

■ 2015 – ГОДИНА НА СВЕТЛИНАТА

Френел и вълновата оптика

Веселин Страшилов

Изминалата 2015 година бе определена от Общото събрание на Организацията на обединените нации за Международна година на светлината. Този избор не бе случаен – ролята на светлината в живота, в развитието на науката и техниката и в цялостното обществено развитие е известна.

The International Year of Light and Light-based Technologies 2015



INTERNATIONAL
YEAR OF LIGHT
2015

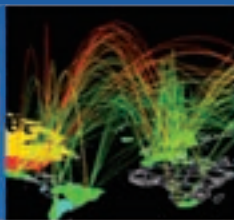
Health

Communications

Economy

Environment

Social



*„Дори признанието на знаменитите колеги
не може да се сравни с удоволствието
от откритата теоретична истина
и експерименталното ѝ потвърждение.“*

Огюстен-Жан Френел



За науката за светлината през вековете годините, отстоящи назад на 50, 100, 150 и т.н., сякаш са белязани с открития. Само да споменем – отбелязваме 1000 години от пионерните творби по оптика на учения Ибнал-Хайтам, известен и с латинизираното си име Алхазен (вж. бр. 4/2015 на сп. „Природа“), 150 години от електромагнитната теория за същността на светлината на Максвел, 100 години от публикуването от Айнщайн на общата теория на относителността, също свързана с представите ни за светлината. Но най-значимото според нас събитие в тази поредица идва през 1815 г. с публикуването от Френел на по същество първия научен труд върху вълновата природа на светлината. Нека да се опитаме да обосновем защо отдаваме такова значение на този голям френски учен и на ролята му за развитието на оптиката през вековете и до днес.

Огюстен-Жан Френел (Augustin-Jean Fresnel) е роден през 1788 г. в консервативно семейство. Остава на този свят само 39 години поради крехкото си здраве, а и вероятно поради трудностите, които го съпътстват неизменно. На осем години все още не може добре да чете, но после бързо наваксва – през 1804 г. вече е инженер по пътно строителство в различни области на Франция. Инженерният му профил (който се проявява по-късно и в областта на изграждането и поддръжката на морските фарове) оказва

влияние върху научната му дейност с изявения му интерес към експеримента като решаващ фактор за признаването на истинността на научния резултат. С оптика всъщност Френел започва да се занимава чак през 1814 г., само година преди пионерната му работа по дифракция на светлината, за която става дума по-долу. Приживе този бележит учен остава непризнат. Упрекват го, че си присвоява резултати, постигнати от други, води битката за вълновата теория практически сам. Търпи и житейски несгоди. След завръщането на Наполеон от Елба заради монархистките си възгледи е уволнен и дори поставен под домашен арест, където вероятно създава най-солидните си творения. След смъртта му започва постепенен процес на реабилитация. Името му е гравирено върху Айфеловата кула, редом с имената на други велики французи. Постиганията му са в основата на редица съвременни оптични приложения. Днес има много почитатели по цял свят, които ревностно отстояват достойното му място в развитието на оптиката.

През октомври 1815 г. Френел пише до Френската академия на науките обширна статия върху своите изследвания по дифрак-

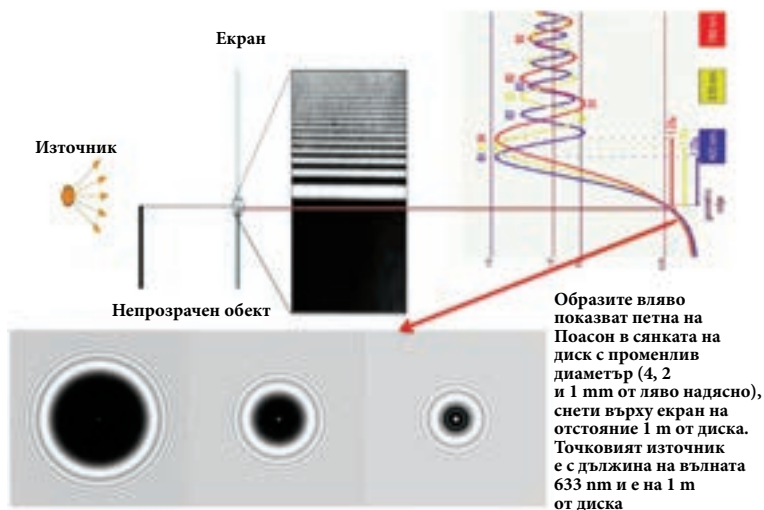
цията на светлината. Още първите редове, които се виждат на приложеното тук копие, сочат обзелата го голяма амбиция – да се противопостави на Нютоновата теория за същността на светлината. В тези времена възгледът на Нютон за светлинните лъчи като съставени от частици (корпускули), които се разпространяват праволинейно и се улавят от чувствителните ни сетива, е неоспорим, въпреки очевидните трудности, които той среща при обяснение на дифракционните явления. В този обширен трактат Френел обосновава теоретично идеята за светлината като вълново явление и на тази основа обяснява цветните дифракционни ивици, появяващи се в сянката на препятствията. Изводите му са подкрепени с множество експерименти, при които проявява впечатляваща находчивост – използва канки от мед като лещи и парче тел като препятствие, поставено на пътя на светлината от ярка звезда като източник. Самият акт на противопоставяне на утвърдените представи е изисквал голяма смелост и решителност, като имаме предвид авторитета на Нютон и факта, че Френел няма много поддръжници в тази битка. Решително се оказва едно състезание, спонсорирано през 1819 г. от Френската академия на науките, за изясняване на светлото петно в центъра на сянката на кръгло препятствие (обяснение е дадено по-долу в текста). Въпреки че в съдийската комисия е имало редица видни поддръжници на Нютоновата корпускулярна теория като математика Симеон Дени Поасон (Siméon Denis Poisson), Френел печели под натиска на неопровержимите факти. Триумфът на вълновата теория за светлината слага началото на редица нови изследвания и представи, част от които са също дело на самия Френел. Например той пръв получава кръгово поляризирана светлина, което го води до извода, че светлината не е надлъжна вълна, както винаги дотогава се е смятало.

Днес е лесно да създадем контрастна дифракционна картина, защото разполагаме с добри монохроматични източници на



Първата страница на знаменития трактат на Френел върху дифракцията

светлина – лазерите. На една дължина на вълната оптичните пътища на лъчите са изчислени и дифракционните максимуми са добре пространствено оформени. В миналото тази задача е била трудна заради широките честотни ленти на тогавашните лампи. На долната фигура виждате разположението на дифракционните ивици върху екран зад непрозрачен обект. Те стоят различно за различните дължини на вълните. Затова при бяла светлина картината е оцветена. Концентричните кръгове се получават в сянката на кръгъл непрозрачен обект. В средата, където лъчите се събират във фаза поради симетрията и еднквите оптични пътища, стои светло петно – обект на спора, довел до гореспоменатото състезание. Поасон е твърдял, че вълновата теория на Френел е грешна, защото предсказва именно такова петно, което не би трябвало да съществува. Затруднен, Френел моли своя колега и приятел Франсоа Араго (Dominique François Jean Arago) да му съдейства при направата на експеримента. Резултатът красноречиво потвърждава наличието на петното, наричано оттогава на името на Поасон – на този, който отричал неговото съществуване. Както отбе-

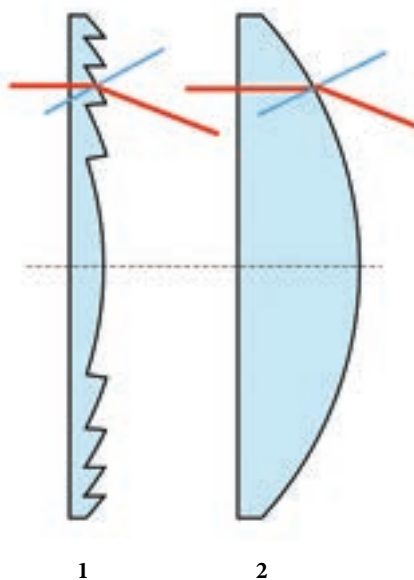


Ивици на Френел Петно на Поасон

Френелови ивици зад непрозрачен екран

лязахме, този момент се явява повратен в разбирането за същността на светлината и вълновата теория бързо добива доминиращ характер.

Остроумното изобретение на Френел – лещата – получава много по-мощно приложение, отколкото вероятно той е очаквал. Принципът е много прост – фокусирането на лъчите се извършва при пречупването им на границата стъкло – въздух чрез отклонението им встрани от нормалата към повърхността. При обикновената леща посоката на нормалата се променя непрекъснато заради сферичната форма на повърхността. Но тази леща не е в състояние да събере широк светлинен поток – би станала твърде голяма, дебела и тежка. Френел я заменя с леща с гофрирана повърхност, върху която са запазени посоките на нормалите в отделните области, но отпада необходимостта от удебеляване. Всъщност Френеловата леща може да се разглежда като съставена от множество тънки кръгови сегменти с различно ориентирани нормали. Така площта на лещата може да се увеличи значително, което да позволи фо-



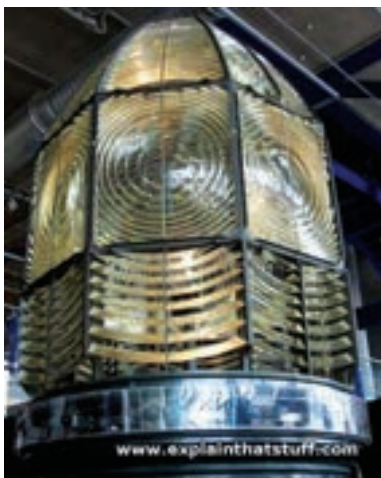
Леща на Френел (1) и обикновена събирателна леща (2)

кусирането на широки светлинни потоци и реализацията на големи плътности на потока на енергията на светлината във фокуса.



Веселин Страшилов е професор във Физическия факултет на Софийския университет. Научните му интереси са в областта на физиката на твърдото тяло, акустиката и оптиката. Понастоящем е пенсионер

Това естествено води до широкомащабни приложения. Първи идват морските фарове. Като инженер, ангажиран с правителствени проекти и дейности, Френел осъществява сериозна дейност по наблюдението и усъвършенстването на фаровете по крайбрежието на Франция. С мощна ксенонова лампа във фокуса и комплект френелови лещи (виж-



Морски фар с френелови лещи

те долу снимката на един експонат в британски музей) се получават успоредни лъчи в светлинни снопове, които достигат големи дистанции (над 15 km). Тази страна от научната дейност на Френел в оптиката спасява през вековете неизброими човешки животи. Иначе тези лещи се използват и понастоящем в редица приложения – проекционни апарати, широкоекранни телевизори, за обработка на метали и т.н.

Идеята на Френел за комбинираното действие на серия вторични източници на светлина, която имаме при лещата, намира израз и в т.нар. Френелови отражатели. На стр. 45 горе (а) виждате една съвременна соларна система за производство на електричество, използваща система от отражатели. Те насочват слънчевата светлина върху приемници с вода, която се изпарява и получената при високо налягане пара задвижва турбината и генератора на електричество. Интересното е, че отражателите се въртят, така че да осигурят фокусировка на лъчите и действие на системата през целия ден, синхронно с движението на слънцето по хоризонта. Важно е да се отбележи, че тези станции от актуалната понастоящем сфера на възобновяемите източници на енергия вече излизат от фазата на разработка и влизат в комерсиално действие, като мощността им никак не е за пренебрегване.

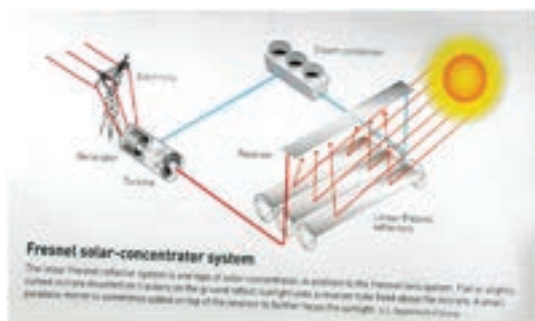
Накрая, за да илюстрираме докрай съвременното звучене на делото на Френел в оптиката, ще споменем един астрофизичен проект, който е замислен за следващите две години. Космичните лъчи, сблъсквайки се с атомите в стратосферата, водят до излъчване на ултравиолетови фотони, които са свързани с температурни ефекти. Идеята е да се изследва това излъчване чрез възможността Френеловите лещи да улавят и броят фотоните чрез широката апертура на изследваните снопове. В един моделен експеримент, който вече е осъществен, балон с поставена такава леща се облъчва със светлина от ултравиолетов лазер, поставен върху хеликоптер. Фотоните са успешно регистрирани с подходящи детектори.

Движещи се дървета

Оказва се, че има такива дървета. Те са от вида *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl. от семейство Arecaceae. Тези палми обитават влажните тропични гори в Средна и Южна Америка: Никарагуа, Панама, Коста Рика, Гвиана, Френска Гвиана, Колумбия, Бразилия, Еквадор, Суринам, Венецуела, Перу и Боливия под 1000 м надморска височина. Стъблото е високо от 10 до 20 м и до 20 см в диаметър. Поддържа се в основата си от многобройни кафяви корени. Листата са дълги от 1,5 до 3,5 см с перести дялове (от 15 до 25) от всяка страна, разцепени по дължина на 2 до 18 сегмента. Съцветията са дълги от 30 до 60 см, разклонени. Излизат от стъблото. Те са гроздовидни и покрити с няколко присъцветни листа. Мъжките цветове са дребни и носят 17 до 65 тичинки. Покрити са от три обвивни листчета. Женските цветове са дълги около 5 мм, зелени на цвят с дъговидна форма. Зрелите плодове са цилиндрични, дълги до 3,5 см, широки до 1,5 см и тъмнокафяви на цвят. Семената са овални, кафяви и дълги 3 см. От тях се изработват гerdани.

Стъблото на тези палми се използва за строеж на къщи и други постройки. Използват се и като тръби. Покритите с игли корени се използват за остързване на кокосови орехи и юка. Вътрешността на кокиловидните корени се използва като афродизиак при мъжете.

Това е може би единственото в света движещо се дърво. Казват, че неговата заплетена система от корени помага на дърветата в движението им към слънчевата светлина, когато се сменят сезоните. Тези дървета могат очевидно да се преместват до 2 – 3 см на ден и до 20 м за една година. Пътеводителите за влажните екваториални гори в страните от Латинска Америка като Еквадор впечатляват туристите със смайващите движещи се растения от десетилетия. Повечето широко разпространени версии на разказите са, че това дърво се движи бавно в



а)



б)

Френелова соларна система (а) и Френелова леща в експериментален модул за броене на фотони в стратосферата (б). Илюстрациите са взети от статията "200 years of Fresnel's legacy" by Patricia Daukantas, published in the 01 September issue of Optics and Photonics News, OSA, 2015

В планирания експеримент, който трябва да се осъществи на Международната космическа станция, се предвижда леща с диаметър 2,5 м да насочи фотоните върху каскада от 6000 фотоумножителя (прецизни детектори, които са способни да регистрират дори отделни фотони). Този мащабен експеримент е най-доброто свидетелство, че делото на Огюстен Френел е живо и в съвременната физика, и ще продължи да вдъхновява изследователите със своята мащабност и дълбочина. ■



търсене на слънчева светлина посредством израстване на нови корени в посока на светлината, чрез отмиране на старите корени. Добавните корени се разделят от стъблото като няколко „крака“ над почвата, създавайки измамката, че дървото „върви“.

Когато почвата е ерозирана, дървото образува нови дълги корени, които намират нова и по-богата почва, понякога на 20 м разстояние, разказва Петер Врсански – палеобиолог от Словашката академия на науките, който живее от няколко месеца в ЮНЕСКО биосферния резерват, намиращ се на няколко дни път от град Кито. Когато корените попаднат в новата почва и дървото сигурно и бавно тръгне в посока на новите си корени, старите корени бавно се издигат във въздуха. Целият процес (вървеж) за дървото по преместването на новото място с по-добра слънчева светлина и повече твърда почва може да продължи две години.

Повечето учени не вярват, че тези дървета могат да се преместват. В статията от 2012 г. „Дървета, които се движат“ в *Live Science* се смята, че това е фантастика. Но дърветата са реални и те наистина могат да се движат. Гералдо Авалос – биолог и директор на Центъра за устойчиво развитие в Коста Рика и един от световните експерти по *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl., е съгласен, че движещите се растения могат да се преместват. „Моята теза доказва, че това убеждение в движещите се палми е вярно. Животът е малка мисте-

рия.“ Туристическите пътеводители разказват това на посетителите на влажните тропични гори. Мит или не, движещите се растения продължават да очароват туристите, посещаващи Еквадор.

Димитър Димитров



С какво се хранят паяците?

Вероятно мнозина от вас, уважаеми читатели, веднага ще кажат: „Що за въпрос, и децата знаят, че паяците са хищници и ловят в мрежите си насекоми и други дребни животни, които изсмукват“. Наистина, във всеки учебник паяците са пример за ненаситни хищници, които плетат и залагат навсякъде различни по форма, големина и сложност паяжинни мрежи, дебнат попадналите в тях жертви и изсмукват вътрешното им съдържание, а на мрежите остават само сухите им хитинени обвивки. Някои видове тропически паяци плетат особено здрави и големи паяжинни мрежи, в които понякога попадат и дребни животни – птици, жаби или дървесни змии. В научнопопулярните филми, а понякога и в някои филми на ужасите често могат да се видят едри космати паяци птицеведи, които нападат не само дребни птици и влечуги, но заплашват и по-едри животни, вкл. и човека.

Всичко това е вярно, но малцина знаят, че и между паяците има доста много видове и цели семейства от тях, които понякога предпочитат растителна диета и се хранят и с различни видове водорасли, гъбен мицел и висши растения. Известно е, че паяците са много голяма животинска група, която обхваща около 30 000 вида, обединени в над 110 семейства и разпространени на всички континенти, с изключение на Антарктида. Склонност към вегетарианство е наблюдавано при около 10 семейства от тях, които не са абсолютни хищници, а се отнасят по-скоро към екологичната категория всеядни животни (Омнивора). Най-често склонност към вегетарианска диета проявяват т.н. паяци скачачи от семейство Томизиде

(Thomisidae), които често се срещат и в България, особено в открити и скалисти местообитания. Някъде ги наричат и паяци раци, поради външната им прилика с криви раци и способността им да се движат не само напред, но и настрани. Случаи на вегетарианство например проявяват и паяците от семейство Clubionidae, които си правят изплетени от паяжини скривалища (мехчета) по листата на растенията и там изчакват жертвите си. Някои видове от това семейство не изсмукват, а направо ядат уловените насекоми, а когато такива няма, преминават и към растителна диета.

Но трябва веднага да поясним, че тези всеядни и склонни към вегетарианство паяци не ядат цели или части от растителните органи – листа, цветове, семена и др., а предпочитат да изсмукват от тях растителен сок, нектар, отделни капчици медена роса или други меки растителни образувания, които намират върху листата или цветовете на растенията. Според белгийски и английски учени, изучавали хранителните диети на паяците, видовете, които обитават топли страни и региони, по-често използват растителна храна в сравнение с техните събратя от хладните географски ширини. Те обясняват този факт с обстоятелството, че растенията от топлинните географски ширини по-обилно отделят нектар или медена роса и за паяците с вегетариански предпочитания намирането на такава „питателна“ храна е по-лесно и достъпно, отколкото преследването и улавянето на животинска храна.

По Journal of Arachnology и Наука и Жизнь

