.”, es decir “de la era común”. “Anno Hegirae” se refiere al año de la hégira, o la migración del profeta Mahoma y su comunidad de La Meca a Medina. Este suceso, que marca el inicio de la era musulmana en el A. H. 1, corresponde al año 622 de la e. c. Dado que el mundo islámico sigue el calendario lunar y los años de la Era Común se organizan según el calendario solar, las fechas no siempre coinciden directamente y, por tanto, deben entenderse como aproximadas.

Instruments of Observation

Without the observational tools we have today, ancient and medieval philosophers pieced together a theoretical understanding of the universe in much the same way that sailors charted unknown seas: by observing and recording the movements of the stars and other celestial bodies and using mathematical calculations to predict distances. To undertake this work, Islamic astronomers developed intricate computational devices, including astrolabes and quadrants that harnessed spherical trigonometry, a refinement of the mathematical knowledge of India and ancient Greece. These devices, along with manuscript volvelles (movable instruments in books), performed accurate and complex calculations that enabled timekeeping and the mapping of distance.

Instrumentos de observación

Sin las herramientas de observación de las que disponemos hoy, los filósofos antiguos y medievales construyeron una comprensión teórica del universo de la misma manera en que los marineros cartografiaban mares desconocidos: observando y registrando los movimientos de las estrellas y otros cuerpos celestes y utilizando cálculos matemáticos para predecir distancias. Para llevar a cabo esta labor, los astrónomos islámicos perfeccionaron intrincados aparatos de cálculo, como astrolabios y cuadrantes que hacían uso de la trigonometría esférica, un perfeccionamiento de los conocimientos matemáticos de la India y la antigua Grecia. Estos dispositivos, junto con las volvelles o ruedas manuscritas (instrumentos móviles en los libros), hacían cálculos precisos y complejos que permitían medir el tiempo y trazar distancias.

What Was Medieval Science?

When we think of science today, our minds often turn to the technological achievements made possible by our advances in the fields of astronomy, biology, and medicine. But at its core, science was and continues to be knowledge of the physical and natural world; as the twelfth-century teacher William of Conches said, it is the study of “things seen and unseen.” Science is also a practice involving systems that can test and refine theories. Medieval “scientists” (whether teachers, nuns, friars, or theologians) took a highly theoretical approach to the study of the natural world—a complex and inaccessible universe that could be understood by its adherence to mathematical principles and a divinely ordained plan.

¿Qué era la ciencia medieval?

Cuando pensamos en la ciencia actual, lo primero que se nos viene a la mente son los logros tecnológicos conseguidos gracias a nuestros avances en los campos de la astronomía, la biología y la medicina. Pero, en esencia, la ciencia era y sigue siendo el conocimiento del mundo físico y natural. Como dijo el profesor Guillermo de Conches en el siglo XII: es el estudio de “las cosas que se ven y de las que no se ven”. La ciencia también es una práctica en la que intervienen sistemas que pueden comprobar y refinar teorías. Los “científicos” medievales (ya fueran maestros, monjas, frailes o teólogos) adoptaban un enfoque altamente teórico del estudio del mundo natural, un universo complejo e inaccesible que podía entenderse gracias a que se adhería a principios matemáticos y a un plan ordenado por un poder divino.

The Ordered Universe

According to the Greek philosopher Plato (429?-347 BCE), a rational intellect used mathematical principles to create the ordered universe (*kosmos*) from chaos. Medieval Christian Platonists superimposed their understanding of a divinely created universe on ancient cosmography. Following the translation of Arabic texts into Latin, later medieval astronomers adopted the notion put forth by Plato's student Aristotle (Greek, 384-322 BCE) that the heavens and motions of the planets were spherical, and that the cosmos consisted of transparent crystalline spheres nested inside one another, with the earth at the center. The spheres contained the moon, the sun, the planets (or "wandering stars"), and the constellations, surrounded by an outermost ring encompassing the primal force that animated the universe. At the same time, astronomers drew upon the mathematical models of philosopher Claudius Ptolemy (Alexandrian, about 100-170 CE) to predict planetary positions.

El universo ordenado

Según el filósofo griego Platón (429?-347 a. e. c.), un intelecto racional utilizó principios matemáticos para crear el universo ordenado (*kosmos*) a partir del caos. Los platónicos cristianos medievales superpusieron a la cosmografía antigua su concepción de que el universo fue creado por un ser divino. Tras la traducción de los textos árabes al latín, los astrónomos medievales posteriores adoptaron la noción expuesta por Aristóteles (griego, 384-322 a. e. c.), alumno de Platón, que sostenía que los cielos y los movimientos de los planetas eran esféricos, y que el cosmos estaba formado por esferas cristalinas transparentes anidadas unas dentro de otras, con la Tierra en el centro. Las esferas contenían la Luna, el Sol, los planetas (o "estrellas errantes") y las constelaciones, rodeadas por un anillo exterior que contenía la fuerza primigenia con la cual el universo se mantenía en movimiento. Al mismo tiempo, los astrónomos se basaban en los modelos matemáticos del filósofo Claudio Ptolomeo (alejandrino, hacia 100-170 e. c.) para predecir las posiciones planetarias.

The Geometry of Light

Medieval geometry straddled the boundaries of science, art, and theology. From the Greek words for “earth” (*geo*) and “measurement” (*metria*), geometry emerged from ancient techniques used in land surveying. Later based on the work of Greek mathematician Euclid (born about 300 BCE), the study of points, lines, planes, and solids was used to sharpen the mind. Because premodern people believed that light traveled in lines, geometry became central to medieval understandings of light, optics, and astronomy.

The Abrahamic religions (Judaism, Christianity, and Islam) recognized the sacred nature of geometry in the creation of the universe. Just as theologians embraced abstract geometric concepts as a way to understand the universe, medieval artists—delighting in the beauty of numbers, Euclidean geometry, and the unlimited combinations of geometric forms—produced intricately interwoven designs to create the illusion of continuation beyond the visual realm to the infinite.

La geometría de la luz

La geometría medieval combinaba elementos de la ciencia, el arte y la teología. La geometría —del griego *geo* (“tierra”) y *metria* (“medida”)— surgió de las antiguas técnicas utilizadas en la agrimensura. Basado posteriormente en la obra del matemático griego Euclides (nacido hacia el año 300 a. e. c.), el estudio de puntos, líneas, planos y sólidos se usaba para agudizar la mente. Como en la era premoderna se creía que la luz viajaba en líneas, la geometría se convirtió en un elemento central de la comprensión medieval de la luz, la óptica y la astronomía.

Las religiones abrahámicas (judaísmo, cristianismo e islam) reconocieron el carácter sagrado de la geometría en la creación del universo. Del mismo modo que los teólogos adoptaron conceptos geométricos abstractos para comprender el universo, los artistas medievales —encantados con la belleza de los números, la geometría euclidiana y las combinaciones ilimitadas de las formas geométricas— elaboraban diseños sumamente complejos para crear la ilusión de una continuidad infinita más allá del reino visual.

Astronomy vs. Astrology

Whereas astronomy sought to explain the movements of heavenly bodies, astrology studied the influence of planetary movements on human activities such as agriculture, medicine, and warfare. Astrology had a vibrant presence in court culture in both Christian and Islamic regions. Writing in Abbasid Baghdad, the astronomer Abu Ma'shar (787–886 CE) placed astrology among the highest forms of Aristotelian sciences. The astral sciences encompassed wide-ranging and interconnected fields (at times confused by the interchangeable use of the Latin word *astrologia* to refer to both astronomy and astrology). Although astrology and the related discipline of magic lie for the most part outside the scope of this exhibition, evidence shows that astronomy and astrology existed side by side in medieval books and in the libraries of monasteries and universities as well as the courts.

For a closer look at medieval astrology, visit the exhibition *Rising Signs: The Medieval Science of Astrology* on view October 1, 2024–January 5, 2025, in the North Pavilion, Plaza Level.

Astronomía vs. astrología

Mientras que la astronomía buscaba explicar los movimientos de los cuerpos celestes, la astrología estudiaba la influencia de los movimientos planetarios en las actividades humanas, como la agricultura, la medicina y la guerra. La astrología tuvo una presencia fuerte en la cultura cortesana, tanto en las regiones cristianas como en las islámicas. En el Califato abasí, el astrónomo Abu Ma'shar (787-886 e. c.) situó la astrología entre las ciencias aristotélicas más elevadas. Las ciencias astrales abarcaban campos amplios e interconectados (que a veces resultan confusos por el uso indistinto de la palabra en latín *astrologia* para referirse tanto a la astronomía como a la astrología). Aunque la astrología y la magia, disciplina relacionada con ella, quedan mayormente fuera del marco de esta exposición, las pruebas demuestran que la astronomía y la astrología coexistieron en los libros medievales y en las bibliotecas de monasterios, universidades, así como en las cortes.

Para conocer más acerca de la astrología medieval, visite la exposición *Signos ascendentes: la ciencia medieval de la astrología*, del 1 de octubre de 2024 al 5 de enero de 2025 en el pabellón norte, en el nivel de la plaza.

Light and Vision

The Latin word *lumen* has multiple meanings: it means light—whether from the sun or a lamp—but also conveys the substance of light, including its color, and the “light” of the eye, that is, the power of sight. In the medieval world, which was illuminated by oil lamps, fire, and astral bodies such as the sun and the moon, competing theories of light and vision inherited from ancient Greece and Rome were debated and ultimately resolved through the study of vision, called optics. Sight is dependent on light, which medieval people thought traveled in rays that entered or exited the eye. Geometric understandings of light enabled scholars to better predict how light traveled and how vision was achieved. Advancements in the field of optics resulted from experimentation, observation, and a rich cross-cultural tradition of translating optical and medical treatises. Once artists acquired knowledge of the mechanics of vision, they optimized light and its many effects to catch the eye, hold the gaze, and materialize the divine.

For the medieval viewer, sight was the primary sense, necessary for knowledge and cognition. Vision was understood as physically taxing, requiring prolonged meditation, scrutiny, and “attentive eyes.” By meditating upon relief sculptures, rock-crystal reliquaries, paintings, glass, and other media, viewers could achieve beyond-normal sight, gaining a second order of inner, or spiritual, “vision.”

La luz y la visión

La palabra latina *lumen* tiene diferentes significados: significa luz —del sol o de una lámpara—, pero también se refiere a la sustancia de la luz, incluido su color, y la “luz” del ojo, es decir, el poder de la vista. En el mundo medieval, iluminado por lámparas de aceite, fuego y cuerpos astrales como el sol y la luna, se debatían teorías contrapuestas sobre la luz y la visión heredadas de la antigua Grecia y Roma, que finalmente se resolvieron con la óptica, el estudio de la visión. La capacidad de ver depende de la luz, que en la época medieval se creía que viajaba en rayos que entraban o salían del ojo. La comprensión geométrica de la luz permitió a los eruditos predecir mejor cómo viajaba la luz y cómo se lograba la visión. Los avances en el campo de la óptica fueron el resultado de la experimentación, la observación y una rica tradición transcultural de traducción de tratados ópticos y médicos. Una vez que los artistas adquirieron conocimientos sobre el funcionamiento de la visión, optimizaron la luz y sus múltiples efectos para atraer la atención y retenerla, y materializar lo divino.

Para la mente medieval, la vista era el sentido principal, necesario para el conocimiento y la cognición. Se consideraba que la visión era algo físicamente agotador, que requería meditación prolongada, escrutinio y “ojos atentos”. Al meditar sobre esculturas en relieve, relicarios de cristal de roca, pinturas, vidrio y otros medios, las personas podían ver más allá y obtener un segundo orden de “visión” interior o espiritual.

Mechanics and Metaphor of Vision

In the medieval world, the quest to understand vision was approached through physical study of the eye and diagrammatic modeling of light's passage into or out of the eye. Ancient debates over whether sight was produced through extramission or intromission (see side panel) were settled during this period. Major breakthroughs in understanding natural phenomena such as rainbows stemmed from medieval people's observations of light's behavior—whether focused, reflected, or refracted. Independent of these studies, spectacles for reading were invented in the thirteenth century. The premodern science of optics also informed theological concepts articulated by all three Abrahamic religions, including the reception of divine knowledge through light and sight.

Mecánica y metáfora de la visión

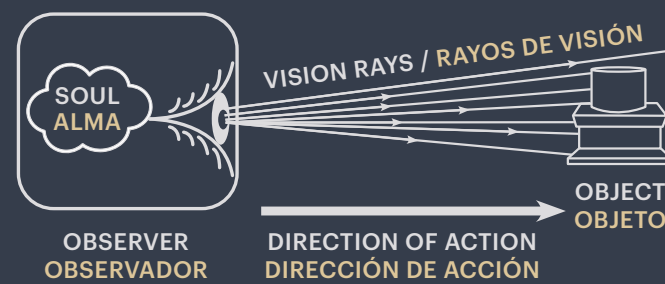
En el mundo medieval, la búsqueda para comprender la visión se abordaba mediante el estudio físico del ojo y el modelado esquemático del paso de la luz dentro o fuera del ojo. Durante este período se resolvieron antiguos debates sobre si la vista se producía mediante extromisión o intromisión (ver panel lateral). Los grandes avances en la comprensión de fenómenos naturales como el arcoíris surgieron de las observaciones de académicos medievales del comportamiento de la luz, ya fuera enfocada, reflejada o refractada. Independientemente de estos estudios, las gafas para leer se inventaron en el siglo XIII. La ciencia premoderna de la óptica también informó conceptos teológicos articulados por las tres religiones abrahámicas, incluida la recepción del conocimiento divino a través de la luz y la vista.

Competing Theories of Vision

Natural philosophers in antiquity and the Middle Ages debated the ways that light entered or exited the eye, either by rays or, following Aristotle, when a transparent medium between the viewer and the object seen was driven into the eye. Throughout the period, two contrasting theories of vision continued to be debated: extramission versus intromission.

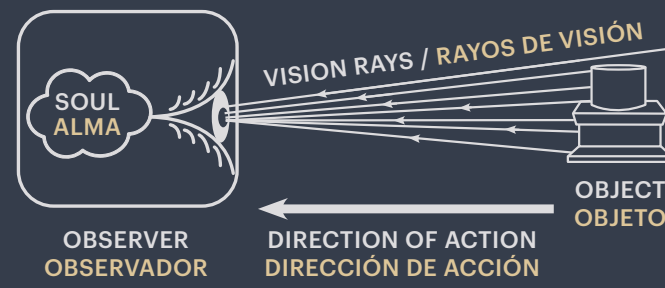
EXTRAMISSIION

The extramissionist theory of vision, argued by Plato, held that light rays (called effluxes, or “fires of the eye”) originated in the eye and flowed outward, mixing with the air (*pneuma*) between the eye and the thing seen.



INTROMISSIION

The intromissionist view, first posited by Empedocles (490–430 BCE) and later supported by Aristotle, theorized that the diaphanous medium of *pneuma* (air) between the viewer’s eye and the thing seen was activated by light rays, colors, and images emitting from the object that then penetrated the eye. The Arab polymath Ibn al-Haytham (965–1040 CE) resolved this debate on the side of intromission. Regarded today as the father of modern optics, he conducted experiments in a camera obscura that allowed him to better understand light’s properties.



Teorías contrapuestas de la visión

Los filósofos naturales de la Antigüedad y la Edad Media debatían las formas en que la luz entraba o salía del ojo, ya fuera por rayos o, como afirmaba Aristóteles, cuando se introducía en el ojo un medio transparente entre el observador y el objeto. A lo largo de este periodo, se siguieron debatiendo dos teorías opuestas de la visión: extromisión frente a intromisión.

EXTROMISIÓN

La teoría de la extromisión sobre la visión, defendida por Platón, sostenía que los rayos luminosos (llamados efluvios o “fuegos del ojo”) se originaban en el ojo, fluían hacia el exterior y luego se mezclaban con el aire (*pneuma*) entre el ojo y el objeto.

INTROMISIÓN

El enfoque de la intromisión, postulado por primera vez por Empédocles (490-430 a. e. c.) y respaldado posteriormente por Aristóteles, sostenía que el medio diáfano de *pneuma* (aire) entre el ojo y el objeto se activaba gracias a los rayos de luz, los colores y las imágenes que emitía el objeto y que luego penetraban en el ojo. El polímata árabe Ibn al-Haytham (965-1040 e. c.) dirimió este debate a favor de la intromisión. Considerado hoy el padre de la óptica moderna, realizó experimentos en una cámara oscura que le permitieron comprender mejor las propiedades de la luz.

Light and Transparency

Science and craft merged to produce the medium that became, for many, a defining art form of medieval Europe: the stained glass window. This medium led to the construction of immersive, light-filled environments designed to inspire religiosity and awe. Abbot Suger of Saint-Denis (French, 1081–1151 CE), credited with commissioning the first Gothic architecture, called stained glass *lux nova* (new light). But around the same time, in mosques across Egypt and Syria, artisans capitalized on the clarity and opacity of glass as a material through which light and shadow could be channeled, creating environments designed to direct focus and encourage meditative reflection on the divine.

Luz y transparencia

La ciencia y la artesanía se fusionaron para producir el medio que se convirtió, para muchos, en una forma de arte definitoria de la Europa medieval: los vitrales. Este medio originó la construcción de entornos envolventes y llenos de luz diseñados para inspirar religiosidad y asombro. El abad Suger de Saint-Denis (francés, 1081-1151 e. c.), a quien se le atribuye el encargo de la primera arquitectura gótica, llamó a los vitrales *lux nova* (luz nueva). Pero en la misma época, en las mezquitas de Egipto y Siria, los artesanos aprovecharon la claridad y opacidad del vidrio como material por el cual canalizar la luz y la sombra a fin de crear entornos diseñados para dirigir la atención y fomentar la reflexión meditativa sobre lo divino.

Divine Darkness

Christianity, Judaism, and Islam all associate God with light. In the Creation story told in Genesis, when light was created, so too was darkness. As medieval optical theorists understood that sight was contingent upon light and that bodily vision was not possible in darkness, theologians of the time equated the unknowable, invisible aspects of God with darkness. According to a medieval “negative theology,” God exists beyond human perception and poses a challenge to vision itself. The fifteenth-century Christian theologian Nicholas of Cusa wrote that “God is found when all things are left behind; and this darkness is light in the Lord.” Such contradictory associations between God and both light and darkness were fundamental to the verbal and visual expressions used to elucidate the nature of the divine.

Oscuridad divina

El cristianismo, el judaísmo y el islam asocian a Dios con la luz. En la historia de la Creación que se narra en el Génesis, cuando se creó la luz, también se creó la oscuridad. Como los teóricos ópticos medievales consideraban que la vista dependía de la luz y que la visión corporal no era posible en la oscuridad, los teólogos de la época comparaban los aspectos desconocidos e invisibles de Dios con la oscuridad. Según una “teología negativa” medieval, Dios existe más allá de la percepción humana y supone un desafío para la propia visión. Nicolás de Cusa, teólogo cristiano del siglo XV, escribió: “A Dios se lo encuentra cuando se dejan atrás todas las cosas; y esta oscuridad es luz en el Señor”. Estas asociaciones contradictorias entre Dios, la luz y la oscuridad fueron fundamentales para las expresiones verbales y visuales utilizadas para dilucidar la naturaleza de lo divino.

Crystalline Vision

Rock crystal, a type of quartz that is common and inexpensive today, was a valuable material in the Middle Ages, revered especially for its transparency and brilliance. It was thought to be a miraculous substance, consisting of water frozen and hardened into stone. Earthly but also heavenly, based on biblical references to the crystalline vaults of the heavens, rock crystal held light-transmitting properties and inspired theological metaphors; just as physical light suffused and activated crystal, divine light filled the intellectual "eye." Prized for its clarity and beauty, often fashioned into vessels or domed cabochons, the stone was used to magnify objects, improving sight. Yet natural flaws, fissures, and impurities in rock crystal vessels can interrupt and occlude vision, requiring greater scrutiny and effort from the viewer and lending mystery and meaning to the objects contained within.

Visión cristalina

El cristal de roca, un tipo de cuarzo que en la actualidad es común y económico, era un material valioso en la Edad Media, venerado sobre todo por su transparencia y brillo. Se creía que era una sustancia milagrosa, compuesta por agua congelada y endurecida en piedra. El cristal de roca era terrenal, pero también celestial. Según alusiones bíblicas a las bóvedas cristalinas de los cielos, poseía propiedades transmisoras de luz que inspiraban metáforas teológicas; al igual que la luz física impregnaba y activaba el cristal, la luz divina llenaba el "ojo" intelectual. La piedra, muy preciada por su resplandor y belleza, se utilizaba para confeccionar recipientes o cabujones convexos a fin de aumentar el tamaño de los objetos y verlos mejor. Sin embargo, los defectos naturales, las fisuras y las impurezas de los recipientes hechos con cristal de roca podían dificultar y obstruir la visión. Esto exigía una mayor inspección y esfuerzo por parte de quien miraba, y además confería misterio y significado a los objetos que había adentro.

Science of the Rainbow

As attributes of light, colors in the Middle Ages were appreciated for their reflective qualities (luminosity) and relative brightness (value), rather than for their hue, as we define color today. Bands of colored light in the form of rainbows feature in Jewish tradition as a covenant of hope from God to Noah, and in Christian imagery as a symbol of redemption. Historically, the rainbow not only inspired religious metaphor but sparked scientific inquiry.

Centuries before the early Enlightenment thinkers Isaac Newton, Willebrord Snell, and René Descartes, the tenth-century scientist Ibn Sahl, working in Baghdad, defined the mathematical law of refraction (later known as “Snell’s law”). The refraction, or deflection, of light through different media was further studied in eleventh-century Cairo by Ibn al-Haytham. Kamal al-Dīn al-Farisi (1267–1318 CE) gave the first mathematically correct explanation for the rainbow by focusing on individual raindrops. Although Al-Farisi’s text remained unknown in Europe, European understandings of the rainbow advanced thanks to Latin translations of Ibn al-Haytham’s work, inspiring thirteenth-century theologians Roger Bacon, Theodoric of Freiberg, and Witelo to refine earlier understandings of the rainbow by studying the behavior of light through water droplets.

La ciencia del arcoíris

Como atributos de la luz, en la Edad Media los colores se apreciaban por sus cualidades reflectantes (luminosidad) y su brillo relativo (valor), más que por su tonalidad, como definimos el color hoy en día. Las franjas de luz de colores en forma de arcoíris aparecen en la tradición judía como un pacto de esperanza de Dios a Noé, y en la simbología cristiana como una representación de la redención. Históricamente, el arcoíris no solo inspiró metáforas religiosas, sino también investigaciones científicas.

Siglos antes de que los pensadores de la Ilustración como Isaac Newton, Willebrord Snell o René Descartes, el científico del siglo X Ibn Sahl, que trabajaba en Bagdad, definió la ley matemática de la refracción (más tarde conocida como “la ley de Snell”). En el Cairo del siglo XI, Ibn al-Haytham estudió con mayor profundidad la refracción o desviación de la luz a través de diferentes medios. Kamal al-Dīn al-Farisi (1267-1318 e. c.) dio la primera explicación matemáticamente correcta del arcoíris centrándose en las gotas de lluvia individuales. Aunque el texto de Al-Farisi se desconocía en Europa, en aquel continente la comprensión del arcoíris avanzó gracias a las traducciones al latín de la obra de Ibn al-Haytham, que inspiraron a los teólogos del siglo XIII Roger Bacon, Teodorico de Freiberg y Witelo a que perfeccionaran los conocimientos anteriores sobre el arcoíris al estudiar el comportamiento de la luz a través de las gotas de agua.

Golden Rays

Medieval optical theory informed Christian depictions of divinity, in particular the visual understanding of light as a carrier of spiritual knowledge, a theory derived from the notion of divine illumination described by Saint Augustine (active in Roman Africa, 354–430 CE). He wrote that information entering the senses is completed by the supernatural intervention of God to create knowledge (cognition). Like a line connecting two points, light rays descend from the heavens to a figure, denoting the reception of spiritual enlightenment. The materialization of light as shimmering golden rays could represent connection to God in a variety of ways: as visionary experience and spiritual seeing, as a moment of cognition, or as a way of conveying the Christian doctrine of the Incarnation. Above all, light created the bridge between humans and the supernatural.

Rayos dorados

La teoría óptica medieval influyó en las representaciones cristianas de la divinidad, sobre todo, en la representación visual de la luz como portadora de conocimiento espiritual, teoría derivada del concepto de iluminación divina descrita por san Agustín (activo en el África romana, 354-430 e. c.). El escritor sostenía que la información que entra a través de los sentidos es completada por la intervención supernatural de Dios para crear el conocimiento (la cognición). Como una línea que une dos extremos, los rayos de luz descienden de los cielos hasta una figura, lo que demuestra que se ha recibido la iluminación espiritual. La materialización de la luz en forma de rayos dorados brillantes podría representar la conexión con Dios de diversas maneras: como experiencia visionaria y visión espiritual, como momento de cognición o como forma de transmitir la doctrina cristiana de la Encarnación. Por encima de todo, la luz creaba el puente entre los humanos y lo sobrenatural.

Aura and Performance

Medieval artists materialized and manipulated light in religious spaces and in individual objects to evoke divinity, focus attention, and create transformative experiences for the viewer. Places of worship were rich sensoria, spatial experiences of light and visual phenomena, choreographed movements, and ritual performances, providing sounds, scents, and tactile encounters.

“Science” may not be the first word that comes to mind when we enter spaces of worship today. Yet it was the recent accumulation of optical and mechanical knowledge that made dazzling spectacles of luminosity and awe possible throughout the long Middle Ages. In temples, churches, and mosques, and in sites of private devotion, the experience of the sacred was perceived and believed on the evidence of the senses. In holy places activated by ceremony, the play of light across gold, crystal, gems, and other materials would have combined with the sound of voices raised in song or chant and the smell of perfumed incense. Through a layering of physical sensations, the experience of the divine became embodied in the viewer.

El aura y los rituales

Los artistas medievales materializaban y manipulaban la luz en espacios religiosos y en objetos individuales para evocar la divinidad, centrar la atención y crear experiencias transformadoras para el público. Los lugares de culto eran ricas experiencias sensoriales y espaciales de luz y fenómenos visuales, movimientos coreografiados y rituales que proporcionaban sonidos, olores y encuentros táctiles.

Puede que “ciencia” no sea la primera palabra que nos venga a la mente cuando entramos en espacios de culto en la actualidad. Sin embargo, fue la reciente acumulación de conocimientos ópticos y mecánicos lo que posibilitó los deslumbrantes espectáculos de luminosity and asombro durante la larga Edad Media. En templos, iglesias y mezquitas, así como en lugares de devoción privada, la experiencia de lo sagrado se percibía y creía a través de los sentidos. En los lugares sagrados donde se celebraban ceremonias, los juegos de luces sobre el oro, el cristal, las gemas y otros materiales se combinaba con el sonido de las voces elevadas en cantos o cánticos y el olor del incienso perfumado. A través de una superposición de sensaciones físicas, la experiencia de lo divino se encarnaba en las personas.

Activating the Mosque

The architecture and lighting of medieval mosques varied according to region and over the centuries, but the design was typically oriented toward the holy pilgrimage city of Mecca. A mihrab (prayer niche) often indicated the direction of prayer, and the use of a hanging light or candle within the niche recalled the mystical experience of the divine. Strategically placed windows channeled beams of light, catching calligraphic inscriptions of Qur'anic verse traced in shining gold mosaic and colorful glazed ceramic. Light and shadow effects created by a forest of hanging glass lamps cast architectural elements in high relief. Illuminated in this way, the faceted muqarnas that lined the domed spaces overhead suggested the vault of the heavens and the infinitude of creation.

Una mezquita iluminada

La arquitectura y la iluminación de las mezquitas medievales variaban según la región y la época, pero el diseño se orientaba normalmente hacia la ciudad santa de peregrinación de La Meca. Los *mihrab* (nichos de oración) solían indicar hacia donde se debía orar, y el uso de una lámpara o vela colgante en el nicho evocaba la experiencia mística de lo divino. Las ventanas, estratégicamente situadas, canalizaban haces de luz que captaban inscripciones caligráficas de versículos coránicos grabados sobre un brillante mosaico dorado y una colorida cerámica esmaltada. Los efectos de luz y sombra creados por un bosque de lámparas de cristal colgantes realzan los elementos arquitectónicos. Iluminados de este modo, los mocárabes facetados que bordeaban las cúpulas evocaban la bóveda del cielo y la infinitud de la creación.

Performing the Mass

As in Judaism and Islam, in Christianity light was the primary metaphor for divinity and a means of invoking God's presence in religious rituals. With the spread of optical science in the royal courts and universities of western Europe, artisans deployed their knowledge of light's properties in the staging of Mass, using strategically placed windows and apertures to illuminate the rich array of holy objects. The Byzantine (Eastern Orthodox) Church performed the liturgy largely behind an iconostasis, or screen, that divided the light-filled spaces of the altar from the darkness in which congregants gathered. Light reflecting off the sparkling threads of the clergy's vestments, the mosaics high above, and the many glittering lamps and icons caused the attention of both congregants and clergy to shift from the physical to the metaphysical.

Celebración de la misa

Al igual que en el judaísmo y el islam, en el cristianismo la luz era la principal metáfora de la divinidad y un recurso para invocar la presencia de Dios en los rituales religiosos. Con la difusión de las ciencias ópticas en las cortes reales y en las universidades de Europa occidental, los artesanos aplicaron sus conocimientos sobre las propiedades de la luz en la escenificación de la misa: utilizaban ventanas y aberturas estratégicamente situadas para iluminar el rico conjunto de objetos sagrados. La Iglesia bizantina (ortodoxa oriental) celebraba gran parte de la liturgia detrás de un iconostasio, o mampara, que dividía el luminoso espacio del altar del oscuro sector en donde se reunía la congregación. La luz que se reflejaba en los hilos brillantes de las vestimentas del clero, los mosaicos en lo alto del recinto y las numerosas lámparas e iconos resplandecientes hacían que la atención de los fieles y del clero pasara de lo físico a lo metafísico.

Light in Jewish Devotion

According to Proverbs 6:23, "The commandment is a lamp, the teaching [Torah] is a light." Light was fundamental to everyday medieval Jewish religious observance, whether in the synagogue or at home, and devotional practices were structured around prayers recited daily in the morning and evening, weekly on the Sabbath, and on holy days that were determined by the Jewish lunisolar calendar. As a symbol of God's light on Moses, the menorah was considered a microcosm of the universe. A thirteenth-century Sephardic rabbinical text described the lamps of the traditional candelabra as "aligned so as to shed light, just as the seven planets are positioned so as to shed light."

La luz en el culto judío

Según Proverbios 6:23, "El mandamiento es una lámpara, la enseñanza [Torá] es una luz". La luz era fundamental para la observancia religiosa judía medieval cotidiana, ya sea en la sinagoga o en el hogar, y las prácticas devocionales se estructuraban en torno a oraciones recitadas diariamente por la mañana y por la tarde, semanalmente el sábado y en los días santos determinados por el calendario lunisolar judío. Como símbolo de la luz de Dios sobre Moisés, la menorá se consideraba un microcosmos del universo. Un texto rabínico sefardí del siglo XIII describía las lámparas de los candelabros tradicionales como "alineadas para arrojar luz, del mismo modo que los siete planetas están colocados para arrojar luz".

The Neuroscience of Light

Any discussion of sight and light in the Middle Ages engages with ancient and medieval hierarchies of the senses. According to Plato, Aristotle, and their later interpreters, vision was the primary sense, informing knowledge and belief. Based on learned expectations, interpretations of sensory experiences were—and still are—culturally and experientially determined, creating what neuroscientists today call “predictive processing.” Within medieval Christian, Muslim, and Jewish religious rituals, which engaged all the senses, light, being necessary for vision, was fundamental to the activation and animation of sacred spaces, where it was used to elicit a range of emotional responses, including surprise, wonder, and awe.

La neurociencia de la luz

Todo debate sobre la vista y la luz en la Edad Media está relacionado con las jerarquías sensoriales antiguas y medievales. Según Platón, Aristóteles y sus intérpretes posteriores, la visión era el sentido primario que influía en el conocimiento y la creencia. Sobre la base de expectativas aprendidas, las interpretaciones de las experiencias sensoriales estaban —y siguen estando— determinadas por la cultura y la experiencia, y crean lo que la neurociencia llama hoy en día “procesamiento predictivo”. En los rituales religiosos medievales cristianos, musulmanes y judíos interactuaban todos los sentidos, por eso, la luz —necesaria para poder ver— era fundamental para la iniciación y animación de los espacios sagrados, donde se utilizaba para suscitar una serie de respuestas emocionales, como la sorpresa, el asombro y la admiración.

This material was published in 2024 to coincide with the J. Paul Getty Museum exhibition *Lumen: The Art and Science of Light*, September 10–December 8, 2024, at the Getty Center.

To cite this material, please use: *Lumen: The Art and Science of Light*, published online in 2024, J. Paul Getty Museum, Los Angeles, <https://www.getty.edu/art/exhibitions/lumen>