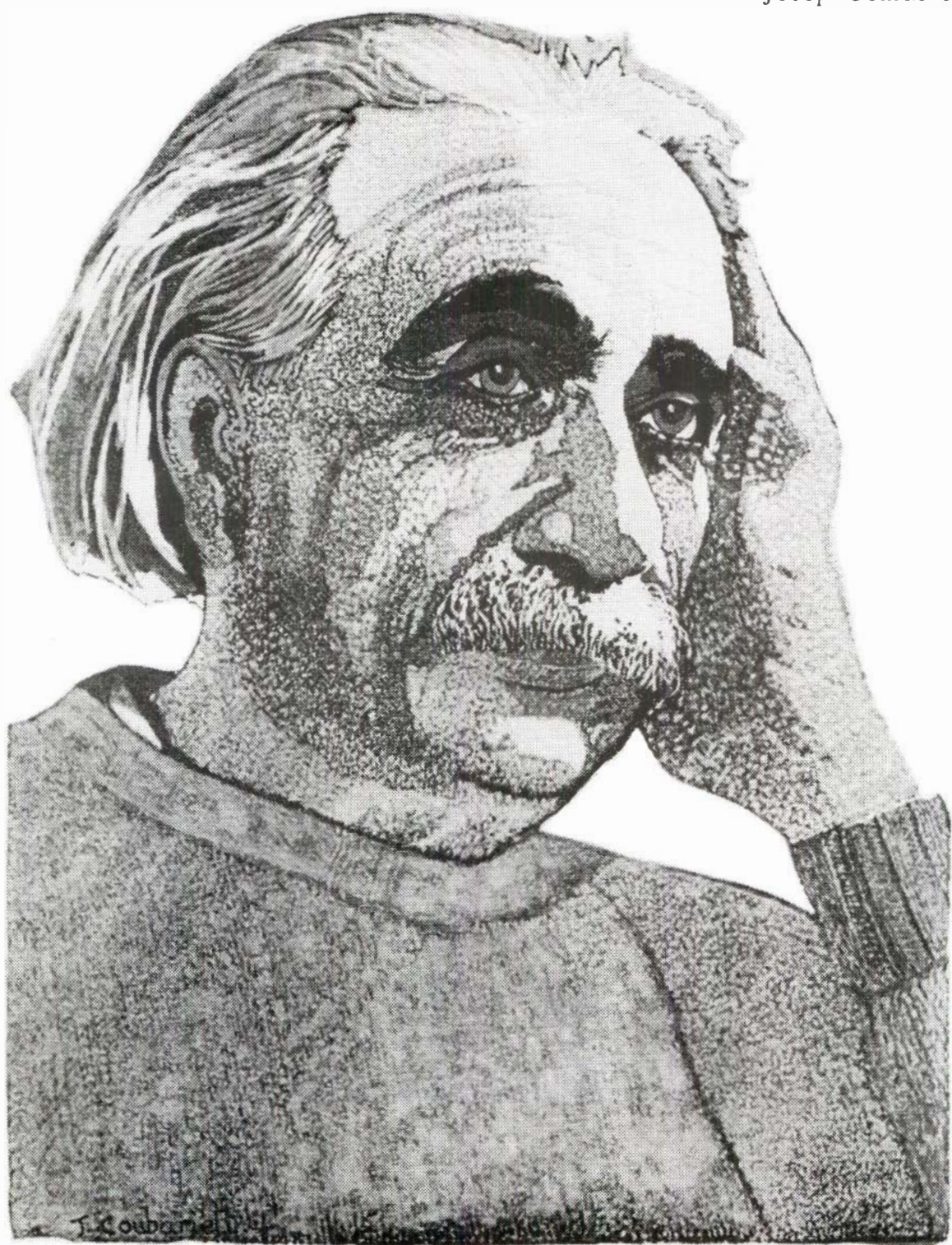


TEORIA ONDULATORIA

Josep Comas i Solà



CORPUSCULAR DE LA RADIACIÓ

Una de les aportacions més importants de la ciència catalana a la teoria de la Mecànica Ondulatòria fou, sens dubte, la de l'astrònom Josep Comas i Solà. Tot i que la seva anàlisi és antirelativista, en el present treball exposa la seva teoria en favor de la dualitat entre llum i matèria (aspectes corpuscular i ondulatori de la radiació); a la vegada que explica a partir de la seva teoria diferents fenòmens experimentals. El present treball ja fou publicat a (ciència) l'any 1931 i, pel seu interès, el reproduïm íntegrament.

En diferents publicacions he mantingut els meus drets de prioritat en la iniciació i desenrotllament de la teoria emissiva-ondulatòria o corpuscular-ondulatòria de la llum i, en general, de la radiació—incloses les anomenades ondes hertziànes—, teoria que avui ha rebut plena confirmació per diverses experiències físiques. El reconeixement d'aquesta prioritat és treball bastant més difícil del que podria creure's de moment. Admira, és veritat, el fet que la majoria dels científics d'Espanya i de l'estranger, fent-se els desentesos, hagin servat el més perfecte silenci sobre aquest punt. Referint-me al cas particular de França, els periòdics tècnics del dit país es mostren completament refractaris a parlar d'això, especialment després de la concessió del premi Nobel al Sr. L. DE BROGLIE. Aquest senyor, el setembre de 1926, publicà un article sobre l'esmentada qüestió a la revista *Scientia* de Milà, és a dir, un any i nou mesos més tard de la publicació d'un altre article meu que sobre la mateixa matèria aparegué a la pròpia revista; el Sr. DE BROGLIE, en el seu article, no fa cap referència al meu, com si les noves idees, en principi, fossin originals seves.

Afortunadament, compto amb documents impresos amb llur data d'impressió, així com amb les actes de la "Real Academia de Ciencias y Artes" de Barcelona, amb els quals es demostra indiscutiblement que la iniciació de les meves idees sobre aquest particular data de finals de 1914, bastants anys abans que ningú hagués exposat cap concepte semblant als meus, almenys que jo sàpiga. Bona prova d'això són les discussions que vaig haver de sostenir en diversos centres científics sobre la nova teoria. Per altra banda, en una nota que vaig publicar a la *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, en juny de 1929 i al *Boletín de la Sección Astronómica del Observatorio Fabra* (núm. 1, 1930), vaig historietjar aquest procés, sobre del qual no hi ha, doncs, necessitat d'insistir més.

El que sí haig de fer observar abans d'entrar en matèria, és que alguns físics estrangers i jo, que no sóc físic sinó astrònom, hem arribat a resultats semblants seguint camins completament diferents. Aquells s'han fundat, exclusivament, en experiències de laboratori, mentre que jo quasi exclusivament en fets astronòmics o en abstraccions teòriques. Hem seguit

trajectòries completament diferents (L. DE BROGLIE i els seus adeptes es recolzen, per exemple, en la teoria de la relativitat i jo em mantinc, sempre, en oposició completa a aquesta teoria); aquestes trajectòries s'han ajuntat, si no precisament en un mateix punt, almenys assolint aspectes molt semblants i coincidents en el principi fonamental, és a dir: que la llum i, en general, la radiació no consisteix en vibracions de l'èter, sinó en la projecció de partícules materials que, al propi temps, estan dotades o estan associades a un moviment ondulatori. Faré remarcar, així mateix, que en el desenvolupament de la meua teoria he procurat fer, sempre, representacions físiques reals, la qual cosa és tot el contrari del que fa la majoria dels físics matemàtics moderns, més matemàtics que físics, els quals, en l'anomenada *Mecànica ondulatòria* s'han preocupat més de fer jocs de fórmules que de comprovar si aquestes fórmules són compatibles amb la realitat. Pel demés, tampoc s'han preocupat molt aquests físics i matemàtics de la interpretació dels fenòmens de l'Òptica física segons la teoria corpuscular-ondulatòria, mètode molt distint del que seguí FRESNEL en les seves immortals investigacions. Apart de la prioritat dels meus desenrotllaments, cap assegurar que he portat aquest anàlisi bastant més lluny d'allà on, fins ara, han arribat els físics de l'anomenada Mecànica ondulatòria.

CONCEPTE DE L'ENTITAT CORPUSCULAR ONDULATÒRIA

En les consideracions que segueixen, passo per alt les lleis del mecanisme íntim de l'àtom com a focus d'emissió o d'absorció. Per tant, en la meua teoria corpuscular-ondulatòria estudio l'emissió una vegada ha sorgit aquesta de l'àtom, amb completa indiferència de si l'àtom està constituït per ions i electrons i de si l'emissió obeeix als principis quàntics de PLANK.

de BOHR i d'altres físics. No em recolzaré, absolutament, en cap teoria prèvia, solament en fets i referint-me, exclusivament, a la radiació.

En la dita teoria suposo que l'emissió lluminosa (podria fer-se extensiva a les altres radiacions, però per a abreujar, em referiré solament a la llum) està constituïda per una projecció de partícules materials extremadament petites que es mouen, respecte del focus emissor, amb la velocitat de 300.000 quilòmetres per segon en el buit.

El meu procediment d'exposició serà, en principi, el de donar una idea de la nova teoria per mitjà d'imatges materials, procediment tant més lògic quan, a fi de comptes, de matèria es tracta. Una vegada explicat l'argument de la teoria, vindrà l'ocasió d'emprar les fórmules i això serà quan es tracti de precisar valors.

Si solament s'admetés una projecció de partícules que sorgís del focus emissor amb la velocitat de la llum, la nova teoria seria una imitació de l'antiga emissió de NEWTON. Però no es limita a això. Cal suposar que aquestes partícules, en nombre immens, estan subjectes a un lligament elàstic, en forma tal, que, en conjunt, constitueixen una entitat elàstica. Per altra banda, aquestes partícules estaran alineades i dotades d'un moviment ondulatori que es conservarà indefinidament gràcies a no existir cap pèrdua d'energia, ja que es tracta dels elements primaris de la matèria-energia, és a dir, dels nuclis elementals d'energia potencial. Un enfilall d'aquests elements que vaig denominar *protodins* (força elemental) i que els físics anomenen ara *fotons*, podria comparar-se, encara que molt grollerament, a una corda a la qual s'imprimís un moviment ondulatori transversal per un extrem, moviment que, com és sabut experimentalment i conforme es pot deduir per la teoria, es propaga al llarg d'una corda. Perquè la idea sigui



perfecta, suposaré, com representa la figura 1, una sèrie de punts (nuclis d'energia potencial o fotons) separats per distàncies que, relativament a les dimensions dels fotons, són immenses. He d'advertir, així mateix, que no s'ha de suposar que els fotons estan equidistants al llarg d'un filet. Aquesta equidistància solament es pot admetre com una configuració mig estadística. En algunes regions podrà ocórrer, durant temps tan curts com es vulgui, la reunió o aproximació de nombrosos fotons, formant-se, així, paquets dels mateixos, únic mitjà d'explicar el fenomen foto-elèctric, per tal com el xoc d'un sol fotó, malgrat de la seva velocitat, seria incapaç d'arrencar els electrons d'una superfície metàl·lica, puix aquests electrons, a més d'estar subjectes a una força de cohesió, posseeixen una massa incomparablement superior a la dels fotons.

El fet que la distància que separa els fotons entre ells és enormement major que el valor de llurs diàmetres o de llur esfera d'acció immediata, es demostra per la influència recíproca nul·la, almenys sensiblement, dels feixos lluminosos que s'encreuen procedents de focus distints.

Si a l'ensem que es produeixen aquestes vibracions transversals en nombre considerable i que es propaguen per elasticitat, suposem que tota la corda, com un fil de longitud indefinida, va sorgint d'un capdell (l'àtom) i que recorre l'espai a raó de 300.000 quilòmetres per segon relativament a l'àtom origen, el qual actua a manera de focus de projecció, tindrem la representació d'un *tren d'ondes* o d'un *fil elemental de la radiació*. En fi, si imaginem que de l'àtom i, en general, del focus emissor, sorgeix una immensa quantitat de filets en totes les direccions radials, es formarà una entitat ondulatoria d'ondes concordants o de la mateixa fase per a tot sistema monocromàtic, que es mou en el buit o en un medi homogeni immòbil res-

pecte de l'àtom o focus emissor. Un feix d'aquests filets elementals, enllaçats elàsticament, serà un feix de raigs lluminosos. Tindrem, doncs, que les vibracions lluminoses seran, principalment, transversals i que la llum es propagarà en el buit seguint la línia recta. D'aquesta forma queden solventades dues dificultats irreductibles que presentava l'èter: la que les vi-

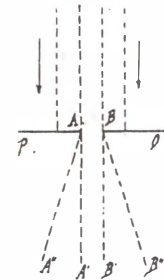


Fig. 2

bracions lluminoses fossin transversals en un gas sumament enrarit, com havia d'ésser l'èter, i la que la llum es propagués en línia recta. La hipòtesi de les ondes envolvents d'HUYGENS havia de modificar-se arbitràriament i en forma inexplicable, valent-se dels sectors eficaços de FRESNEL, si hom es volia explicar fenòmens tan fonamentals com són la propagació de la llum en línia recta i la difracció.

Aquesta darrera s'explica en la meua teoria corpuscular ondulatoria en la següent forma: La llum, difonent-se al voltant d'un cos lluminós, forma una envoltent elàstica indefinida de sistemes monocromàtics que es propaguen radialment. Un fotó qualsevol integrant d'una radiació monocromàtica està en tot moment en equilibri lateral, gràcies a les forces interiors, atractives i repulsives, a què està sotmès.

Examinem què passarà quan un feix de raigs de llum paral·lels passi per una obertura. Sigui (fig. 2) un feix indefinit de raigs lluminosos paral·lels i PQ una pantalla en la qual s'ha practicat l'obertura AB. Si els filets o tren d'ondes fossin independents uns dels altres i no formessin, per llur mutu lligam, una entitat elàstica, passaria per l'obertura un feix lluminós, limitat en el dibuix per les rectes AA' i BB'. Però en virtut de l'indicat anteriorment, a les regions perifèriques del feix es perd l'equilibri per no estar compensada la repulsió, de manera que, en realitat, en lloc d'estar el feix limitat per les rectes paral·leles AA' i BB', ho estarà per les AA'' i BB''. Aquest efecte de tensió lateral, conseqüència lògica de les propietats de l'entitat lluminosa, tal com s'ha definit, ens permet explicar la difracció de la llum, sense recórrer a les ondes envolvents, resultants d'ondes fraccionàries o sectors eficaços d'origen arbitrari, dels quals FRESNEL tingué necessitat en la hipòtesi forçada de l'èter.

S'ha vist que un dels principis fonamentals més importants d'aquesta teoria és que la llum segueix el moviment relatiu del focus emissor, en la suposició que aquest focus està dotat de moviment uniforme. En el cas que el focus posseeixi un moviment variat en cada instant, l'acceleració es transmetrà al llarg del raig lluminós per ondes longitudinals de compressió o dilatació, la velocitat de propagació de les quals al llarg del raig serà del mateix ordre que la de la llum, encara que és precis admetre que ha d'ésser quelcom inferior a la mateixa. Cal advertir que en el nostre cas no són aplicables els conceptes de POISSON referents a la velocitat de propagació, en un cos sòlid elàstic, de les vibracions longitudinals i transversals.

Si la llum segueix el focus en el seu moviment, és evident que l'anomenat vent d'èter no pot existir. Vet ací dissipat a l'acte aquell pesombre que féu córrer tanta tinta, després de les cèlebres experiències de MICHELSON, fins a l'extrem de donar origen a una de les més sorprenents aberracions de la mentalitat humana, és a dir, a la "teoria de la relativitat". El

més extraordinari és que als físics actuals que s'ocupen de la teoria corpuscular-ondulatòria no se'ls hagi ocorregut la immediata i importantíssima aplicació que té contra la teoria de la relativitat, en explicar a l'acte el resultat de les citades experiències de MICHELSON.

LA REFLEXIÓ I LA REFRACCIÓ DE LA LLUM

Abans de tractar d'aquests dos importants fenòmens en la teoria corpuscular-ondulatòria, faré algunes breus indicacions sobre el mecanisme de l'ondulació d'un filet elemental. Ja s'ha dit que es podrà comparar a una corda que es fa oscil·lar transversalment. La comparació serà quelcom més exacta, si considerem una corda elàstica de cautxú o d'una substància semblant. Es comprèn per intuïció que la vibració d'una corda d'aquest gènere no consistirà simplement en una composant transversal, sinó que existirà, així mateix, una certa composant longitudinal que combinada amb l'anterior donarà, per a cada fotó, una trajectòria el·líptica.

Si l'eix de les x correspon a la composant longitudinal i el de les y a la transversal, les velocitats vibratòries respectives seran de la forma:

$$\begin{aligned} v_x &= a \sin 2\pi \frac{t}{T} \\ v_y &= b \cos 2\pi \frac{t}{T} \end{aligned} \quad (1)$$

on T és el període total d'una vibració, t el temps de fase i a i b les velocitats màximes de la vibració de les respectives composants.

De les equacions (1) es dedueixen les següents per integració:

$$x = \frac{a T}{2\pi} \cos 2\pi \frac{t}{T}; \quad y = \frac{b T}{2\pi} \sin 2\pi \frac{t}{T}$$

o bé

$$\frac{-x}{\frac{a T}{2\pi}} = \cos 2\pi \frac{t}{T}; \quad \frac{y}{\frac{b T}{2\pi}} = \sin 2\pi \frac{t}{T}$$

Elevant al quadrat, sumant i fent

$$m^2 = \frac{a^2 T^2}{4\pi^2}; \quad n^2 = \frac{b^2 T^2}{4\pi^2}$$

resulta

$$\frac{x^2}{m^2} + \frac{y^2}{n^2} = 1$$

que és l'equació de l'el·lipse descrita pel fotó. Els semi-eixos valdran

$$\frac{a T}{2\pi} \quad i \quad \frac{b T}{2\pi}$$

essent el primer molt inferior al segon. En aquesta representació de la trajectòria d'un fotó es suposa que l'observador es mou junt amb el raig de llum, és a dir, amb la seva mateixa velocitat respecte al focus, o siguin 3×10^8 quilòmetres per segon.

Fetes aquestes consideracions, passaré a l'explicació de la reflexió i de la refracció de la llum en la teoria corpuscular-ondulatòria.

Per al fenomen de la reflexió, l'explicació no discrepa fonamentalment de la donada per NEWTON. No insistiré, per tant, en la mateixa, ja que és una conseqüència obligada de l'elasticitat dels filets elementals dels protodins o fotons i de l'atmosfera d'energia que els envolta, de la mateixa manera que circumda en forma de gravitació i de força molecular, tots els cossos que existeixen en la Naturalesa.

Pel que es refereix a la refracció, l'explicació no és tan immediata, si bé és semblant a la que informa la teoria de l'èter.

Suposem (fig. 3) un feix de raigs paral·lels que cau obliquament sobre la superfície de separació XY del medi refringent. Mentre en el buit el filament lluminós DA recorre l'espai DA , el filet extrem recorre, solament, BC , perquè, per efecte de la resistència que troben els filets de fotons dins del medi refringent, disminueix llur velocitat de propagació, d'acord sensiblement amb la llei de GLADSTONE.

Ara bé: els filets, a cada instant, es col·loquen normals a la recta AC , o sigui al front d'onda, per efecte de l'elasticitat o rigidesa del feix lluminós,

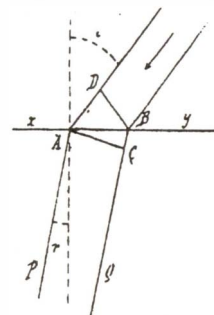


Fig. 3

el qual tendeix automàticament a cada instant a col·locar els filets en concordança de fase, i ho aconsegueix dins d'un medi homogeni.

Es podrà escriure, doncs: $DA = AB \sin i$; $BC = AB \sin r$, i tenint en compte que $AD = V$, o sigui la velocitat de la llum en el buit, i $BC = V_1$, velocitat de la llum en el medi refringent, resultarà:

$$V = \overline{AB} \sin i; \quad i \quad V_1 = \overline{AB} \sin r$$

Dividint ambdues expressions:

$$\frac{V}{V_1} = \frac{\sin i}{\sin r} = n$$

Si en lloc d'ésser el fruit, fos un medi refringent, s'obtidria un resultat anàleg.

Es pot estudiar la refracció des d'un altre punt de vista i en relació amb l'anomenat, en altre temps, "arrossegament de l'èter".

Sigui un raig de llum incident DO en el buit i AB la línia que separa el buit del medi refringent (fig. 4). Sempre podrem admetre que OD sigui recorregut en la unitat de temps, i que valgui, per tant, V , essent i l'angle d'incidència. Es pot, també, suposar sempre que aquesta incidència és resultat de la següent combinació cinemàtica: d'una velocitat CD , paral·lela a AB i d'una altra velocitat DD' perpendicular a la mateixa. Però en lloc de suposar que és el raig de llum el que està dotat d'aquests dos moviments, podem admetre que és el medi refringent el que es mou respecte del raig de llum, de manera que suposant aquest immòbil o prenent-el com a sistema de referència, dotem el medi refringent d'una velocitat igual a CD i d'una velocitat OC , normal a CD , ambdues de sentit contrari a les anteriors. La resultant d'aquestes dues velocitats, o sigui DO , donarà lloc a la penetració

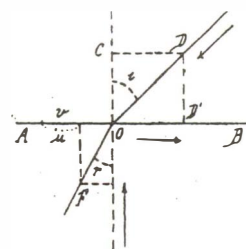


Fig. 4

del raig de llum dins del medi amb una velocitat pròpia V_1 , invariable en totes les incidències en un medi homogeni, tota vegada que un cop el raig de llum ha traspassat la superfície del medi refringent, s'introduirà sempre dins de la seva massa impulsat inicialment pel propi feix de llum dotat de la velocitat relativa V , o sigui la velocitat coneguda de la llum. Però si la velocitat V_1 és independent de la incidència, quan el raig o feix lluminós penetrarà dins del medi refringent es trobarà, en canvi, subjecte a la composant OD' que l'obliga a *doblegar-se*, amb ço que es desvia d'una quantitat que satisfarà el principi de la mínima acció, del qual es parlarà més endavant, i que està conforme amb la llei de la refracció de DESCARTES.

D'aquestes consideracions es treu una conseqüència important. En efecte: el moviment paral·lel a AB representa una velocitat, en la unitat de temps, igual a OD' , i que anomenarem v . Mentrestant, el raig penetra en el medi, i en la unitat de temps recorre $OF=V_1$, la qual cosa significa que el desplaçament de l'extremitat del raig de llum refractat no ha estat v , sinó $v-u$, essent u el valor de l'"arrossegament" lateral experimentat pel raig lluminós durant la unitat de temps. Podrem escriure, per tant:

$$\frac{v}{V} = \sin i; \quad \frac{v-u}{V_1} = \sin r;$$

o bé

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n = \frac{V}{V_1} = \frac{v}{v-u}$$

Efectuant operacions per a determinar el valor d' u en funció de v i de n , resulta:

$$u = v \frac{n^2 - 1}{n^2}$$

Recordem que aquesta és la fórmula anomenada de FRESNEL i objecte, en altre temps, de prolongades discussions amb motiu del suposat "arrossegament de l'èter". Hi ha, realment, arrossegament parcial o, millor, *inflexió del raig de llum* per la resistència trobada en el medi refringent, però no en l'èter.

És interessant demostrar, així mateix, que un corpuscle lluminós o fotó subjecte a moure's en la forma assignada, seguirà la direcció del raig refractat amb independència de la teoria de la relativitat. Prendré el problema en la forma de MAUPERTIUS, car ja és coneguda l'aplicació al cas de la refracció en la forma de FERMAT. El principi de la mínima acció en la forma de MAUPERTIUS ve simbolitzat per l'expressió:

$$\delta \int p \, ds = 0$$

en què p és la quantitat de moviment del projectil lluminós, ds un element de trajectòria i δ el símbol de variació. Per tant, $p = mV$, essent m la massa del corpuscle i V la seva velocitat amb relació al focus lluminós; d'on

$$\delta \int V \, ds = 0 \quad (1)$$

Anomenant l i l' les longituds OD i OF , la integració de l'expressió (1) ens donarà (fig. 5):

$$\delta(Vl + V_1 l') = 0 \quad (2)$$

Si a és la distància $d'E$ a D' , podem escriure:

$$a = l \sin i + l' \sin r$$

d'on:

$$l' = \frac{a - l \sin i}{\sin r}$$

Substituint aquest valor en (2), obtindrem:

$$\delta \left(Vl + V_1 \frac{a - l \sin i}{\sin r} \right) = 0 \quad (3)$$

Per a determinar la mínima acció $\delta A = 0$, bastarà diferenciar l'equació (3) respecte a l , que és l'única variable que apareix en aquesta expressió, el que ens donarà:

$$V - V_1 \frac{\sin i}{\sin r} = 0.$$

és a dir:

$$V \sin r = V_1 \sin i,$$

o també:

$$\frac{V}{V_1} = \frac{\sin i}{\sin r}.$$

Fins ací no m'he ocupat de les variacions que pugui experimentar la

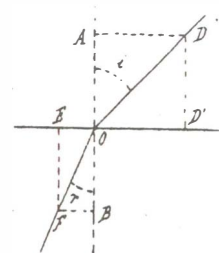


Fig. 5

freqüència ondulatoria dels filets de llum en penetrar en un medi refringent. És d'això que tractarem a continuació.

Un filet elemental, en penetrar dins d'un medi refringent, experimentarà inevitablement una contracció o escurçament comparable al que experimentava una molla longitudinal en fer-la entrar dins d'un medi que oferís una sensible resistència. Com a resultat d'aquest escurçament, la longitud real de les ondes es farà proporcionalment menor. Si V és la velocitat de la llum en el buit i λ la longitud d'onda; i, per altra part, V_1 és la velocitat dins del medi refringent, i λ_1 la seva longitud d'onda, tindrem

$$\lambda_1 = \lambda \frac{V}{V_1}$$

Per altra part, cal recordar que, en la meua teoria corpuscular ondulatoria, λ no és igual simplement a Vt , com s'admet en la teoria ondulatoria de l'èter, sinó

$$\lambda = (V + V') t$$

en què V' és la velocitat de propagació de les oscil·lacions al llarg del fillet. Per consegüent, la freqüència o el nombre de vibracions ν que passen per un punt immòbil respecte al focus emissor, en la unitat de temps, serà:

$$\nu = \frac{V + V'}{\lambda}$$

Si considerem la freqüència com deguda solament a la propagació elàstica a tot el llarg del filament, tindrem:

$$(\nu) = \frac{V'}{\lambda}$$

Per altra banda, és lògic que la velocitat V' dins d'un medi disminuirà en la mateixa proporció que V ; de manera que anomenant-la V_1 tindrem

$$V_1' = V' \frac{V_1}{V}$$

La freqüència dins del medi serà, doncs:

$$\nu_1 = \frac{V_1 + V_1'}{\lambda_1}$$

Substituint els valors de V_1' i de λ_1 , tindrem:

$$\nu_1 = \frac{V_1 + V' \frac{V_1}{V}}{\lambda \frac{V_1}{V}} = \frac{V + V'}{\lambda} = \nu$$

Segons es veu, la freqüència no varia en penetrar la llum dins del medi refringent, i per tant, no canviarà el seu color, mentre no existeixi una absorció selectiva, la qual cosa està d'acord amb l'experiència. Això demostra, per altra banda, i de conformitat amb la intuïció, que la resistència augmentarà amb la freqüència, perquè a igualtat de segment de trajectòria hi haurà major quantitat de fotons que vibraran transversalment i, per tant, major oposició al moviment longitudinal d'avenc. Aquesta consideració explica el fenomen de la dispersió, així com la possibilitat que per les característiques intrínseques de la matèria que constitueix el medi refringent es produeixi la refracció anòmala.

Cal advertir, a propòsit de l'amplitud de les ondes, que aquesta s'ha de suposar constant per a un mateix sistema monocromàtic i amb independència de la seva distància al focus. Aquest és un postulat que cal acceptar, almenys interinament, si tenim en compte el fenomen fotoelèctric i la teoria de BOHR, segons la qual l'amplitud de cada radiació és funció de la variació de nivell energètic de l'electró emissor i, al mateix temps, si acceptem, com s'ha dit més amunt, que no hi ha pèrdua de força viva tot al llarg de cap fillet d'ondes, la qual cosa és lògica tractant-se dels elements primaris de l'energia.

Després de l'exposat, es dedueix que tot feix de llum composta estarà format per un nombre determinat de filets elementals. Tots els elements d'una mateixa freqüència pertanyeran a un feix lluminós, que forma un sistema de fases concordants i, per tant, constitueix un lligam monocromàtic. Cada sistema de filets concordants o lligam monocromàtic es traduirà en l'espectre per una línia lluminosa d'emissió o fosca d'absorció i constituirà l'anomenat raig de llum monocromàtic. Com abans he indicat, no

correspon a aquest treball l'estudi del mecanisme de la formació de la radiació, sinó de la radiació ja feta, a partir de l'àtom. Per aquest motiu no s'insistirà sobre el dit punt.

Com a complement d'aquests conceptes, que ja vaig desenrotllar fa molts anys, serà interessant relacionar-los amb el resultat dels experiments recents, especialment els de DAVISSON i GERBER, sobre el moviment ondulatori dels electrons. L. DE BROGLIE, recolzant-se en la teoria de la relativitat i en la teoria quàntica de BOHR, arribà a una fórmula que dona la longitud d'onda $\lambda = \frac{h}{m\nu}$, essent h la constant universal de PLANCK, m la massa del fotó i ν el que DE BROGLIE anomena velocitat de grup. Per arribar a aquesta fórmula, aquest físic es serveix de transformacions discutibles, encara que sembli que la citada fórmula final està d'acord amb l'experiència. Per altra banda, SCHRÖDINGER obté els mateixos resultats sense recolzar-se en la relativitat. Dins dels meus conceptes s'arriba al mateix resultat, prenent com a general la fórmula coneguda de PLANCK. En efecte, $\nu = \frac{V}{\lambda}(1)$, essent V la velocitat de la llum i ν la freqüència. Però la fórmula de PLANCK diu: $\epsilon = h\nu$ representant per ϵ l'energia. Per tant:

$$h\nu = \frac{m V^2}{2}; \quad \nu = \frac{m V^2}{2 h} \quad (2)$$

Tinguem ara en consideració que, en la meua teoria, la freqüència respecte a un observador fix amb relació al focus de llum és $\frac{V + V'}{\lambda}$ i suposant V' del mateix ordre que V , resulta

$$\nu_1 = \frac{2V}{\lambda} = 2\nu$$

Per tant, segons (2) $\nu_1 = \frac{mV^2}{h}$. Ara bé: per a l'observador fix respecte al focus, i per a moltes experiències físiques que faci l'observador permanent, també, fixes respecte al focus, el valor aparent de λ , però efectiu en les experiències i per a l'observador serà:

$$\lambda = \frac{2V}{\nu_1} = \frac{h}{mV}$$

que és la mateixa fórmula de DE BROGLIE, confirmada per experiències efectuades sobre els electrons.

En el cas de la llum, podem considerar V constant; per tant, les variacions de λ no poden dependre més que de m . Així resultaria que a les radiacions de curta longitud d'onda els correspondrien fotons de massa major, el que explicaria la potència ionitzant d'aquestes vibracions i certs fenòmens característics de les radiacions ultravioletes i raigs X. Com a conseqüència del mateix, les masses dels fotons variaran en la mateixa forma discreta que les longituds d'onda.

Els efectes calorífics de la radiació sobre un cos qualsevol es deuen especialment, al bombardeig de protodins o fotons sobre l'esmentat cos. Quan, per exemple, sentim en la cara la impressió de calor rebuda dels raigs del Sol, s'ha d'interpretar com si la nostra cara rebés una vertadera metralla constituïda per una quantitat incalculable de fotons procedents del Sol i de massa immensament petita, però dotats de la velocitat inconcebible de la llum.

En canvi, la freqüència ondulatoria, dintre de certs límits, dóna lloc a la impressió lluminosa, als fenòmens de fotoquímica, als de ionització i altres. Si la nostra retina no rebés més que una projecció de partícules que seguissin trajectòries rectilínies, la impressió lluminosa no existiria: de la mateixa manera que no s'impressiona una placa fotogràfica exposant-la, per exemple, a la radiació d'un cos a 100 o 200° de temperatura.

Per les consideracions que s'han fet anteriorment sobre els fenòmens de difracció produïts pels electrons com a resultat de diverses experiències, resulta probable que la velocitat vibratòria mitjana de cada fotó és del mateix ordre que la velocitat de la llum i que la velocitat de propagació elàstica de las vibracions. En aquesta forma, la força viva vibratòria seria del mateix ordre o molt poc diferent que la força viva de projecció. Sota aquesta suposició, si a és la semi-amplitud de l'onda i v la velocitat mitjana vibratòria transversal, podem escriure prescindint de la composant longitudinal—que suposarem molt petita—i representant per T la durada total d'una vibració:

$$\frac{4a}{v} = T$$

Però, per altra banda, i tenint en compte la velocitat de propagació elàstica, tindrem $\lambda = vT$, o bé $T = \frac{\lambda}{v}$. Igualant ambdues expressions i fent $v = V$, en virtut de les consideracions fetes, resulta: $a = \frac{\lambda}{4}$ amb independència de la regió espectral. Suposarem, doncs, que aquesta expressió és invariant per a cada una de les vibracions de tots els sistemes monocromàtics i que també permaneceix constant qualsevol que sigui la distància de les ondes al focus emissor. És de remarcar, així mateix, que la velocitat vibratòria dels fotons és, sempre, del mateix valor, qualsevulla que sigui la longitud d'onda, tot el que constitueix un notable conjunt de propietats enllaçades i molt senzilles.

Per acabar amb aquests punts d'importància fonamental en la teoria corpuscular-ondulatoria, faré remarcar que quan un raig de llum penetra en una substància refringent, troba, segons ja s'ha dit, una resistència que és funció de la freqüència. Per aquesta causa, el raig incident no experimentarà cap alteració abans d'entrar en el medi refringent, perquè es parteix del postulat que les vibracions longitudinals del raig lluminós es propaguen tot al llarg del mateix amb una velocitat quelcom inferior a la velocitat de la llum (és de notar que en el nostre cas, com ja s'ha dit, no pot aplicar-se la teoria de POISSON, referent a la relació de velocitats entre les vibracions transversals i longitudinals). Tenim, per una banda, que la força viva del raig incident serà $2mV^2$, sumant les velocitats suposades iguals de propagació elàstica i de projecció. Per altra banda, la força viva del raig refractat, dins del medi refringent, serà $2mV_1^2$, és a dir: inferior a $2mV^2$ perquè $V_1 < V$. Aquesta aparent anomalia s'explica escrivint: $2mV^2 = 2mV_1^2 + \mathcal{E}$, representant per \mathcal{E} l'energia potencial equivalent al valor de la compressió del raig lluminós dins del medi refringent, amb la consegüent disminució de longitud. Precisament aquesta energia potencial serà la que, en passar altra vegada el raig lluminós al buit, després d'haver travessat el cos refringent, tornarà a restituir, per reacció elàstica, la seva primitiva longitud d'onda i la seva primitiva velocitat. En el cas d'ésser absorbit totalment o parcialment el raig lluminós, la seva força viva es transformarà en calor o en altres formes d'energia, podent donar per resultat (fenomen de COMPTON) un augment de longitud d'onda, en el cas de reflectir-se la llum i admetent la fórmula de PLANCK.

Fetes aquestes consideracions sobre la reflexió i la refracció de la llum, es comprèn que en la teoria corpuscular-ondulatoria les lleis de l'Òptica geomètrica siguin les mateixes que les de l'Òptica clàssica, i que, per tant, res s'ha d'afegir ni treure en aquest terreny.

Per ordre lògic, en la nova teoria correspon tractar de la fotometria de la llum i dels efectes mecànics, sobretot de caràcter astronòmic, als quals pugui donar lloc. Insistiré, finalment altra vegada, com acabament d'aquest capítol, que *totes les experiències òptiques efectuades sobre la Terra no estaran mai afectades*, com és evident, *pel moviment de la mateixa*, amb ço que es suprimeixen, d'una vegada, totes les disquisicions que han tingut lloc sobre el "vent de l'èter" des de MAXWELL, FIZEAU, MASCART, etcètera, fins a MICHELSON, en pretendre posar de manifest en aquesta forma el moviment "absolut" de la Terra.

FOTOMETRIA

L'estudi de la intensitat de la radiació en funció de la distància s'ha de considerar des dels punts de vista cinètic i ondulatori. L'efecte cinètic es tradueix, principalment, en calor; per tant, aquest aspecte de la fotometria correspon a la termometria. És evident que, per a una superfície donada, el nombre de fotons que toparan amb ella durant un temps determinat serà inversament proporcional al quadrat de les distàncies, la qual cosa està d'acord amb l'experiència. Aquests xocs de fotons isolats, o tal vegada de paquets de fotons, estan, també, completament d'acord amb l'anomenat efecte fotoelèctric estudiat per diferents físics, i sobre del qual ací no insistiré.

En quant al valor de la intensitat lluminosa, o vertaderament fotomètrica, dependrà de l'energia ondulatoria, o sigui de la quantitat de filets o trens d'ondes que sorgeixin de l'àtom, puix l'energia intrínseca de cada filet elemental serà sempre la mateixa a totes les distàncies. Un focus lluminós serà tant més intens, en igualtat de condicions, quant major sigui la quantitat de filets de fotons que en sorgeixin. Ara bé: es veu tot seguit que augmentant la distància, el nombre de filets que assoliran una superfície donada (la nostra pupilla per exemple) ~~estarà~~ *estarà* en raó inversa del quadrat de les distàncies. Tingui's ben present que es parteix del postulat—pel demés perfectament lògic, ja que no hi ha pèrdua d'energia—que l'amplitud de les ondes de cada filet és, sempre, la mateixa, qualsevulla que sigui la distància en què es trobi del focus emissor.

Del dit, resulta que els filaments de fotons, en allunyar-se radialment del focus emissor—el qual es pot suposar puntiforme—s'allunyan considerablement, també, en sentit lateral. No obstant això, cal admetre que el lligam entre els filets de fase concordant subsisteix a totes les distàncies, la qual cosa pot donar-nos idea del nombre enorme de fotons projectats i de les distàncies relativament immenses en què es fa sensible llur acció mútua.

Una conseqüència immediata de la teoria ací desenrotllada, és l'anomenada *pressió de la radiació*, la qual, per consideracions teòriques molt diferents de les que ací presentem, MAXWELL i BARTOLÍ havien deduït de l'existència de l'èter. En la meua teoria enüssiva, la pressió de la radiació és, simplement, resultant dels xocs dels fotons contra els objectes interposats, el que dóna per resultat un efecte semblant al del vent, és a dir, que la pressió serà proporcional a la intensitat lluminosa o calorífica, a la superfície exposada a la radiació i inversament proporcional al quadrat de les distàncies, de completa conformitat amb l'experiència i l'observació. Les

cues dels cometes, sempre oposades al Sol, obeeixen a la mateixa causa.

El càlcul de la força repulsiva de la radiació no és difícil, puix es pot determinar la quantitat de calor absorbit durant un cert temps per una superfície negra i mate, que, com és sabut, absorbeix integralment les radiacions. Aplicant el cas al Sol, resulta que l'anomenada constant solar és, segons LANGLEY, de 2,5 calories. Ara bé: essent 424 quilòmetres l'equivalent mecànic del calor i 300 mil quilòmetres la velocitat de la llum, la força repulsiva de la radiació solar, a la distància de la Terra al Sol, serà, per metre quadrat, de 0,59 dines. Si la superfície, en lloc d'ésser absorbent és especular, la força repulsiva serà doble. Es concebeix també que si les partícules exposades a la pressió de la radiació són excessivament petites, podrà ocórrer que aquesta pressió disminueixi, car moltes partícules no toparan amb els filets de fotons.

S'apartaria dels límits d'aquest estudi, el càlcul de la resistència que pot oferir la radiació del Sol al moviment dels astres. Aquest càlcul ja el vàreig desenrotllar fa temps i es publicà en el *Bulleti de la Secció Astronòmica de l'Observatori Fabra*, núm. 9. D'això resulta que cometes tan vaporosos com el d'ENCKE, no hagin sofert ni puguin experimentar alteració sensible en centenars de segles per efecte de la resistència que oposi a llur moviment la radiació solar. *A fortiori* es pot dir el mateix dels planetes. Recordi's que la resistència de l'èter al moviment dels astres constituïa una greu objecció contra l'existència d'aquest fluid, conforme féu remarcar HIRN en la seva notable obra titulada "Constitution de l'espace céleste".

INTERFERÈNCIES; DIFRACCIÓ I POLARITZACIÓ DE LA LLUM

Essent l'entitat emissiva de caràcter ondulatori, se li podrà aplicar, per a l'explicació de les interferències, el mateix mecanisme que en la teoria de l'èter. Els raonaments seran els mateixos que els de l'Òptica clàssica; caldrà no oblidar que, en la meua teoria, λ ja no serà igual, per a l'observació i l'experiència, a VT , sinó a $(V+V')T$, o sensiblement, com hem vist, a $2VT$. Però això no altera el valor *veritable* de λ , perquè si la velocitat de projecció V s'augmenta afegint-li V' , velocitat de propagació elàstica, en canvi la duració T , corresponent al pas d'una onda, disminueix en la mateixa proporció. Solament augmentarà la freqüència i es produirà *aparentment*, una disminució de longitud d'onda per als efectes sensibles. Aquesta freqüència serà, com ja s'ha dit,

$$v = \frac{V+V'}{\lambda}$$

Partint del principi que V' és del mateix ordre que V , resultarà que, així com s'havia suposat, per exemple, que las radiacions verdes corresponien a una freqüència de 600 bilions de vibracions per segon, ara resulta que per a un observador immòbil respecte al focus emissor, el nombre de vibracions que rep la seva retina i que li produeixen la sensació de color vert, són 1.200 bilions per segon, ço que equival, sensiblement, a que hagi disminuït la longitud d'onda d'una meitat, de conformitat amb les aparències degudes al fenomen de DOPPLER-FIZEAU. Del que he dit es dedueix que el fenomen de les interferències s'explica en la mateixa forma que en la teoria de l'èter, ja que el mecanisme ondulatori és el mateix.

En quant a la difracció, recordem que els filets d'un raig de llum es desborden per llur perifèrie en passar per una obertura o en trobar un

obstacle, explicació molt més natural que la de les ondes envoltants de FRESNEL. En aquestes condicions, tots els efectes de difracció es repeteixen exactament com en la teoria de l'èter, ço que em relleva d'insistir també sobre la qüestió. Vegi's, pel demés, el que s'ha indicat al principi d'aquest estudi.

En quant a la polarització, l'explicació, en principi, és senzilla. Si la llum penetra en un cristall l'estructura molecular del qual solament permet el pas de les vibracions transversals en una sola direcció, la llum sortirà del cristall polaritzada en el mateix pla de la direcció d'aquestes vibracions transversals. És el mateix raonament que s'aplica en la teoria de l'èter; però resulta molt més clar o intuïtiu en la teoria corpuscular.

La doble refracció és la conseqüència de trobar el raig lluminós dues resistències desiguals dins del cos refringent. Una resistència que s'ha convingut a anomenar normal i que dona lloc al raig ordinari, polaritzat en dos plans perpendiculars. L'altre raig correspon a una orientació molecular en què la resistència és major, i dona, per consegüent, un índex de refracció superior. Aquest raig extraordinari és, també, polaritzat, a causa de la pròpia estructura del cristall.

Les consideracions que poden fer-se sobre la polarització, a base de la teoria corpuscular-ondulatória, són les mateixes que es desenrotllen en la teoria de l'èter. No obstant, hi ha algunes variacions de detall, especialment pel que es refereix a certes hipòtesis forçades, i àdhuc contradictòries, que hagué de formular FRESNEL. Però no puc ací entrar en detalls d'aquesta classe, ni el temps disponible, dedicat principalment a qüestions astronòmiques, em permet acupar-me en aquests desenrotllaments llargs i delicats.

Solament faré algunes consideracions sobre la polarització de la llum per reflexió en un medi refringent homogeni; per exemple: el vidre. Imaginem un raig de llum format per diversos filets paral·lels de fotons, que vibren transversalment en totes les direccions. Fixem-nos en el filet, el pla de vibracions del qual és perpendicular a la superfície del vidre i en el filet les vibracions del qual són paral·leles a l'esmentada superfície. Al primer filet l'anomenaré *A*, i al segon *B*.

Si el raig de llum incideix perpendicularment a la superfície del vidre, és a dir, que l'angle d'incidència és zero, els filets *A* i *B* i tots els altres es reflectiran i refractaran indistintament. Disminuint la incidència, arribarà un moment en què els fotons del filet *B* ja no es refractaran, sinó que es reflectiran o *rebotaran*, de la mateixa manera que rebota una pedra tirada obliquament sobre la superfície de l'aigua o que vola un aeroplà en l'atmosfera. L'explicació mecànica d'aquests diversos fenòmens és la mateixa.

Quan s'arriba a aquesta incidència crítica, el raig reflectit pel cristall estarà totalment polaritzat segons el pla d'incidència. Aquest angle de polarització és variable, com és natural, d'una substància a una altra. En quant al filet *A*, com que aquest actua sobre la superfície reflectora i refringent en la posició de *tall*, la incidència mitja dels fotons, durant una vibració completa, serà la mateixa que la del raig primitiu incident. Per tant, no es reflectiran tant com els del filet *B*, l'angle d'incidència del qual es fa major, i per aquest motiu el filet *A* es refractarà, encara que el filet *B* ja es reflectirà.

Analitzaré amb algun detall aquest efecte òptic. Pel que s'ha dit anteriorment, podem admetre com a molt probable que la velocitat mitja vibratòria dels fotons és de l'ordre de la velocitat de propagació de la llum, essent sempre la semi-amplitud de les ondes igual a $\frac{\lambda}{4}$

En quant a la velocitat màxima, serà $\frac{2\pi a}{T}$. La relació entre la velo-

citada màxima i la mitjana serà $\frac{\pi}{2}$. Així resulta que la velocitat màxima serà de 471.000 quilòmetres per segon.

Siguin AB la direcció del raig incident, i l'angle d'incidència, i AC' = BC, la velocitat de la vibració transversal normal al pla d'incidència, vibració que correspondrà al raig polaritzat normal al pla d'incidència (fig. 6). Busquem l'angle i' que la resultant AC formarà, com a angle d'incidència, amb el mateix pla P de la superfície reflectant. És evident que AO = V cos i; per altra part, en el triangle rectangle AC'C tindrem:

$$\overline{AC}^2 = \overline{AC'}^2 + \overline{CC'}^2 = v^2 + V^2,$$

essent v la velocitat transversal. Per tant,

$$\frac{V \cos i}{\sqrt{v^2 + V^2}} = \cos i'$$

o, també,

$$\cos i' = \frac{\cos i}{\sqrt{1 + \left(\frac{v}{V}\right)^2}}$$

Suposem un angle d'incidència igual a 50° i v igual a la velocitat mitjana ondulatoria, és a dir, a 300.000 quilòmetres per segon. Amb aquestes

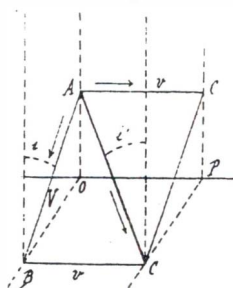


Fig. 6

dades, $i' = 62^{\circ}30'$. Com es veu, l'obliquitat del filet augmenta considerablement.

Per altra banda, el raig polaritzat en el pla normal a la incidència s'inclinarà rítmicament, disminuint i augmentant el seu angle d'incidència (fig. 7). En el triangle ABC, tenim AB = v i BC = AC'; a més, BC és normal a la direcció AB. Per altra part,

$$i = i - \alpha; \quad \frac{v}{AC} = \sin \alpha = \frac{V^2}{V^2 + v^2}$$

i

$$\frac{V}{\sqrt{V^2 + v^2}} \sin \alpha$$

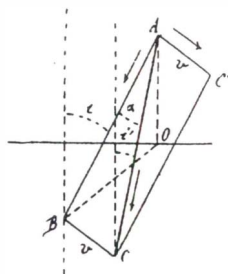


Fig. 7

Fent $v = 300.000$ quilòmetres, i $i = 50^{\circ}$, resulta $\alpha = 45^{\circ}$ i, per tant, $i' = 50^{\circ}$ és a dir, que la incidència es fa relativament petita i, per tant, desfavorable a la polarització. Però aquest efecte queda compensat quan el fotó va de A a C', és a dir, en sentit contrari, ja que aleshores $i' = i + \alpha$. Si els fotons de cada sistema monocromàtic de radiació no posseïssin, com ja s'ha dit, un lligam que tendeix a conservar l'entitat lluminosa elàstica, els fotons es dispersarien. En la realitat no passa això, sinó que es mantenen formant, després de la reflexió, llurs trens d'ones, iguals en totes llurs característiques als trens incidents, a menys d'experimentar alguna perturbació en la superfície reflectora del vidre. Resulta, per tant, que el raig mig del feix de llum no s'altera per les vibracions que estan en el pla d'incidència i que, per consegüent, no s'afavoreix la polarització com ocorre amb les vibracions que estan en el pla normal a l'incidència.

Aquestes consideracions podrien estendre's a tots els fenòmens de l'Òptica física, àdhuc la llei de BREWSTER i altres particularitats notables dels fenòmens lluminosos, l'estudi detallat dels quals correspon fer als físics.

Cal fer constar que en la teoria de l'èter, el principi de DOPPLER-FIZEAU aplicat a la determinació de velocitats radials no es rigorós o, millor dit, no és simètric. En altres paraules: els resultats no seran exactament els mateixos segons s'acosti l'observador al focus o que el focus s'acosti a l'observador, prenent l'èter com a element de referència d'aquests moviments. Aquest punt el vaig desenrotllar amb tot detall en el núm. 12 (gener de 1927) del *Butlletí de la Secció Astronòmica de l'Observatori Fabra*. Ací em limitaré a presentar algun cas.

Suposem que el focus està en repòs respecte l'èter i l'observador també, o que els dos estan dotats del mateix moviment. La freqüència ν rebuda per l'observador serà igual a $\frac{V}{\lambda}$. Però si l'observador està immòbil i suposem que el focus és el que s'apropa a ell amb la velocitat v , la longitud d'onda $\lambda' = \lambda \left(1 - \frac{v}{V}\right)$ la freqüència rebuda per l'observador serà

$$\nu' = \frac{V}{\lambda \left(1 - \frac{v}{V}\right)} = \nu \frac{1}{1 - \frac{v}{V}}$$

Si el focus s'allunya, la freqüència serà:

$$\nu'' = \frac{V}{\lambda \left(1 + \frac{v}{V}\right)} = \nu \frac{V}{V + v}$$

Suposem que l'observador s'apropa al focus. Tindrem:

$$(\nu') = \frac{V + v}{\lambda}$$

i en cas d'allunyar-se

$$(\nu'') = \frac{V - v}{\lambda}$$

D'aquestes dues fórmules es dedueix fàcilment:

$$\nu' - (\nu'') = \frac{v^2}{\lambda V \left(1 - \frac{v}{V}\right)}$$

$$\nu'' - (\nu') = \frac{v^2}{\lambda V \left(1 + \frac{v}{V}\right)}$$

Quan v és una quantitat molt petita respecte a V , el qual cas constitueix el més generalitzat, es poden considerar v' i (v') iguals, com també v'' i (v'') . Però segons es veu, en l'èter es perd completament la simetria, conseqüència poc satisfactòria tractant-se d'una llei natural i no és tolerable que en una ciència com l'Astronomia, en què el rigorisme és essencial, es considerin equivalents fórmules que no ho són. A més, en velocitats radials de fins 2.000 qm per segon, com es registra ja en algunes nebuloses espirals, aquesta disimetria comença a ésser sensible. En fi, resulta absurd que mentre per una part s'estableix el principi de la impossibilitat de determinar la velocitat de cap cos respecte a l'èter, es pretengui per l'altra, amb l'aplicació del principi de DOPPLER-FIZEAU, obtenir la suma de dues velocitats anomenades absolutes: la del focus i la de l'observador, perquè rarament, per no dir mai, cap dels dos estarà immòbil respecte a l'èter.

Aquestes contradiccions i anomalies desapareixen per complet en la teoria corpuscular-ondulatòria. En efecte: en aquesta teoria, la simetria sempre serà perfecta, essent

$$\frac{V+V'+v}{\lambda}$$

la freqüència quan s'apropin el focus i l'observador, i

$$\frac{V+V'-v}{\lambda}$$

quan s'allunyen o, si es vol:

$$\frac{2 V+v}{\lambda} \quad \text{i} \quad \frac{2 V-v}{\lambda}$$

Podria continuar amb altres consideracions respecte a la meua teoria corpuscular-ondulatòria de la llum aplicada a diferents fenòmens, com el desplaçament de l'espectre solar envers el roig, pel qual s'obtenen els mateixos valors que en la teoria de la relativitat, però sense recolzar-se en els seus principis absurds; com la transformació de les estrelles en enanes en les últimes etapes de llur vida còsmica, resultat de la pèrdua de matèria per radiació; com la conservació de l'energia solar, d'origen interatòmic; com el desviament de les imatges estel·lars en les proximitats del Sol durant els moments dels eclipsis totals, desviament que s'ha considerat erròniament com una prova de la teoria de la relativitat, quan, en realitat, és una comprovació de la meua teoria, conforme he demostrat en la *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*; com també altres consideracions més. Però tot això ha estat ja publicat per mi i amb tot detall en diferents llocs (principalment en el *Butlletí de la Secció Astronómica de l'Observatori Fabra*) i es separa ja de l'estudi intrínsec de la radiació dins de la meua teoria, de la que solament em cal donar un esbós general en els seus punts essencials.

Del que sí parlaré uns moments, és de l'objecció oposada per SITTER a la teoria corpuscular aplicada a les aparences que ofereixen les estrelles dobles espectroscòpiques. Evidentment que si els fotons consistissin en partícules independents les unes de les altres, llurs moments d'arribada, per a un observador situat a gran distància de l'estrella doble, estarien completament pertorbats per efecte de la variació del sentit del moviment de dita estrella doble, i això provocaria una confusió general en l'ordre de posició dels fotons, en desacord complet amb l'espectre d'aquestes estrelles i amb els principis més definitius de l'Òptica física, puix que en aquesta forma desapareix tot concepte d'onda.

Aquesta greu objecció (segons alguns) queda completament desvirtuada, tenint en compte el que s'ha dit des del principi d'aquest treball; això és, que l'entitat emissiva no està constituïda per partícules independents sinó que forma una entitat elàstica en la qual tots els seus elements (protons o fotons) estan lligats entre ells per forces elàstiques d'atracció i repulsió. Així resulta que els impulsos negatius o positius de les estrelles d'un sistema espectroscòpic donen lloc a ondes longitudinals que es propaguen tot al llarg dels fillets, produint contraccions o dilatacions de les ondes transversals que es tradueixen per variacions de freqüència, i aquestes, a llur torn, per variacions de refrangibilitat, d'acord amb l'observació.

Acabaré recordant que en el número 1 de l'any 1930 del *Butlletí de la Secció Astronómica de l'Observatori Fabra*, exposo un procediment perfectament practicable que permetria—recolzant en un efecte de primer ordre, i no de segon, com ocorre en l'experiència interferencial de MICHELSON—comprovar, en forma indiscutible, si ha de prevaldre la teoria ondulatòria de l'èter o bé la meua teoria corpuscular-ondulatòria. És una comprovació que, encara que estic cert dels seus resultats favorables a la meua teoria, seria interessant en si mateixa, almenys per a convèncer els indiferents i els entestats a no deixar-se convèncer, encara que incapaces de presentar cap objecció digna d'ésser atesa. Però no és fàcil, per ara, donat l'ambient científic que es respira aci, que pugui portar-se a cap l'execució d'aquesta tan senzilla com interessant experiència d'òptica.

JOSEP COMAS I SOLÀ