

Įvadas

Optika yra mokymas apie fizikinius, t. y. gamtos, reiškinius, susijusius su trumpųjų elektromagnetinių bangų, kurių ilgis ($10^{-4} \div 10^{-9}$) m, sklidimu ir sąveika su medžiaga.

Pradžioje optika apsiribojo elektromagnetinių bangų nagrinėjimu regimoje spektro srityje (360 nm \div 750 nm). Šiuolaikinė optika nagrinėja plačią spektro sritį šalia regimosios: ultravioletinę (įskaitant ir minkštuosius rentgeno spindulius) ir infraraudonąją sritį iki milimetrinių radijo bangų. Optikos skirtumas nuo kitų fizikos skyrių, susijusių su elektromagnetiniu spinduliavimu, yra ne tiek nagrinėjamųjų bangos ilgių diapazone, kiek savitų optinių tyrimo metodų visumoje.

Optika nagrinėja šviesos sklidimą įvairiose terpėse, šviesos spinduliavimo ir sugėrimo dėsnius, o taip pat įvairius šviesos poveikius medžiagai. Banginė šviesos prigimtis aptikta anksčiau negu nustatytas faktas, kad šviesa suprantama kaip elektromagnetinė spinduliuotė. Iš tikrųjų, daugelis reiškinių sklindant šviesai gali būti suprasti tik skersinių bangų įvaizdžiais nepriklausomai nuo jų elektromagnetinės prigimties. Tokių reiškinių (šviesos difrakcija, interferencija, poliarizacija) visuma vadinama *bangų optika*.

Kitokie įvaizdžiai sudaro *geometrinės optikos* pagrindą.

Fiziologinėje optikoje (spalviniame regėjime) svarbūs yra žmogaus akies imlumo (reakcijos) dėsniai.

Fenomalią šviesos elektromagnetinę teoriją, kurioje terpė nusakoma makroskopiniais parametrais (t. y. materialiais parametrais – dielektrine skvarba, magnetiniu jautriu, laidumu ir t. t.), leidžia gana išsamiai aiškinti tokius optinius reiškinius kaip šviesos atspindys ir lūžis dviejų terpių sandūroje, šviesos sklidimo ypatumus kristaluose, optiškai aktyviose terpėse, metaluose. Tai *kristalų optika*, *optinis aktyvumas*, *metalų optika*. Ši teorija, pagrįsta Maksvelo (*Maxwell*) lygtimis, nusako ryšį tarp makroskopinių medžiagos parametrų ir atomų bei molekulių savybių. Iš to išplaukia, kad šviesos sklidimo tyrimai yra svarbi medžiagos sudėties nustatymo priemonė.

Optinių reiškinių visuma, iš kurių sužinoma apie molekulių savybes, apjungiamą *molekulinės optikos* pavadinimu. Jiems priklauso šviesos dispersija, šviesos sklaida, optinis aktyvumas, Kero (*Kerr*), Štarko (*Stark*), Zėmano (*Zeeman*), Faradėjaus (*Faraday*), Komptono (*Compton*) reiškiniai.

Terpes nusakyti dydžiais, nepriklausančiais nuo išorinio lauko, galima tik esant pakankamai silpniems laukams. Tačiau kartais išorinis elektromag-

netinis laukas iš esmės pakeičia atomų, molekulių, jonų lygmenų užpildą ir netgi jų poliarizuojamumą. Tai sukelia eilę savitų reiškinių (pvz., sugerties koeficiento mažėjimą, pereinančiosios terpę šviesos dažnio mažėjimą ir kt.), kurie jungiami terminu „*netiesinė optika*“. Ypač ji ryški galinguose laukuose naudojant lazerius (optinius kvantinius generatorius).

Spektroskopija – svarbus optinis metodas, tiriantis atomų, molekulių bei kristalų spektrus ir teikiantis plačią informaciją ne tik apie atomų bei molekulių savybes, bet ir apie jų tarpusavio sąveikas.

Labai svarbūs yra bandymai, susiję su šviesos greičio nustatymu vakuume ir įvairiose, tame tarpe ir judančiose, terpėse. *Judančiųjų terpių optika*, ypač Maikelsono (*Michelson*) eksperimentas, buvo vienas iš reliatyvumo teorijos eksperimentinių pagrindų.

Elektromagnetinė šviesos teorija atsirado ilgalaikio požiūrio į šviesos prigimtį vystymosi rezultate. Jos pradininku buvo *bangų teorija*, kurioje šviesa nagrinėjama kaip elastinis trikdys, sklindantis hipotetinėje terpėje – eteryje. Frenelio (*Fresnel*) ir įžymių praeitųjų šimtmečių fizikų darbuose ši teorija pasiekė labai aukštą tobulumą, bet tuo pačiu joje išryškėjo ir principiniai sunkumai. Tai pasireiškė visų pirma tuo, kad norint paaiškinti stebimus optinius reiškinius eteriui teko priskirti egzotines ir prieštaraujančias savybes, nesuderinamas su mechanikos dėsniais.

Išanalizavęs Faradėjaus tyrimus elektrinių ir magnetinių reiškinių srityje, Maksvelas suformulavo elektrodinamikos lygčių sistemą. Svarbiausia iš jų išvada yra ta, kad gali būti elektromagnetinės bangos, kurios vakuume sklinda greičiu lygiu elektrodinaminės konstantos c vertei. Nustatytas (elektriniais matavimais c vertė gauta 1856 m.) elektromagnetinių bangų greitis sutapo su šviesos greičiu vakuume. Šis sutapimas Maksvelui iškėlė mintį, kad šviesa yra elektromagnetinės bangos.

Taigi nežiūrint į akivaizdžius skirtumus tarp įvairių elektromagnetinių bangų diapazono sužadavimo ir registravimo būdų, visos šios bangos yra vieningos prigimties ir jų sklidimo dėsningumai aprašomi tomis pačiomis diferencialinėmis lygtimis – *Maksvelo lygtimis*.

Optiniai tyrimai – tai visų pirma šviesos sąveikos su medžiaga tyrimai. Yra trys šios sąveikos nagrinėjimo lygiai: 1) *klasikinis*, 2) *pusiau klasikinis* ir 3) *kvantinis*. Pirmajame lygyje optinė spinduliuotė vaizduojama kaip šviesos spinduliai arba atitinkamo ruožo elektromagnetinės bangos, o medžiaga nusakoma ištisinės aplinkos mechanikos, termodinamikos, klasikinės elektrodinamikos įvaizdžiais. Kitaip tariant šiame lygyje tiek šviesa, tiek ir medžiaga nagrinėjama klasikinės fizikos rėmuose.

Pusiau klasikiniame nagrinėjime kvantuojama medžiaga, išlaikant klasikinę šviesos sampratą: klasikinės šviesos bangos sąveikauja su atomų ir molekulių kolektyvais. Įskaitoma atomų ir molekulių energinių lygmenų struktūra. Kristalų energinės zonos, įvairių kvantinių būsenų užpildos statistika.

Kvantiniame nagrinėjime kvantuojama ne tik medžiaga, bet ir spinduliuotė. Jei nagrinėjant šviesos sąveikas su medžiaga klasikiniame ir pusiau klasikiniame lygiuose įskaitoma tik banginė šviesos prigimtis, tai klasikiniame lygyje pasitelkiamos ir dalelinės (kvantinės) savybės. Tai atitinka perėjimui nuo klasikinės optikos, bendraujančios su spinduliais ir šviesos bangomis, prie optikos, vadinamos *kvantine optika*.

Kvantinė teorija gerokai paveikė įvaizdžius apie šviesos prigimtį. Šioje teorijoje laisvas elektromagnetinis laukas suprantamas kaip dalelių, vadinamų *fotonais* arba *šviesos kvantais*, visuma. Klasikinis bangų vaizdas yra ribinis kvantinės teorijos atvejis, atitinkantis dideliame fotonų skaičiui vienoje būsenoje. Kvantinės teorijos korpuskuliniiais įvaizdžiais pasisėkė paaiškinti eilę reiškinių, susijusių su šviesos energijos vartimu dalelių energija, nepaaiškinamų klasikine bangų teorija. Tai visų pirma *šiluminis kūnų spinduliavimas*, *fotoreiškinys* bei *fotocheminiai procesai*.

Korpuskulinės ir banginės šviesos savybės negali būti tuo pat metu neprieštaraujančiai logiškai aiškinamos klasikiniame fizikoje, nes joje bangos ir dalelės sampratos yra prieštaraujančios, neigiančios viena kitą. Šiuolaikinėje kvantinėje teorijoje, pagrįstoje stebėjimo metodų reliatyvumu, įveikiami loginiai sunkumai, susiję su korpuskuliniu-banginiu dualizmu. Šviesa pasižymi potencine galimybe išreikšti ir bangų, ir dalelių savybes, bet nuogaime pavidale pasireiškia tik atskiruose bandymuose tam tikrose sąlygose. Šios savybės papildo viena kitą ir tik jų visuma sudaro išsamų įvaizdį apie šviesą.

Labai plačias galimybes optiniuose bandymuose turi nauji spinduliai – lazeriai. Tokiame spinduliuolyje visi sužadintieji atomai dėl priverstinio spinduliavimo elektromagnetines bangas skleidžia suderintai, panašiai kaip vyksta radijo siųstuvo antenoje. Dėl to susidaro šviesos banga, savo savybėmis artima monochromatinei – koherentinei elektromagnetinei banga. Ypatingos tokių spindulių savybės – gebėjimas sutelkti energiją spektre, laike, erdvėje – susijusios su aukštu jų spinduliuotės koherentiškumu ir priverstė kitaip nagrinėti daugelį optinių reiškinių.

Optikos nueitas kelias nagrinėjant šviesos prigimtį – nuo Niutono (*Newton*) šviesos korpuskulų iki Einšteino (*Einstein*) fotonų – panašus į spiralės apviją. Optika vėl sugrįžo prie korpuskulinių įvaizdžių, bet jau nauja-

me lygmenyje. Fotonai principaliai skiriasi nuo Niutono šviesos korpuskulių pirmiausia tuo, kad neatmetami bangų įvaizdžiai. Tam tikromis sąlygomis fotonų kolektyvai ypač ryškiai išreiškia bangines savybes, kurios pasireiškia šviesos interferencijoje ir difrakcijoje. Be to, interferencinis vaizdas, pasirodo, gali būti matomas ir tada, kai fotonai pereina interferometrą po vieną. Šį svarbų faktą galima suprasti tik kvantinės fizikos įvaizdžiais.