

Светлината е електромагнитно излъчване с дължина на вълната във видимия за човешкото окодиапазон на електромагнитния спектър, приблизително от 400 до 750 nm. Понякога към понятието светлина се включват и инфрачервените и ултравиолетовите лъчи

Основни характеристики на светлината от гледна точка на възприемане от човешкото око са: яркост (свързана с интензитета на електричното поле), цвят (свързан с дължината на вълната или честотата) и поляризация (при нормални обстоятелства човешкото око не може да я регистрира).

Според съвременната физика светлината има корпускулярно-вълнов характер, т.е. едновременно се проявява като поток от частици (фотони), които могат например да избиват електрони (фотоелектричен ефект), а в друг случай се държат като вълна —наблюдават се явленията дифракция и интерференция. Според квантовата механика фотоните нямат маса, което следва непосредствено от теорията на относителността.

Повечето от тези източници са топлинни (или термични) - с увеличаване на температурата започват да излъчват в различен диапазон. Така например повърхността на слънцето при 6,000 K излъчва във видимата част на електромагнитния спектър. Пламъците на обикновен огън или пожар са също термичен източник на светлина.

С увеличаване на температурата максимумът на излъчването се премества към по-късите дължини на вълните, от инфрачервената към видимата част, като излъчването най-напред е червено, след това преминава през жълто-бяло и най-накрая синьо.

Съществуват и биологични естествени източници на светлина в природата — животни и растения, които излъчват светлина. Това явление се нарича биолуминесценция и е характерно например за светулките, планктона, някои видове гъби и някои морски животни. Определени химични вещества също излъчват естествена светлина. Това явление се нарича хемилуминесценция.

Слънцето свети със своя собствена светлина, докато Луната свети с отразена светлина.

Най-ранните изкуствени източници на светлина са свещите и факлите. Свещта представлява фитил от текстилен материал, поставен в средата на втвърдено гориво, което се разтапя при горенето. В днешно време за гориво се използва предимно парафин, но по-висококачествени свещи се произвеждат от стеарин или пчелен восък. Факлата представлява източник на светлина с дълга дървена дръжка и омотан парцал в единия край, предварително потопен в някакво течно запалително вещество. Факлите са използвани още от дълбока древност, днешната им употреба е ограничена, но като традиция олимпийският огън се пренася с факли. Исторически следват маслените, керосиновите и газовите лампи и фенери.

С откритието на електричеството са създадени най-разнообразни източници на светлина и най-вече електрическата лампа. В лампата с нажежаема жичка се използва ефектът на нагряване на проводник с високо съпротивление (най-често сплав на волфрама) при протичане през него на електрически ток. За получаване на видимо излъчване на светлина е необходимо температурата да се повиши до няколко хиляди градуса. Само малка част от излъчваната светлина е във видимия за човешкото око спектър, а основен дял се пада на инфрачервените лъчи. Част от потребената енергия се "хаби" в процесите на топлоотдаване и топлопроводимост. За увеличаване на така наречената "бяла" светлина е необходимо да се увеличи и температурата на нагряване на проводника, поради което се използват метали с висока точка на топене - най-често волфрам (3410 °C) и по-рядко осмий (3045 °C).

Луминесцентните осветителни тела или луминесцентни лампи са тип газоразрядни лампи, които се състоят от стъклен балон, запълнен или с разреден газ (неон, аргон и други) и покрит от вътрешната страна с луминофор. При подаване на напрежение между анода и катода на лампата протича газов разряд, който е съпроводен с ултравиолетово излъчване, водещо до флуоресценция на луминофора.

Друг източник на светлина, използван предимно в електрониката е светодиодът - полупроводников диод, който се състои от области с положителни и отрицателни токоносители и p-n преход и излъчва некохерентна светлина в тесен спектър, когато през него протича електрически ток. Светодиодът съдържа един или няколко излъчващи светлина кристали, разположени в един корпус с леща, която създава светлинен поток.

Най-мощните и най-ярки източници на светлина днес се явяват лазерите. Те са са източници на монохроматична, кохерентна, насочена светлина. Лазерът изпуска тънък, добре насочен, кохерентен сноп с постоянна дължина на вълната (еднакъв цвят), постоянна фаза и голяма яркост, за разлика от некохерентните източници като електрическите крушки, които излъчват вълни в почти целия електромагнитен спектър и във всички посоки.

Електромагнитен спектър (цветове)

Таблица за различните цветове във видимата част на спектъра

Цвят	Дължина на вълната	Честота	Енергия на един фотон
Виолетов	380–420nm	789,5–714,5THz	3,26–2,955eV
Син	420–490nm	714,5–612,5THz	<2,95–2,535eV
Зелен	490–575nm	612,5–522,5THz	2,53–2,165eV
Жълт	575–585nm	522,5–513,5THz	2,16–2,125eV
Оранжев	585–650nm	513,5–462,5THz	2,12–1,915eV
Червен	650–750nm	462,5–400,5THz	1,91–1,655eV

Видимият спектър е част от електромагнитния спектър. Той няма ясно изразени и очертани граници — приема се, че човешкото око е чувствително към дължини на вълната от 400 до 750 nm, но някои хора са способни да възприемат малко по-широк диапазон— от 380 до 780 nm. Пресметнато в честота, това отговаря на интервала от 400 до 750 терахерца. Привикналото към светлината око обикновено е най-чувствително на вълни с дължина около 555 nm, т.е. в зелената област на видимия спектър.

Познатите ни в ежедневието цветове на дъгата включват всички цветове, дължащи се на видимата светлина. Тези цветове се наричат чисти спектрални или монохроматични. Всеки цвят покрива участък от видимия спектър, т.е. ивица или диапазон от дължини на вълните, които предизвикват еднакво усещане за цвят. За всеки такъв диапазон включените в него дължини на вълните се наричат метамери на съответния цвят. Най-често видимият спектър се разделя на шест основни цвята — червен, оранжев, жълт, зелен, син и виолетов цвят. Белият цвят се получава от смесването на всички спектрални цветове, а черният цвят говори за отсъствие на светлина.

Отражението и пречупването на светлината са две явления, характерни за всички видове вълни. При отражението светлината се връща, отразява от дадена повърхност обратно в същата среда. Ако повърхността е гладка, явлението се нарича огледално отражение като типичен пример за това е отражението от огледало. При неравна повърхност, лъчите светлина се разпръскват в много различни посоки и това се нарича дифузно отражение. При него не се получава ясен образ.

При пречупването на границата на две среди светлината изменя посоката на разпространението си при преминаване във втората среда. Тъй като при преминаването през границата въздух-стъкло се наблюдава пречупване на светлината, ефектът е бил използван за създаване на оптичните лещи и лежи в основата на действие на всички оптични уреди. Той обяснява и редица светлинни явления като небесната дъга, миражите или разлагането на бялата светлина на цветове при преминаването ѝ през призма.

Пречупването на светлината се описва от закона на Снелиус: когато светлината преминава от оптично по-плътна към оптично по-рядка среда (например от стъкло към въздух, от вода към въздух и т.н.) част от нея се отразява, а друга част преминава през по-плътната среда, като се пречупва. Каква част ще се отрази и каква ще се пречупи зависи от ъгъла на падане на светлинните лъчи спрямо разделителната повърхност. При определен ъгъл, наречен критичен когато се отразява цялата светлина, без да се пречупва, се получава пълно вътрешно отражение. Критичният ъгъл се определя с формулата: $\theta_c = \arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$, където n_1 и n_2 са индексите на пречупване за двете среди като n_2 е на оптично по-рядката.

Поляризация е явление, при което електромагнитното поле осцилира (колебае се, трепти) в една определена равнина. При това се получава нарушение на симетрията на разпределение на трептенията в напречната вълна по отношение на направлението на нейното разпространение. Най-често срещаните поляризации са кръговата и линейната. Намира широко приложение в LCD, филтри и слънчеви очила. Основните видове поляризация са линейна и кръгова.

Причина за възникване на поляризацията може да бъде: несиметрична генерация на вълни в източника на трептения; анизотропност на средата в която се разпространяват вълните; пречупване и отражение на границата на две среди;

Светлината представлява поток от фотони, всеки от които притежава енергия $E = h\nu$ и следователно, светлината пренася енергия, равна на сумата от енергиите на всички фотони. Да разгледаме една малка повърхност ΔS , разположена в пространството, през което преминава светлината. Нека ΔE да е енергията на пресичащите тази повърхност в едната посока фотони за време Δt . Величината: $\Delta\Phi = \Delta E \Delta t$, $\Delta\Phi = \Delta E \Delta S \cos\theta$ (където θ е ъгълът, под който падат лъчите), която показва каква енергия преминава за единица време през разглежданата повърхност, се нарича енергетичен поток на светлината. Единицата за енергетичен поток е ват: $[\Phi] = \text{J s} = \text{W}$. Енергетичният поток се нарича още лъчист или квантов поток. Нека $\Delta\Phi$ е енергетичният поток през някаква повърхност, състоящ се само от светлинните лъчи с определени посоки, които посоки попадат в един малък пространствен ъгъл $\Delta\Omega$. Величината: $I = \Delta\Phi / \Delta\Omega$ се нарича енергетичен интензитет на светлината. Единицата за енергетичен интензитет е ват на стерадиан: $I = \text{W sr}$

Рене Декарт (1596–1650) дава представа за светлината като механично свойство на луминисцентно тяло. През 1637 година той публикува теорията на пречупването на светлината, като грешно допуска, че светлината се движи по-бързо в по-плътни оптични среди. Той достига до това заключение по аналогия с поведението на звуковите вълни. Въпреки че допускането му за относителните скорости е невярно, той все пак правилно обяснява светлината като вълна и обяснява рефракцията с различната скорост на светлината в различни среди. Макар че не е първият, който дава подобни обяснения, неговата теория се счита за началото на модерната оптика.

Пиер Гасенди (1592–1655), атомист, предлага корпускуларната теория на светлината, която е публикувана след неговата смърт през 1660-те. Исак Нютон изучава работата на Гасенди в ранните си години и предпочита неговите идеи в сравнение с тези на Декарт. Той заявява в своята Хипотеза за светлината от 1675 г., че светлината е съставена от малки частици, които той нарича корпускули, които се излъчват във всички посоки от източниците на светлина. Един от аргументите на Нютон против вълновата теория на светлината е, че вълните обикновено се пречупват или огъват, когато срещнат препятствие, докато светлината се разпространява само по права линия. Въпреки това, той обяснява процеса на дифракцията на светлината (наблюдаван от Франческо Грималди) с това, че частица на светлината може да създаде локална вълна в етера.

Теорията на Нютон може да се използва за да предскаже отражението на светлината, но може да обясни рефракцията само с неправилното допускане, че светлината се ускорява когато навлезе в оптически по-плътна среда защото гравитацията е по-силна. Нютон публикува крайния резултат от изследванията си в Opticks от 1704 година. Неговата популярност и репутация спомагат за установяването на корпускуларната теория през 18-ти век. Тази теория води до допускането на Лаплас, че едно тяло може да бъде толкова масивно и с такава силна гравитация, че светлината да не може да "избяга". С други думи това, което днес е известно като черна дупка. Лаплас оттегля предположението си след установяването на вълновата теория на светлината.

През 1660-те, Робърт Хук публикува вълнова теория на светлината. Кристиан Хюйгенс работи над своя собствена вълнова теория на светлината през 1678 г. и я публикува в своята Монография на светлината през 1690 година. Той предполага, че светлината се разпространява във всички посоки като поредица от вълни в среда, наречена светноносен ефир. Тъй като вълните не са повлияни от гравитацията, се предполага, че те се забавят когато навлизат в област с по-голяма плътност.

Вълновата теория предсказва, че светлинните вълни могат да интерферират една с друга подобно на звуковите (както е отбелязано около 1800 г. от Томас Янг), и че светлината може да бъде поляризирана ако е напречна вълна. Янг показва в своя експеримент, когато пуска светлина през два отвора, че тя се държи като вълна и проявява свойства, характерни само за вълна. Той също предполага, че различните цветове са причинени от различни дължини на вълната и обяснява цветното зрение с 3 различни цветови рецептори в човешкото око.

Друг поддръжник на вълновата теория е Леонард Ойлер. В своята Nova theoria lucis et colorum (1746) той показва, че дифракцията може лесно да се обясни с вълновата теория на светлината.

Малко по-късно, Огюстин Френел изработва независимо своя собствена теория на светлината и я представя пред Академията на науките през 1817 г. Симеон Дени Поасон добавя към работите на Френел математически изчисления за да придаде убедителен аргумент в полза на вълновата теория, надявайки

се да отхвърли корпускулярната теория на Нютон. Около 1821 г. Френел успява да покаже с помощта на математически методи, че поляризацията на светлината може да бъде обяснена само с помощта на вълновата теория на светлината и ако вълната е напълно напречна, без каквато и да е надлъжна компонента.

Слабостта на вълновата теория е, че светлинните вълни, подобно на звуковите, трябва да имат среда в която да се разпространяват. Хипотетично вещество, наречено светноносен ефир или етер е предложено за тази цел, но неговото съществуване е подложено на дълбоко съмнение в края на 19-ти век с експеримента на Майкелсън-Морли.

От корпускулярната теория на Нютон следва, че светлината се движи по-бързо в по-плътни среди, докато от вълновата теория следва точно обратното. По това време скоростта на светлината не може да се измери достатъчно точно за да се каже със сигурност коя теория е вярна. Първият, който прави достатъчно акуратно измерване е Леон Фуко през 1850 г. Неговият резултат подкрепя вълновата теория, което в крайна сметка довежда до изоставяне на Нютоновата теория за частици, които изграждат светлината.

Двете осцилиращи компоненти на електромагнитното поле - електричното (E) и магнитното (B) под прави ъгли едно на друго и перпендикулярни на посоката на разпространение на вълната.

През 1845 г. Майкъл Фарадей открива, че равнината на поляризация на линейно поляризирана светлина е завъртяна, когато светлината се разпространява в посока на магнитното поле в присъствието на прозрачен диелектрик, явление което днес е известно като ефект на Фарадей. Това е първото доказателство, че светлината е тясно свързана с електромагнетизма. През 1846 г. той предполага, че светлината може да е вид смущение на средата, което се разпространява по дължината на магнитните линии на полето. Фарадей прави предположението през 1847г., че светлината е височестотно електромагнитно трептене, което може да се разпространява дори без наличие на среда.

Работите на Фарадей вдъхновяват Джеймс Кларк Максвел да изучава електромагнитното излъчване и светлината. Той открива, че самостоятелно разпространяващи се електромагнитни вълни пътуват в пространството с постоянна скорост, която е равна на измерената преди това.

От всичко това Максвел заключава, че светлината представлява електромагнитно излъчване. За първи път той заявява това през 1862 г. във "Физичните линии на силата". През 1873 г. той публикува Трактат по електричество и магнетизъм, който съдържа пълно математическо описание на поведението на електричното и магнитно поле, днес известни като уравнения на Максвел. Малко по-късно Хайнрих Херц потвърждава експериментално теорията на Максвел с генериране и детектиране на радио вълни в лабораторията си и демонстрира, че тези вълни се държат по абсолютно същия начин като видимата светлина и имат свойството да се отразяват, пречупват, дифрактират и интерферират. Теорията на Максвел и опитите на Херц водят до развитието на съвременните радио, радар, телевизия, безжични комуникации и други.

Вълновата теория успява да обясни почти всички оптични и електромагнитни явления и е голям успех на физиката на 19-ти век. В края на 19-ти век обаче се оказва, че съществува един минимален брой явления, които не могат да бъдат обяснени или са в пряк конфликт с тази теория. Една от тези аномалии е противоречието, свързано със скоростта на светлината. Постоянната скорост на светлината, изведена от уравненията на Максвел и потвърдена от опитите на Майкелсън-Морли противоречи на законите на механиката, известни и непроменени още от времето на Галилео Галилей, които постулират, че всички скорости са относителни по отношение на наблюдателя. През 1905 г. Алберт Айнщайн разрешава този парадокс като ревизира модела на Галилео за време и пространство и законите на Нютон за движение с добавката за постоянна скорост на светлината. Айнщайн формулира своите идеи в специалната теория на относителността, която дава съвсем нов поглед върху понятията време и пространство. Айнщайн също така показва равностойността на маса и енергия с широко популярното си уравнение: $E = mc^2$, където E е енергията, m е обикновено масата в покой или релативистката маса и c е скоростта на светлината във вакуум.

Друга аномалия е фотоелектрическият ефект, при който ако повърхността на метал се освети, се освобождават електрони от тази повърхност и протича електрически ток. Експериментите показват, че енергията на индивидуалните електрони е пропорционална на честотата вместо на интензитета на източника на светлина. Под една определена честота, в зависимост от метала, не протича електрически ток, независимо от интензитета. Това противоречи на вълновата теория и върху този проблем физиците работят в продължение на много години за да намерят обяснение. През 1905 г. Айнщайн разрешава и

тази загадка, този път с помощта на забравената и отхвърлена корпускулярна теория на светлината. Поради този факт обаче, идеите на Алберт Айнщайн в началото са посрещнати с голяма доза скептицизъм в средите на известните физици. Но неговото обяснение постепенно се утвърждава, той дори получава Нобеловата си награда именно заради фотоелектричния ефект. Всичко това създава основата за корпускулярно-вълновия дуализъм и една голяма част от квантовата механика.

Третата аномалия, която се проявява в края на 19-ти век е противоречието между вълновата теория на светлината и измерванията на електромагнитния спектър на тела, които излъчват при нагряване или така наречените абсолютно черни тела. Физиците дълго време се мъчат да разрешат този проблем, неуспешно, който по-късно става известен като ултравиолетова катастрофа. През 1900 г. Макс Планк създава нова теория за излъчването на абсолютно черно тяло, която обяснява експерименталния спектър. Тя се основава на идеята, че черните тела излъчват светлина само дискретно (а не непрекъснато) в отделни пакети енергия. Тези пакети той нарича квант и дава име на частицата на светлината **фотон** за да има същото звучене като електрон и протон. Енергията на фотона е пропорционална на неговата честота, където h е константата на Планк, λ е дължината на вълната, а c скоростта на светлината. Импулсът p на фотона е пропорционален на неговата честота и обратнопропорционален на неговата дължина на вълната:

През 1918 година Макс Планк получава Нобеловата награда за физика за неговата роля в основаването на квантовата механика.

Модерната теория обяснява същността и природата на светлината с дуализма частица-вълна, описан от Алберт Айнщайн в началото на 1900-те и основан на неговите изследвания на фотоелектричния ефект и резултатите на Планк. Айнщайн убедително показва, че енергията на фотона е пропорционална на неговата честота. Неговата теория изказва становището, че въобще всичко има вълнова и корпускулярна същност и че могат да се проведат различни опити, които да показват едната или другата същност. Корпускулярната същност е видна повече при обекти с голяма маса. През 1924 г. Луи дьо Бройл прави предположение, което кара научната общност да осъзнае, че електроните също проявяват този дуализъм и са едновременно частица и вълна. Вълновата природа на електрона е експериментално потвърдена от Дейвисън и Джермър през 1927 г.. Айнщайн получава Нобелова награда през 1921 г. за работата си над дуализма на фотона и по-специално заради обяснението си на фотоелектричния ефект. През 1929 г. дьо Бройл получава Нобелова награда заради своето предположение, че корпускулярно-вълновият дуализъм е характерен и за други елементарни частици.

Представите за светлината продължават да еволюират и през 1920-те и 1930-те, и достигат своя връх със създаването през 1940-те на теорията на квантовата електродинамика. Квантовата теория на полето е една от най-успешните, от теоретична и експериментална гледна точка. Учените с най-големи приноси в разработването ѝ са Ричард Файнман, Фриймън Дайсън, Джулиан Швингър и Шиничиро Томонага. Файнман, Швингър и Томонага си поделят Нобеловата награда за физика през 1965 г. за приносите си в развитието на квантовата електродинамика и квантовата теория на полето.