

Цветът на светлината

Санка Гатева

Културните, фило-софски и научни дви-жения, които характе-ризират западноевро-пейското общество през XVIII в., се опре-делят като „Ерата на Просвещението“. Зна-нието символично се описва със светлина – светлината, която ни помага да намерим пътя в мрака. Мотото и печатът на мно-го университети и библиотеки включват *Fiat lux* или *Sit lux* (в превод от латински *Да бъде светлина* (цитат от 3-ти стих на Библията).

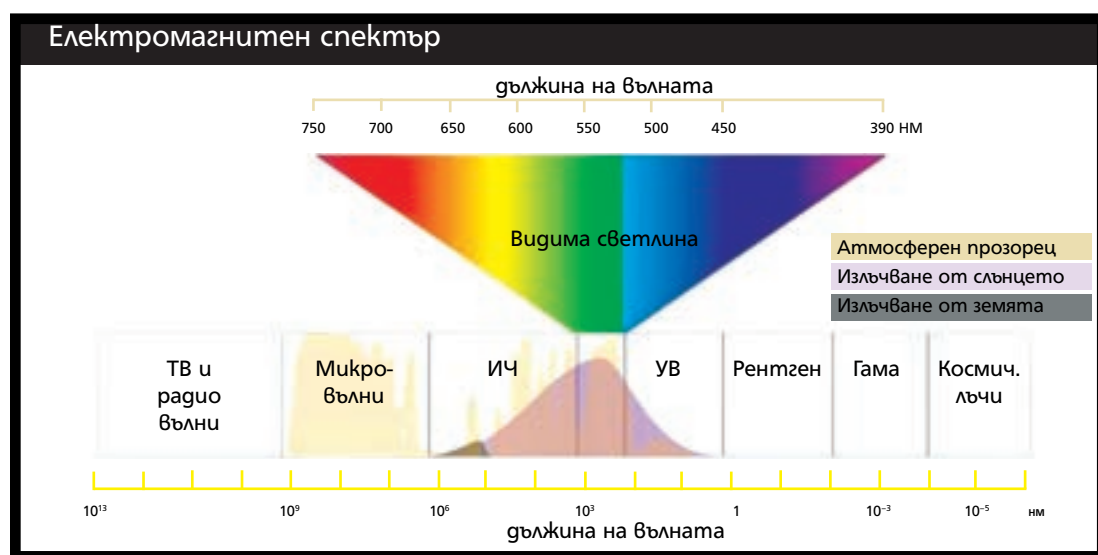
Още от древността свет-лината и мракът са две про-тивоположни сили, които хората свързват с деня и нощта, с доброто и злото, със знанието и невежество-то, с любовта и омразата, с щастието и нещастие-то, със създаването и разрухата, с живота и смъртта...

Какво е светлината?

Светлината е елек-тромагнитно излъчва-не с дължина на вълна-та във видимия за чо-вешкото око диапазон на електромагнитния спектър, приблизител-

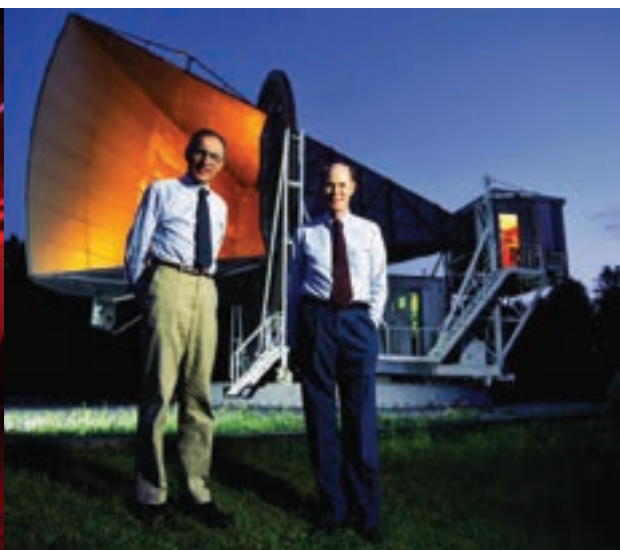
но от 400 до 750 nm. През последните годи-ни, в резултат на развитието на науката и технологиите, терминът светлина все по-често се употребява за всяко лъчение от електромагнитния спектър.

Основни характеристики на светлината са: яркост (свързана с интензитета на елек-





Лазерно шоу



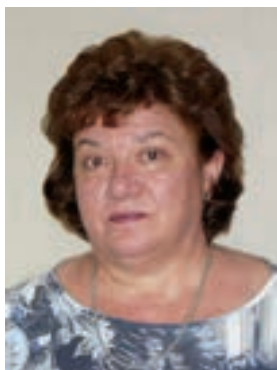
Робърт Уилсън (вдясно) и Арно Пензиас пред антената, с която регистрират реликтовото лъчение през 1965 г.

тричното поле) и цвят (свързан с дължината на вълната λ или честотата ν).

Светлината се пренася от фотони (от гръцки $\phi\omega\tau\acute{o}\varsigma$ – светлина) и има двойствена природа – свойства на частица и вълна едновременно (корпускулярно-вълнов дуализъм). Енергията E и импулсът на фотона p са пропорционални на неговата честота ν : $E=h\nu=pc=hc/\lambda$. Фотонът се различава от другите елементарни частици по това, че има нулева маса в покой и във вакуум се движи със скоростта на светлината c . В Специалната теория на относителността на Айнщайн скоростта на светлината във вакуум е инвариант, т.е. има една и съща стойност във всички инерциални отправни системи $c = 299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Скоростта на светлината свързва времето и пространството, масата и енергията $E = mc^2$. Това е скоростта на всички частици с нулева маса и полета във вакуум. Това е максималната скорост, с която могат да се пренасят материя, енергия и информация. От 1983 г. в Международната система единици (SI) метърът е свързан със скоростта на светлината: 1 метър е разстоянието, изминато от светлината във вакуум за $1/299\,792\,458$ част от секундата.

Съществуването и разпространението на светлината са свързани с еволюцията на Вселената. Най-старата светлина във Вселената е космическият микровълнов фон, електромагнитно лъчение, което изпълва цялата Вселена и може да бъде открито във всички посоки. То е възникнало около 380 000 години след Големия взрив, когато Вселената е била охладена до температура около 2700 градуса по Целзий и е било възможно наличните електрони и протони да рекомбинират във водородни атоми. През 1965 г. Арно Пензиас и Робърт Уилсън регистрират лъчението от тази рекомбинация (реликтов излъчване), важно доказателство за Теорията на Големия взрив – „светлина“, която е пътувала над 13 милиарда години.

От най-голямо значение за живота на нашата планета е образуването на Слънцето и Слънчевата система преди около 4,5 милиарда години. Слънчевата светлина ни дава топлина, помага ни да виждаме през деня, в основата е на климата, участва в процеса на фотосинтеза. Фотосинтезата е биологичен процес, при който под действие на слънчевата светлина от въглеродният диоксид и вода се синтезират органични съединения с помощта на фотосинтезиращи



Доц. g-р Санка Гатева завършва специалност атомна физика в Софийския университет „Св. Климент Охридски“. Изследванията ѝ са в областта на разработване и приложение на лазерни системи (газови, димерни и диодни) в спектроскопията с висока разделителна способност, метрологията и магнетрията. Директор е на Института по електроника при БАН и ръководител на лаборатория „Лазерни системи“.

организми. В най-разпространения вариант на процеса се получават захариди и като остатъчен продукт се отделя кислород. Преди повече от 2,0 милиарда години процесът е протекъл в цианобактерии, които са произвели големите количества кислород

в атмосферата и това е позволило животът да се развие на Земята. Днес в растенията фотосинтезата се осъществява с помощта на хлорофил.

Съществуват много и различни видове източници на светлина на Земята. Звездите са небесни тела, представляващи големи кълба газ, произвеждащи енергия чрез термоядрен синтез. Слънцето е най-близката звезда до Земята и то е основният източник на светлина на Земята.

Естествен източник на светлина, с огромна енергия, която се освобождава под формата на силно лъчение са светкавиците, при които светлината е резултат на електрически искров газов разряд.

Луминесценцията е излъчване на светлина, предизвикано от възбуждане на атомите под действие на различни фактори: електричество (електролуминесценция), светлина (фотолуминесценция), химически реакции (хемилуминесценция) и др. Разновидност на хемилуминесценцията е биолуминесценцията – светулките, планктонът, някои видове гъби и морски животни също са източници на светлина.

Огънят е един от най-старите източници на светлина, използвани от човека: от лагерните огньове на пещерните жилища до спиртните лампи, които все още се използват там, където няма електричество.



Мълния (светкавица). Мълнии са наблюдавани и на планетите Венера, Юпитер, Сатурн и Уран



Северно сияние



При залеза на слънцето небето се оцветява в червено

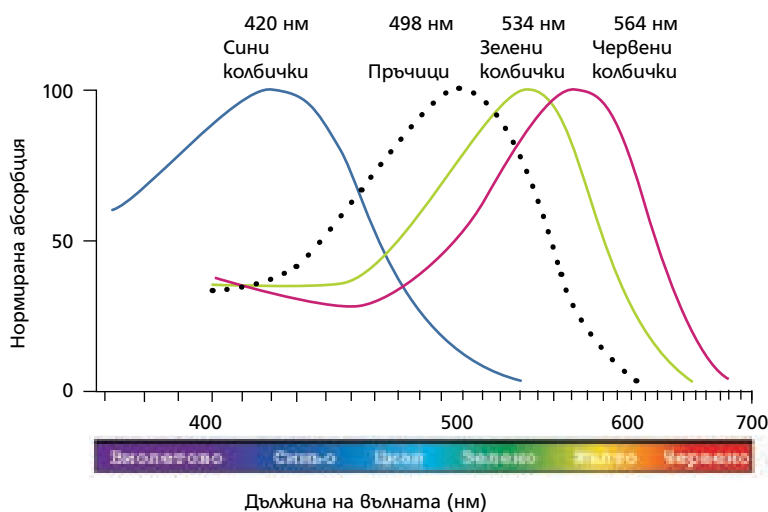
Електричеството е най-разпространеният източник на изкуствена светлина: светлината от нажежаема жичка, флуоресцентно осветление, светодиодно (LED) осветление.

Много са природните феномени, свързани със светлината. При взаимодействието на заредени частици от слънчевия вятър с магнитосферата се наблюдава полярното сияние.

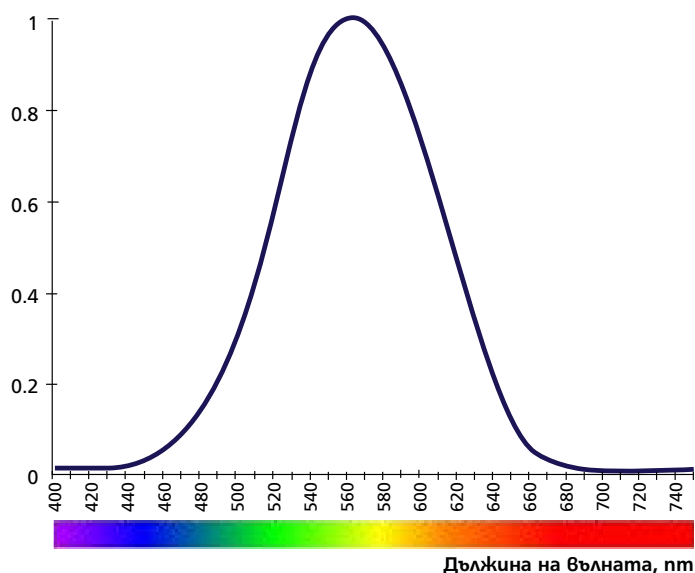
Когато слънчевата светлина се пречупи и отрази от капки дъждовна вода, се наблюдава дъга.

Небето е синьо, защото синята светлина се разсейва от молекулите на атмосферата повече от червената. Но не всяко синьо оцветяване в природата се дължи на разсейване. Когато гледаме отгоре, цветът на морето е син, защото водата поглъща по-силно червената светлина от синята. Когато гледаме от плажа, морето е синьо, защото отразява небето. Някои птици и пеперуди имат сини оцветявания, които се дължат на дифракционни ефекти.

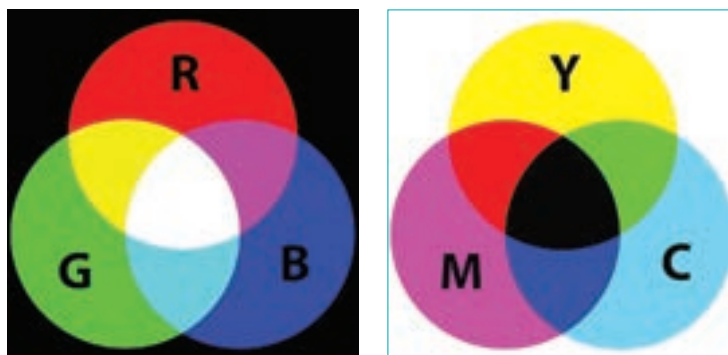
Цветовите на изгревите и залезите се обясняват с разсейването на светлината



Фоторецептори в човешкото око – спектрална чувствителност



Спектрална чувствителност на човешкото око към светлината



Цветови пространства RGB и CMYK – а) адитивно смесване на цветовете при цветови модел RGB: смесването на трите цвята дава белия цвят; б) субтрактивно смесване на цветовете при цветови модел CMYK: смесването на трите мастила върху бялата хартия дава черния цвят

от малки частици във въздуха. Колкото по-чист е въздухът, толкова по-слабо е разсейването и толкова повече жълто и оранжево има в тях. Тъй като утринният въздух съдържа по-малко частици от вечерния, изгревите са оцветени повече в жълто и оранжево, а залезите в оранжево и червено.

От най-горещи времена хората са изследвали светлината и взаимодействието ѝ с веществото – развили са се оптиката, спектроскопията, астрономията. Тази година се навършват 1000 години от появата на седемте тома по оптика „Китаб ал-Маназир“ на арабския математик, астроном и оптик Абу Али ал-Хасан Ибн ал-Хайтам (Алхазен), в които са публикувани едни от

първите изследвания на зрението, оптиката и светлината.

Зависимостта на взаимодействието на светлината с материални среди от дължината на вълната е обект на спектроскопията. За начало на спектралните изследвания се смята демонстрацията на Исаак Нютон пред Роял Сосаети през 1666 г., където той показва, че с призма бялата слънчева светлина може да бъде разложена в непрекъсната серия от цветове, която той нарича спектър – това е спектърът на видимата светлина.

Науката за цветовете включва възприемането на цветовете от човешкото око и мозъка, произхода на цвета в мате-

риалите, теория на цвета в изкуството и физиката на електромагнитното излъчване във видимия диапазон (видимата светлина).

Цветът на светлината е свързан с възприятието на човешкото око, което се определя от спектралната чувствителност на фоторецепторите. Цветът на даден обект във възприятието на хората е този на отразяваната или излъчвана от него видима светлина. В окото има 2 вида рецептори – *колбички*, които са чувствителни в 3 различни спектрални области: синя, червена и зелена, и *пръчици*, с черно-бяла чувствителност. При лошо осветление колбичките не могат да реагират и остава само чувствителността на пръчиците. Наборът от всички възможни стойности на цветовете комбинации, предизвикващи зрителна реакция,



Пиер Огюст Реноар,
„Две сестри (На терасата)“, 1881 г.



Клод Моне, „Импресия.
Изгрев слънце“, 1872 г.



Южната розетка на катедралата
„Нотър дам“ в Шартър



Айфеловата кула

определя човешкото цветово пространство. Човешкото око може да различава около 10 милиона различни цвята. Всеки цвят покрива участък от видимия спектър, т.е. ивица или диапазон от дължини на вълните (честоти), които предизвикват еднакво усещане за цвят. Видимият спектър се разделя на шест основни ивици – червен, оранжев, жълт, зелен, син и виолетов цвят.

В съвременните технологии създаването на цветовете зависи от приложението. Например RGB е тримерно цветово пространство, в което всеки цвят е разложен

на 3 цвята (както в човешкото око – червен, зелен и син цвят). Това е цветови модел за излъчващи обекти и се използва при цветните монитори. Други модели се използват в печатарството – напр. моделът CMYK, който е приложен към обекти, отразяващи светлината – каквато е печатната страница. При печата с плотери се използват и пространства с по-висока размерност.

Много художници са се старали да разберат влиянието на светлината върху багрите на природата и да намерят най-добрия начин, за да предадат това влияние.



Театър на сенките



Пример за това са импресионистите, които си поставят за цел да отразят светлината и изменението на цветовете под нейното въздействие, да предадат променящите се нюанси и полутонове, които се получават от отражението на един цвят върху друг. Докато Нютон разлага бялата слънчева светлина в спектър от отделни цветове, импресионистите изграждат картината с малки цветни петънца от ярки чисти цветове, тяхното смесване става в окоето на зрителя и така постигат ефект на наситено цветово трептене. Без да използват черна боя, успяват да излъжат човешкото възприятие, като използват допълнителни цветове и така увеличават контраста. Импресионизмът получава формално името си от картината на Клод Моне „Импресия. Изгрев слънце“ (1872). В много от пейзажите си Моне се опитва да улови взаимодействието между светлината, цветовете и сенките. Непрекъснато се връща към един и същ обект и го рисува от едно и също място в различно време от деня.

Многобройни и най-разнообразни са приложенията на светлината в изкуството. Картини и стенописи във всички култури по света показват как художници са използ-

вани цвят, светлина и сенки за да илюстрират настроението и да пресъздават атмосферата. Един от най-старите примери за това са стъклописите (витражите), при които естествената светлина осветява мозайки от цветни парченца стъкло, които изобразяват различни фигури.

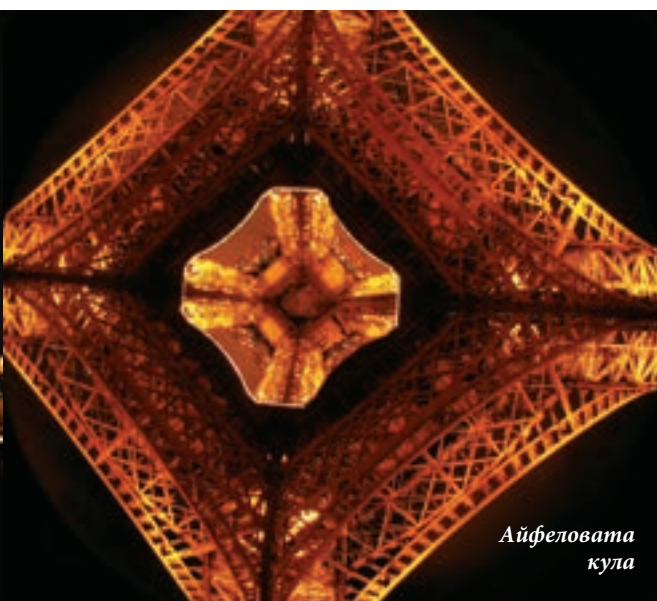
При театрални и танцови изпълнения на живо осветлението е много важно. То не само позволява на публиката да види какво се случва на сцената, има огромна роля в развитието на сюжета на представлението и е активна част от декора.

Развитието на лазерите и лазерните технологии позволява художниците да използват светлината по нов начин, когато искат да подчертаят красотата на архитектурни забележителности, при осветяване на концерти и създаване на светлинни образи.

Светлината е един от най-често използваните символи в литературата, философията и религията – символ на духовното и божественото, на знание и творческа сила, топлина и обич, радост, живот и оптимизъм. Защото много са източниците на светлина, най-разнообразни са природните, явления свързани със светлината, безкрайно богата е палитрата от цветове в природата. ■



Операта в Сидни



Айфеловата кула