

РЕВОЛЮЦИИТЕ В ОПТИКАТА

Иван Лалов^{*}

1. УВОД

Едно от библейските начала "В началото бе словото" се отнася до идеите, до мисълта, до духа, до човешкото общуване. Началото на сетивното познаване на света се поставя - също в Библията - с възприемането на светлината. Повечето от нас светлината съпровожда от раждането до гроба, като доставя радост за нашите очи с природната и човешката красота или тъга от тъмата. За човека светлината чрез зрението доставя над 90% от цялата информация за света, придобита от петте сетива. Затова нашият интерес към явленията на оптиката, към свойствата на светлината, е естествен и силен, като датира от древността. Оптиката, като дял на физиката, се развива успоредно с другите дялове - механика, топлина, електричество - но има по-щастлива съдба от други раздели.

Преди всичко, няма друг научен раздел, който да съдържа толкова видима красота: цветни спектри, интерференчни картини, холограми. Оптиката е благодарна за преподаване и изучаване, защото дава отговор на много въпроси, поднесени от всекидневното възприемане на околния свят. Защо телата имат различен цвят, пречупена ли е самата лъжица, потопена в чаша вода или това е само оптична измама, защо източниците на светлина излъчват различно, какво представлява небесната дъга (и дори защо тя е кръгла)? Въпросите могат да се умножат: какви закони описват отражението от огледало, как се получават миражите (например, измамната небесно-синя "водна" повърхност на нагретия асфалтов път), какво е действието на очилата? Защо небето е синьо? Цяло богатство от физични теории и идеи се съдържа в отговорите на тези въпроси. А идеите са скритата красота на науката.

Оптиката има особено място в човешкото познание. Няма друг раздел от физиката, който да е толкова плодотворно поле на научни революции и обрати. Въпросът за природата на светлината изглежда чисто академичен. Частици (корпускули) или вълни - тази дилема се решава отначало по умозрителен път и чрез анализ на ограничен кръг

^{*} проф. дфн, Физ. факултет на СУ "Св. Кл. Охридски"

експериментални факти (отражение и пречупване на светлината). На Нютон и на физиците от 18-ти век изглежда толкова привлекателно да допуснат, че светлинните частици се привличат от по-плътната среда (водата) и затова снопът се приближава към перпендикуляра към повърхността въздух-вода. Привличането на нов кръг оптични явления - интерференция и дифракция на светлината - позволява в началото на 19-ти век да се обърне нашата представа - светлината е вълна, единствено вълновите процеси могат да опишат всички познати до тогава научни факти. Когато през 19-ти век се търси отговор на въпроса какъв е характерът на светлинните вълни, се извършва следващата "научна революция". Максвел изказва хипотезата, че светлината е електромагнитна вълна и осъществява първото във физиката "велико обединение": електричеството, магнетизмът и оптиката, три съвършено отделни дотогава раздели от физиката, имат обща база, а основните закони се съдържат в една проста система от уравнения - уравненията на Максвел. Но дори тази толкова важна крачка в човешкото познание - разбирането за единството на явленията и законите от електричеството, магнетизма и оптиката - се оказва само стъпка към раждането в началото на 20-ти век на квантовата физика. Отново оптични явления поставят въпросите: как може да бъде обяснено температурното излъчване на елата? Как се поглъща светлината - като водна струя или на цели порции - кванти? При търсенето на отговори на тези въпроси в началото на 20-ти век се ражда квантовата физика и се разкрива двойната природа на светлината - електромагнитна вълна (в явленията интерференция, дифракция, отражение и пречупване) и частица - фотон- при поглъщане и излъчване. През първата половина на нашия век идеите, родени в оптиката, обхващат цялата физика на частиците, а при преподаването на квантовата физика оптиката си остава досега най-привлекателната илюстрация.

По-нататъшното изложение обхваща трите научни революции в оптиката: а) контрапункта светлина - вълна или светлината - сноп частици; б) светлината - електромагнитна вълна; в) раждането на квантовата физика в оптиката. Идейното съдържание на тези революции представлява смяна на научните парадигми във физиката, но те моделират и нашите познания за развитие на новите идеи в естествознанието. Накрая не бих искал да отмина и основните изменения в оптиката в ерата на лазерите.

2. ИЗБОРЪТ НА МОДЕЛА – КОРПУСКУЛЯРНА ИЛИ ВЪЛНОВА ТЕОРИЯ ЗА СВЕТЛИНАТА

Всяко поколение страда от исторически егоцентризъм - илюзията, че неговото време е автентичното начало. Замаяни от необикновено бързото и широко развитие на науката през 20-ти век, ние търсим примери за динамично развитие за научните идеи именно от съвременността. Но двете основни научни хипотези за природата на светлината се раждат преди повече от три века едновременно, в течение на около 15 години - 1660 - 1675 гг. През тези години Нютон създава корпускулярната теория, холандецът Хюйгенс и англичанинът Хук - вълновата хипотеза, а последователно са открити дифракцията и интерференцията на светлината (Грималди и Хук), дисперсията на светлината (Нютон), двойното пречупване на светлината. Ако не са революционни, тези години са взривни в историята на оптиката.

Времето на Галилей и Нютон е време на механиката. В описания период Нютон вече е открил закона за гравитацията и знае законите на динамиката, а публикуването на основния му труд "Математични принципи на натуралната философия" (1687 г.) се препятства от "малка" подробност - необходимо е да се открие диференциалното и интегрално смятане. Близко до мисленето е да се смята, че светлината се състои от частици, които се подчиняват на механичните закони. Най-силният аргумент е праволинейното разпространение на светлината в хомогенни среди - очевиден факт при нашите наблюдения. Законите на механиката могат да обяснят отражението и пречупването на светлината на границата на две среди с различна плътност. Различните цветове се свързват с различни частици - корпускули, които остава неизменни при своето разпространение, при привличане и отблъскване с частиците на материята. В оптиката Нютон се проявява като много силен експериментатор - той конструира първия отражателен микроскоп, наблюдава дисперсията (разлагането) на светлината от призма. При своите опити Нютон наблюдава едно чисто интерференчно явление - нютоновите светли и тъмни пръстени, които се редуват концентрично от мястото на допирането на плоска пластинка и сферична леща. Със своята корпускулярна теория Нютон може да обясни само сумирането на интензивностите, т.е. светлите кръгове. Тъмните кръгове съвършено основателно Нютон свързва с периодичността на светлината. Със силата на научната си интуиция, като признава реалността, Нютон

достига до идеята за сложния характер на светлината корпускула - вълна, изпреварвайки и своите съвременници - опоненти, и с повече от два века - цялото развитие на физиката.

Вълновата теория създават почти независимо един от друг Хюйгенс и Хук. Хюйгенс издига и свой принцип, основа на теоретичното описание на светлинните вълни: всяка точка, до която достига светлината, става източник на сферични вълни, а фронтът на светлината във всеки момент е обвивката на тези сферични вълни. С този принцип Хюйгенс без труд обяснява пречупването и отражението на светлинните вълни. Съвременникът и опонент на Нютон Р. Хук успява да включи вълновите представи при обясняването на различните цветове на тънки пластинки (например, бензинови или маслени ципи над водната повърхност). Но нито Хюйгенс, нито разностранно надареният Хук - физик, астроном, архитект - не достигат до фундаменталното свойство на светлинните вълни - те предизвикват трептения във всяка точка, до която достигат, а не само единично разтрептяване на средата като цяло. Именно на тази база могат да се разберат онези две явления - интерференцията и дифракцията - характерни само за вълните.

Що се отнася до средата, която трепти или се вълнува, физиците от 17-19 век нямат съмнения - това са механични движения на етера. Това е среда, която запълва пространството и телата, но не е пречка за движението на телата, нито пък е видима, освен нейните трептения - светлинните вълни. Много странни свойства притежава тази среда. Тя дори прелъстява Нютон да изостави своята позиция "Hypotheses non fingo" - "не измислям хипотези". Той започва да говори за трептения на етера, предизвикани от светлинните частици - корпускули, особено на границата на две среди, с които обяснява нютоновите пръстени.

И така, през годините 1660 - 1680 физиците имат свободата да избират между две теории за същността на светлината - корпускулярната и вълновата. Това е сравнително рядка ситуация във физиката. И двете теории съществуват, те обясняват значителна част от известните оптични явления. Търпеливият и методичен учен Нютон и артистичният Хук спорят в защита на своите теории при обяснение на оптичните експерименти, направени от всеки от тях, а също от други учени. Полемиката се води и по повод на публикувани или предстоящи за публикуване статии. Сега ние знаем, че кръгът явления, наблюдавани по това време, адекватно се описва от вълновата теория. Може да се съжالياва, че тази гледна точка не успява да стане

общоприета през 17-ти век. Това значително би ускорило развитието на оптиката. Вместо това до началото на 19-ти век господства корпускулярната теория. Защо по-адекватният модел не се приема, а остава да чака своя час почти век и половина? Ще изтъкна две причини. Първата - ролята на авторитетите в науката. Корпускулярната теория е изградена и защитавана от Нютон, който със своите "Математични начала" предопределя развитието на механиката до началото на 20-ти век. Нютон написва своите трудове по оптика логично и убедително, подкрепя ги с интересни и важни експерименти.

Вторият род причини е свързан с конкретното развитие на "правилната" гледна точка - вълновата теория. Нейните привърженици Хюйгенс и Хук не успяват да направят важни развития на теорията - от една страна липсват им разбирането на вълновото движение като трептения на всички точки, които то обхваща. От друга страна, те не достигат до важна особеност, която характеризира вълновите движения - при сумиране на две и повече вълни те взаимно си влияят и резултатът може да е конструктивен - усилване на сумарната вълна, или деструктивен - взаимно загасяване. Тези два извода обясняват интерференцията и дифракцията на светлината - явления, известни от експерименти, включително - нютоновите пръстени. През 17-ти век не е съществувал още математическият апарат за количествено описване на двете явления, но качествено разбиране на вълновата оптика е било достъпно на Хюйгенс и Хук. И двамата не достигат до него по субективни причини.

Ще отбележа отново, че Нютон издига идеята за научния компромис в оптиката - корпускулярно-вълнова хипотеза - за двата вида светлинни явления - едни, обяснявани с корпускулярни идеи, други - с периодичността на светлината. За периодичността Нютон пише, че "тази хипотеза е значително по-близка до неговата (на Хук) теория, отколкото той мисли че е. Трептенията на етера са еднакво необходими и в двете теории". Съвременната физика намира корпускулярно-вълнов дуализъм на светлината в свършено друг кръг от явления, а не в от разгледаните от Нютон. Но авторството на идеята - светлината като вълна и като частица - принадлежи на Нютон.

3. ПЪРВАТА РЕВОЛЮЦИЯ

През 18-ти век в оптиката доминира схващането, че светлината е сноп от частици. Около 1800 г. учени успяват да пресметнат какво би трябвало да е отклонението на тези частици в гравитационното поле на Слънцето. Но в следващите две десетилетия става обрат - по-убедителна, господстваща става научната представа за светлината като вълна. Това се осъществява с реализиране на тънки експерименти и с допълване на вълновата картина с онези черти, които не успяват да обрисуват нейните създатели Хюйгенс и Хук. В началото интерференчна картина - редуващи се светли и тъмни ивици - от два тънки процепа наблюдава англичанинът Т. Юнг. Новият идеен момент е разбирането, че тези два процепа - два елементарни източника на светлинни вълни трябва да излъчват свързано, кохерентно. Юнг реализира това гениално просто - облъчва ги през един единствен тънък процеп. Това слага началото на цяла серия експериментални постановки, при които се наблюдава интерференция, а всъщност и дифракция - отклонение на светлината от праволинейното разпространение.

При интерпретацията на тези типично вълнови явления, решаващ принос прави френският физик О. Френел. Той приема представата, че периодичното движение обхваща всяка точка, до която достигат вълните, и което е по-важно, допълва принципа на Хюйгенс - отделните точки трептят свързано, а излъчените от тях елементарни вълни интерферират. Френел разработва математична методика за пресмятане на интензитета на картината в различни места на сянката на непрозрачни предмети (дифракция) или в различни области зад прав или кръгъл отвор. Разбирането на явленията интерференция и дифракция е важна победа на вълновата теория. Френел успява да обясни праволинейното разпространение на светлината чрез вълновата теория, като използва своята методика. Така основният аргумент на Нютон и неговите последователи в полза на корпускулярната теория отпада. Френел достига до още няколко важни извода, от които ще спомена два: а) разбирането, че светлинните вълни са напречни, т.е. трептенията във всяка точка са перпендикулярни на посоката на разпространението (преди Френел и Юнг изказва същата хипотеза); б) извежда от вълновата теория формулите за интензитета на пречупените и отразени вълни на границата на две среди.

Развитието на вълновата теория на светлината е свързано с един действителен и почти анекдотичен случай. По време на доклад на Френел пред френската академия на науките Поасон изтъква един "очевиден" според него контрааргумент - ако е валиден принципът на Хюйгенс-Френел, би трябвало центърът на сянката на кръгъл непрозрачен диск да е светло петно. До този център елементарните светлинни вълни, излъчени от областите около диска, достигат с еднакви фази и се сумират. Почти веднага Араго реализира този опит и наблюдава светлото петно в центъра на сянката. Това е блестящо потвърждение на френеловите възгледи. Светлото централно петно в сянката на тъмен диск досега се нарича петно на Поасон.

Изграждане на цялостна представа за оптичните вълни и обясняването чрез вълновата теория на най-важните оптични явления, наблюдавани до първата четвърт на 19-ти век, маркират резултатите от първата революция в оптиката. Бих искал да отбележа, че тази научна революция е резултат не от гениално хрумване, идея или дори от модел, а от създаването на нова научна област - вълновата оптика.

4.ЕЛЕКТРОМАГНИТНАТА РЕВОЛЮЦИЯ

В средата на 19-ти век малко неочаквано намира решение въпросът за характера на светлинните вълни - те се оказват електромагнитни.

Развитието на учението за електричеството и магнетизма се ускорява от края на 18-ти век с опитите на Кулон, Галвани, Ампер, Ом. Открива се и се изследва количествено несъмнената връзка между електричните и магнитните явления, най-напред от датския учител и професор Оерщедт, наблюдавал магнитното поле на електричния ток, а после - чрез откриването на електромагнитната индукция от английския физик Фарадей. Той разбира, че нито електричеството, нито магнетизмът съществуват отделно, а са един обект. Най-важната заслуга на Фарадей е осмислянето на електромагнитното поле като нова физическа реалност - нещо отделно и самостоятелно от неговите източници - електричните заряди и токове. Полетата във физиката след Фарадей играят поне толкова важна роля, колкото веществото в различните му форми. Завършена форма на законите за електромагнитното поле придава английският физик-теоретик Дж. Максвел, написал през 1864 г. знаменитата система от уравненията на Максвел, изразила чрез четири равенства основните познания на

физиците за електричеството и магнетизма. Само по себе си това развитие - обединяването на електричеството и магнетизма, написването на система от уравнения, която изразява закономерностите на електромагнетизма, и най-вече определянето и осмислянето на понятието поле - е важна научна революция.

През следващата 1865 г. Максвел прави още две открития от най-голяма важност за човешкото знание и практика. Най-напред той показва, че уравненията на Максвел имат решения, които описват електромагнитни вълни. Електричното и магнитното поле могат да се менят свързано във всяка точка на пространството, а техните трептения се пренасят с крайна скорост в съседните пространствени области. Скоростта на разпространение на електромагнитните вълни може да се пресметне като се използват данните от независими едно от друго измервания на електрични сили и на магнитни сили (например, силите на взаимодействие между два точкови заряда, и от друга страна, силите на взаимодействие между два проводника, по които протичат токове). Никой до Максвел не е наблюдавал електромагнитни вълни, но наличните данни от измервания на сили му позволяват да пресметне тяхната скорост, ако такива вълни въобще съществуват (електромагнитни вълни, получени експериментално от немския физик Херц, се наблюдават около 20 години по-късно, вече след смъртта на Максвел).

Второ важно откритие Максвел прави като сравнява тази скорост на предполагаемите електромагнитни вълни с измерената съвсем отделно скорост на светлината. Двете скорости са много близки, би могло да се каже, че те съвпадат. Оттук Максвел заключава: светлинните вълни са електромагнитни вълни! "Ние трудно можем да избегнем извода, че светлината представлява трептение на същата среда - етер, - която е причина за електричните и магнитните явления." Макар да остава в плен на картинните представи на светлината като механични трептения на етера, Максвел разбира общата идейна база на електромагнетизма и оптиката. Разбира се, че е възможно, макар и малко вероятно, случайно съвпадение на скоростта на светлината със скоростта на електромагнитните вълни (във вакуум тези скорости са около 300 хиляди километра в секунда). Максвел има предвид и друго общо свойство на светлинните и електромагнитните вълни - и двата типа са напречни вълни. А още през 1846 г. Фарадей наблюдава т.нар. ефект на Фарадей, който дава указания за влиянието на магнитното поле върху светлинните вълни при разпространението им в някои

вещества. Електромагнитната революция в нашите възгледи за светлината има като свое основание философското разбиране за единен характер на природните явления и на закономерностите, които ги описват.

От гледище на физиката, в частно-научен смисъл, най-същественият извод от електромагнитната теория е разбирането, че светлината представлява променливо електромагнитно поле с дължина на вълната в определен интервал- от 400 до 760 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Електромагнитни вълни с по-голяма и по-малка дължина на вълната съществуват, но те не се възприемат от човешкото око. Променливото електромагнитно поле на светлината предизвиква трептения на електричните заряди във веществото с честота равна на честотата на електромагнитното поле. При трептенията на електричните заряди могат да се излъчват, от своя страна, светлинни електромагнитни вълни. Електромагнитната природа на светлината поставя въпроса за взаимодействието на светлината с веществото, при което светлината се излъчва, поглъща или разсейва. За разглеждането на тези процеси са необходими и конкретни модели за строежа на веществото в различните му форми. Така електромагнитната теория за светлината подготвя базата за следващото развитие на физиката.

От гледище на развитието на човешкото познание електромагнитната революция, извършена от Максвел, е класически пример за обединяване на знанията от различни раздели на физиката в единна система, описвана с едни и същи няколко на брой основни закономерности. Това е вечен стремеж на физиците, а и въобще на учените. При невероятното разрастване на познанията във физиката досега са открити четири основни взаимодействия: гравитационно, електромагнитно, силно и слабо. Последните 30 години от своя живот Айнщайн неуспешно се стреми да опише с единна система уравнения гравитационното и електромагнитното поле. Сега съществува единна теория на електромагнитното и слабото взаимодействие, създадена през 1967 - 70 гг. от Вайнберг, Салам и Глешоу. Мечтата на физиците е да се включат в такива единни теории и останалите взаимодействия - силно и гравитационно, като се достигне до т.нар. велико обединение. Концептуалната база на тези изследвания е обединението на електричеството, магнетизма и оптиката, реализирано от Максвел.

4. ОПТИКАТА – РОДНО МЯСТО НА КВАНТОВАТА ФИЗИКА

Развитието на нашите знания за светлината през 19-ти век логично върви от процесите на разпространение на светлината, придружено от явленията пречупване, отражение, интерференция, дифракция, към процесите на излъчване и поглъщане на светлината от веществото. Именно при изследване на тези процеси през последната третина на века се подготвя базата за най-интересната и вълнуваща революция в оптиката. Тя се извършва в началото на нашия век и нейният резултат определя облика на цялата съвременна физика, която е квантова физика.

Тази революция не е желана от физиците, които я извършват. През 80-те -90-те години на миналия век физиката изглежда почти завършена наука - изградени са стройните научни системи на механиката, термодинамиката и електродинамиката (след Максуел), изгражда се статистическата физика. Разбира се, очаква се по-нататъшно разширяване на познанията за строежа на веществото, но принципните основи на физиката изглеждат установени завинаги. Подобно предупреждение получава от своя професор немският физик М. Планк в началото на своята кариера

Решаването на проблема за излъчването на светлината продължава около 40 години и започва с формулиране на понятието за излъчвател - "абсолютно черно тяло". Най-разпространените светлинни източници около нас са нагретите тела - Слънце, огън, електрична крушка. При повишаване на температурата нагретите тела не само излъчват по-интензивно, но и се променя цветът на излъчването - от червено, жълто, до синьо и бяло при по-високи температури. Проблемът за спектъра на излъчването има практическа страна - какви източници и до каква температура да ги загряваме. За да се фиксират свойствата на излъчвателя се разглежда теоретично и се моделира тяло, наричано абсолютно черно, което поглъща изцяло попадналото върху него електромагнитно лъчение. Най-близко до абсолютно черно тяло е Слънцето. Научният проблем, който трябва да се разреши е: какво лъчение излъчва абсолютно черното тяло при нагряване? Спектралният състав на лъчението се изследва експериментално през 90-те години на миналия век. Теоретичното изследване се извършва с добре развитите методи - на термодинамиката и на статистическата физика, които по това време се

прилагат с успех в много области. Термодинамиката позволява да се получат интересни зависимости налъчението от температурата, които се потвърждават експериментално - законите на Стефан-Болцман и на Вин. "Катастрофата", наречена ултравиолетова, настъпва при опитите да се получат теоретично спектралните криви. Без никакви основания за съмнение нито във физическите основи, нито в прилаганите математични методи, се получава абсурден резултат. Почти едно десетилетие се търси причината, търсят се по-конкретни модели на веществото, правят се всевъзможни опити да се напаснат измерените спектри на абсолютно черно тяло с аналитични изрази, получени по-скоро чрез досещане, отколкото чрез тогавашните методи на теоретичната физика. През 1900 г. именно по такъв полуемпиричен път М. Планк извежда формула, която добре описва спектралните криви. При интерпретацията на тази формула М. Планк разбира причината за проблемите - необходимо е да се излезе извън принципите на класическата физика. Трябва да се предположи, че светлината, а също другите електромагнитни вълни се излъчват на порции с точно определена енергия, наричани фотони или кванти. Това рязко противоречи на теорията за светлината като електромагнитни вълни. Такъв резултат Планк докладва на 14.12.1900 г. на заседание на Немското физическо дружество в Берлин. Този ден се смята за първия ден на квантовата физика. Интересни са докладите на Планк през 1900 г. Самият той не иска да приеме новата хипотеза, затова обясненията му имат характер почти на извинения - хипотезата за светлинните кванти му се струва изкуствена, но само чрез нея се достига до верния резултат, съвпадащ с експерименталните резултати. Квантовата хипотеза се ражда в развитието на физиката под напора на експеримента, след упорито и неуспешно преследване на теоретични обяснения в рамките на класическата физика, като нещо не търсено и нежелано.

И така, към добре известните свойства на светлината, които я характеризират изключително като електромагнитна вълна, се добавя нов резултат: светлината се излъчва като частица - на кванти. Този факт пет години по-късно Айнщайн допълва с още една хипотеза: светлината се поглъща също на порции, със същата енергия на кванта. Такава хипотеза е необходима на Айнщайн, за да обясни законите на фотоефекта - явление открито през 1887 г. от Херц, което се състои в избиване на електрони от повърхнината на метали при осветяване. Електромагнитното поле на светлината може да разтрепти електроните

и да ги ускори до излитането им от метала. Но за тази цел то трябва да действа продължително, а фотоефектът започва веднага след осветяването. Този факт, а също другите наблюдавани закономерности при фотоефекта, не се подават на обяснения от вълновата теория. Затова пък предположението, че светлината се поглъща като частица - същата частица, която е излъчена от източника, позволява да се получи естествено и точно обяснение на фотоефекта. В развитието на квантовата теория Айнщайн прави следващите крачки след Планк - той не смята, че квантите са удобен метод за пресмятане и за обяснение на експеримента, а са реални светлинни частици с определена енергия. Айнщайн получава Нобелова награда за физика през 1921 г. именно за обяснение законите на фотоефекта, докато несъмнено по-известните му изследвания по теория на относителността са маркирани зад формулировката "за важни физико-математически изследвания".

В началото на века се възражда Нютоновото предположение, че светлината демонстрира свойства и на вълна и на частица. В най-важните явления при разпространението на светлината тя се проявява като електромагнитна вълна. Но се излъчват и се поглъщат светлинни частици с определена енергия, импулс, момент на импулса. Такива двойствени прояви се характеризират с термина корпускулярно-вълнов дуализъм. Той трябва да се схваща като същностно свойство на светлината, а не като странна особеност. Корпускулярно-вълновият дуализъм се проявява при всички микрочастици, не само при фотоните. Така електроните се излъчват при фотоефекта или от нажежена жичка като частици с точно определена маса и електричен заряд. Но самите те могат да дифрактират или да се използват в електронния микроскоп като електрони - вълни, с които се наблюдават обектите. Вълновите свойства на микрочастиците се откриват през двадесетте години и са указател за квантовата природа на микрообектите. По такъв начин квантовата теория за светлината е само първата крачка към съвременната квантова физика.

Как трябва да се прецени революцията в оптиката, довела до квантовата теория за светлината?

В частнонаучен смисъл новите знания за светлината променят и оптиката и физиката въобще. Взаимодействието на светлината с атомите, молекулите, твърдите тела и т.н. се осъществява с обмен на кванти, а не непрекъснато. Квантовите свойства на микрообектите водят до развитието през 20-ти век на нова физика - квантовата,

запазила основни идеи от предишната класическа физика и изменила неимоверно нашите понятия и представи за физическия свят.

В теорията на човешкото познание квантовата революция е знак за необходимостта да се приемат физическите, природните и др. обекти без предубежденията на досегашните ни знания. Съществуват случаи, когато налагането на предубежденията прави проблема принципно нерешим. Квантовата физика променя философията на естествознанието, което е отделна обширна и невероятно интересна тема.

5. ОПТИКАТА В ЛАЗЕРНАТА ЕРА

Лазерите са резултат от развитието на квантовата физика. За разлика от обикновените източници на светлина лазерите излъчват кохерентно, т.е. всички атоми и молекули в лазера излъчват в един и същ интервал от време фотони с една и съща поляризация (посока на електричното поле). Общото електрично поле на лазерния сноп може да бъде толкова голямо, че да е сравнимо с електричните полета вътре в атомите. Лазерите съществуват от 1960 г. и могат да се смятат за източници на "подредена" светлина, а не на хаотично некохерентно лъчение, каквато е например светлината от топлинните източници. Тези свойства на лазерното лъчение го правят много удобно за различни приложения в науката, техниката и бита. В някои случаи, като холографията, оптичното пренасяне на информация и връзки, опитите по лазерен управляем термоядрен синтез и др., единствено кохерентното лъчение на лазерите може да донесе търсения ефект. Използването на лазерите е в основата на нови части на физиката - лазерна физика, нелинейна оптика, а също на химията, медицината и т.н. Двадесетият век може да се смята и време за нарастващи приложения на оптиката в различните ѝ модификации. Тази тенденция още повече се отнася и до идващото столетие.

Доколкото предмет на настоящото слово е развитието на възгледите за природата на светлината, а не приложенията на оптиката, ние няма да правим преглед на развитието на линейната или нелинейната оптика през втората половина на века. Ще споменем само един род изследвания, които в бъдеще могат да доведат до принципно нови познания за светлината. Става дума за ултракъсите, т.нар. фемтосекундни импулси, предмет на изследвания през последните 10-12 години. В лазерната физика става възможно да се получават все по-

къси импулси и да се наблюдава тяхното разпространение и въздействие върху веществото. Достигането до фемтосекундни импулси (10-15 s) означава, че за времето на един импулс променливото електромагнитно поле описва една единствена синусоида, за разлика от обикновените източници, при които един квант съдържа около $1 \div 10$ милиона синусоиди. На езика на квантовата оптика ултракъсите импулси означават експерименти не със стационарни "вечни" фотони, които имат неограничено време на живот, а с фотони с много кратко време от излъчването им до края на импулса. Фотоните с ограничено време на живот не са кванти на един-единствен цвят, т.е. не съответстват на една-единствена честота, а на цял интервал от честоти, толкова по-широк, колкото по-малко е времето на живот. Проблемът, който няма засега отговор в оптиката, е: къде е пределът на скъсяване на импулсите? Може би при още по-къси импулси въпросът за съотношенията между вълновите и корпускуларните прояви на светлината ще има принципно нови черти, различни от известните ни в стационарната оптика. Не бих искал да издигам хипотези.

Засега фемтосекундните импулси намират значително приложение за изучаването на свръхбързи процеси в атомите, в твърдите тела и в биологични структури.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

През тази есен за първи път слушах операта на Чайковски "Йоланта". Нейното романтично либрето звучи като притча, но има косвено отношение към обекта на словото - Светлината. Героинята е сляпа царска дъщеря, която не подозира, че е сляпа. Всички около нея се грижат да не узнае за своя недъг и поддържат нейния изкуствен свят. Дори случайното разкриване на истината, че освен нейния свят съществува и свят видим, не я изважда извън рамките на живота ѝ - тя не знае какъв е видимият свят, никога не се е срещала със светлината. За да се появи шанс да прогледне, арабският лекар се нуждае от нейното силно желание за това. Въпросът е как да мотивира Йоланта да желае да види Слънцето. В операта това се постига с аргументи извън измерението "виждам - не виждам" - това е желанието на Йоланта да спаси живота на любимия човек.

Пред всички, които се занимават с образование и възпитание на млади хора, стои подобен проблем - от коя област, рационална или

емоционална, трябва да са нашите средства, за да мотивираме студентите или учениците да видят света, неговата реалност, да гледат трезво проблемите и недостатъците му. Как да ги накараме да се заинтересуват от науката, да почувстват "светлината" ѝ и науката като тежка професия? Собствен морален проблем на учителя е дали си струва да мотивира силно учениците да прогледнат и с какви средства да прави това.

Мое убеждение е, че по-добре е човек да е зрящ за проблемите, за светлината и за тъмнината. А средството за мотивиране на човека, когото уважаващ, е едно - истината. Само истината може да бъде единственото средство за мотивиране на широки социални слоеве да "прогледнат" за реалните проблеми - трудни и неизбежни - на изгражданото у нас гражданско общество, а също за перспективите на това общество.

От друга страна, историята на оптиката е част от красотата на физиката и сама може да бъде мотив за интерес към науката.

През пролетта на необикновената 1996 г. българските физици проведохме конференция за преподаването на оптиката в средните и висшите училища. По време на конференцията изпитах, надявам се, не само аз, радостта от професионалната среща със знанията и идеите на този толкова важен дял от физиката. Дано съм успял в няколкото кратки очерка от историята на оптиката да разкажа поне отчасти и на непрофесионалистите, които не се занимават с оптика, колко интересно развитие имат идеите в оптиката, как в това развитие се пречупват етапите на човешкото познание и как оптиката, от своя страна, влияе върху цялата физика и върху природознанието.

