

Ressenya

SOBRE'L PRINCIPI DE RELATIVITAT

Un físich eminent (1) va dir l'any passat a Karlsruhe que la teoria de la Relativitat ha deixat d'esser actual. Es a dir, que es ja clàssica, encara que no tingui més de sis anys. Comensa a sortir tot just de les revistes y es exposada en llibres. Probablement el primer que ha sortit dedicat a l'exposició monogràfica de tan important teoria de la Física moderna es la obra de Laue, publicada l'any passat (2).

El llibre està dividit en dugues grans parts; en l'una's tracta l'Electrodinàmica del buyt, en l'altre l'Electrodinàmica de la materia. Serveixen de pauta'ls fets que han d'explicarse, reguladors de l'hipòtesis; com a detall hi va un capítol sobre'l càlcul vectorial de quatre dimensions, y al final s'hi troba l'adaptació de la Mecànica ordinària y la Termodinàmica al llenguatge y rahonament relativistas. En la primera part segueix les petjades de Einstein, de Minkowsky; en la exposició vectorial s'hi reconeix l'influencia d'en Sommerfeld, de qui es ajudant l'autor en la càtedra de Física Matemàtica de l'Universitat de Munich; en l'exposició de l'Electrodinàmica de la materia segueix el geni del malograt Minkowsky, indicant de pas son procediment original pera deduir la fórmula de Fresnel, dita del traginament parcial; en l'última part, finalment, fa gran ús dels treballs d'en Plank y d'en Mosengheil.

D'entre'l nombre infinit de fenòmens elèctrichs, n'escull l'autor vuyt de fonamentals. Y son:

Primer. Esdevé que tota variació del flux F de l'inducció magnètica B al través de qualsevulga superfície, dona lloch a una forsa electromotriu al llarch del contorn de la meteixa, igual a

$$-\frac{1}{c} \frac{\delta F}{\delta t}$$

(1) Sommerfeld. *Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte*. Karlsruhe, 1911.

(2) Laue: *Das Relativitätsprincip*. Brunswick, 1911.

essent c la velocitat de la llum 3×10^{10} cm. sg.^s y prenent per unitats fonamentals les electrostàtiques de Heaviside en que la forsa que s'exerceix entre dues càrregues puntuals e y e' vé donada per

$$\frac{ee'}{4\pi r^2}$$

essent r sa distancia.

Segon. L'experiment de Wilson. Esdevé que, al moure una placa dielèctrica entre les armadures planes d'un condensador, comunicant d'altra part aquestes entre sí per medi d'un fil de coure, si normalment a les armadures hi ha establert un camp magnètic H , del fet del moviment del dielèctric, se carreguen les armadures ab densitats elèctriques iguals a

$$\pm (\epsilon - 1) \frac{q}{c} H$$

essent ϵ la constant dielèctrica, q la velocitat del dielèctric.

Tercer. Al moure varis cossos electrisats ab càrrega del meteix signe uns derrera dels altres provoquen els meteixos efectes magnètics que lo que s'en diu corrent. Per aquest motiu, del traginament de conductors se'n diu també corrent de convecció o de Rowland, y la llei electromagnètica fonamental de tota corrent es:

$$\text{curl } H = \frac{I}{c}$$

en que I es la intensitat o càrrega elèctrica que atravessa normalment l'unitat de superfície en l'unitat de temps.

Quart. Esdevé que, al moures una placa dielèctrica entre les armadures d'un condensador carregat, en el vehinat de cada cara s'hi observen efectes magnètics, es a dir el moviment del dielèctric fa com una corrent anomenada de Roentgen. Es una corrent que si s'atribueix a càrregues superficials en la cara del dielèctric, dona com a densitat de càrrega necessaria per produhir els esmentats efectes

$$\pm (\epsilon - 1) E$$

essent E la forsa elèctrica deguda a la diferencia de potencial entre les armadures. Si's mouhen armadures y tot junt ab la placa, no hi ha efecte magnètic.

Quint. Esdevé que, si's trameten en el meteix sentit dos raigs lluminosos per dos canons paralels e iguals, en que hi corri aigua en sentits contraris ab velocitat q ,

sembla que l'aigua arrocegui una mica el raig que's mou en el meteix sentit que ella, perque'ls dos raigs que segueixen camins geomètricament iguals, interfereixen com si's moguessin ab velocitats

$$c_r = \frac{c}{n} \pm q \left(1 - \frac{1}{n^2} \right)$$

Sisè. Es un fet l'aberració de les estrelles.

Setè. Ho es també el principi de Doppler comprovat fins sense sortir de la Terra ab els experiments de Galitzin per exemple.

Vuytè. Experiment fonamental de Michelson. Es la pedra de toch, l'origen determinant y la base experimental de la teoria de la Relativitat. De tots els fets coneguts, de tots els esmentats, l'únich que demana, per dirho així, el postulat de la Relativitat es aqueix. Si no succehís el fet tal com passa, ningú hagués pensat encara en el terra-bastall de les idees correntes sobre l'espai y'l temps a que obliga'l paradoxal principi, ja clàssich en la Física.

L'experiment de Michelson, que explica perfectament la teoria relativista, es un resultat negatiu (1). S'espera observar una interferencia y no's pot observar. Vol dir que, un sol fet positiu, una observació positiva, tiraria per terra la teoria. ¿Hi ha, donchs, rahons poderoses perque s'admeti'l postulat? Sembla que sí. Encara que destrueixi la nostra manera de pensar, fins el nostre llenguatge, adaptat fins ara a la mecànica ponderable, son modo d'explicar els fenòmens es d'una unitat meravellosa. La forma de que l'ha revestit el geni de Minkowsky es tan esplèndida, que tot esperit mitjanament educat en l'especulació s'en enamora prompte, se l'apropia y el maneja en sos rasonaments.

L'experiment famós de Michelson es ben conegut. La dificultat d'explicarlo salta a la vista; perque, si bé bastaria dir que'l medi que trasmet la llum se mou ab l'observador, tal explicació'ns posa en greus apremis pera explicar l'aberració y'l traginament parcial manifestat en l'experiment de Fizeau.

Finalment, com a última serie de fets, recorda l'autor el resultat negatiu de tots els experiments que s'han fet per trobar l'influencia del moviment de translació de la terra sense recórrer a medis fóra d'ella.

Tots aquets fets els explica la teoria de Lorentz sobre'ls electrons, es a dir, la hipòtesis corpuscular de l'Electricitat junt ab les equacions de Maxwell Lorentz pera definir matemàticament l'Eter y les propietats electrodinàmiques de la materia. Laue fa un breu resum de la teoria del gran teòrich de Leyden, de la teoria que portà

(1) Igual se pot dir del experiment de Trouton Noble.

a la noció de temps local y per l'introducció de la contracció longitudinal donà lloch a que les equacions referides al sistema mòvil se presentessin en la mateixa forma que en el sistema fixe, punt de partida del postulat relativista, que agafantho al revés, ho pren com a principi experimental. S'ha dit que la teoria de Lorentz era la bastida del edifici relativista. Un cop aixecat aquest, la bastida no cal, y per això pot enunciarse la teoria independent de la noció del èter, base fonamental de la de Lorentz, que'l suposa fixe en els espays, admetent per això meteix un sistema d'axis de referencia privilegiats, aquells en que l'èter fora fixe.

Hem dit que'ls experiments fets pera provar l'influencia del moviment no accelerat d'un sistema ab els fenòmens electrodinàmichs que's desenrotllen dintre seu, han tingut resultats negatius.

Donchs bé, el principi de la relativitat no es més que l'inducció d'aqueixes negacions. El principi de relativitat en una de ses parts estableix el resultat negatiu com a postulat, y ab tota generalitat suposa que no es possible de cap manera senyalar ni observar cap influencia d'un moviment sense acceleració comú a l'observador y als objectes en que's desenrotllen els fenòmens electrodinàmichs. Y, com la Mecànica ordinaria té fins aquí'l mateix principi, ja que la llei de Newton deixa indeterminat el sistema de referencia mentres aquest se mogui sense acceleració, resulta que tots els fenòmens naturals tenen una triple pluralitat d'axis de referencia pels que les lleys revesteixen determinada y senzilla forma matemàtica. Tots aquests axis se mouen sense acceleració. Aquesta es la primera part del principi de relativitat.

La segona es: la llum se propaga en el buyt ab la mateixa velocitat per tots els sistemes d'axis anteriors. Aquesta, veritablement paradoxal, se suposa establerta per l'experiment de Michelson. El principi de relativitat es, donchs, experimental, dintre de totes les limitacions que's deduheixen del rahonament anterior. A pesar de la relativitat atribuïda als sistemes d'axis, el número 3×10^{10} es igual en tots ells, en quant representa la velocitat de transmissió de les accions electrodinàmiques y de la llum en el buyt.

Enunciat per l'autor de la obra *Das Relativitätsprinzip*, el principi, poch més o menys en la forma anterior, que ve a esser la que li donà Minkowsky, passa a cercar les transformacions de Lorentz que permeten referir l'un a l'altre dos sistemes d'axis sense acceleració defenida com a relacions lineals de les coordenades y'ls temps en cada hu que deixen invariant l'ecuació de propagació de les ones elèctriques en el buyt:

$$\Delta\varphi = \frac{1}{c^2} \ddot{\varphi}$$

Y, ab una insignificant limitació per ferles traductibles a dos sistemes, l'un dels quals se mou de modo que'l seu origen recorri l'axis de les x de l'altre ab velocitat q , essent sos axis paralels als de l'altre, troba que s'ha de tenir:

$$\left. \begin{aligned} x' &= \frac{x - qt}{\sqrt{1 - \frac{q^2}{c^2}}}, & y' &= y, & z' &= z \\ t' &= \frac{t - \frac{q}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{q^2}{c^2}}} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

En aquestes fórmules de Lorentz els elements accentuats representen els propis d'un sistema d'axis, els no accentuats els propis de l'altre. Així es, que, en la Relativitat, deixen l'espai y'l temps de tenir una existencia objectiva absoluta, depenent de la velocitat del sistema a que's refereix el fenòmen. L'observador que's mou ab un sistema, conta l'espai y'l temps segons correspon a aquell sistema. Un altre observador que'l vegés moure, encara que'ls seus aparells de comptar, *posats junts*, fossin iguals, els veuria anar d'altre manera que'ls seus, quan se moguessin respecte d'aquests y d'ell.

Les transformacions que defineixen el grupu de Lorentz son el fonament de tota la Cinemàtica de la Relativitat desenrotllada per l'autor en el capítol 7.

D'elles ne treu Laue les paradoxes més conegudes, la dels dos rellotges iguals, l'un dels quals al moures respecte de l'altre, atrassa; la de dues longituds iguals en repòs, una de les quals, al moures, se veu més petita, etc., etc., paradoxes que deriven de la conservació del número 3×10^{10} , la qual determina una «definició» de simultaneïtat, que es el punt de partida del treball fonamental de l'Einstein datat de 1905. Dos fets simultanis pera cert subjecte poden no serho pera un altre: tot depèn de son moviment relatiu. En el comptar especial per cada sistema d'axis, de l'espai y del temps està l'essencia del relativisme.

En l'exposició de la cinemàtica, l'autor explica ademés com son impossibles velocitats superiors a la de la llum que farien imaginaria la transformació de Lorentz, estableix la regla de composició de velocitats y aplanava la dificultat que resulta d'haverhi medis en que l'índex de refracció es més petit que hú, dihent que l'índex no respòn a la velocitat del cap de l'ona ni de l'ona, sino del grupu, en un tren regular d'ones establertes.

En el capítol següent (vuytè) l'autor exposa la genial interpretació de Minkowsky, sos punts mundials (fets) que recorren linies d'un espai de quatre dimensions. Segons

l'exposició del mestre, el lector aprèn la mètrica de Minkowsky, de la qual, les unitats fonamentals de mesura son els diàmetres conjugats del espay hiperboidal

$$x^2 + y^2 + z^2 - u^2 = \pm 1 \quad (u=ct)$$

Y prenent peu del diagrama pla, refà'ls enunciats de les paradoxes ja exposades.

En el capítol nou, seguint sempre al gran teòrich de Göttingen s'introduheix l'element imaginari en la quarta dimensió, l'espai hiperboidal se transforma en elíptic i les transformacions de Lorentz adquireixen la forma d'un cambi de coordenades en un espai euclideo, però ab una coordenada imaginaria.

Tal es el fonament de la nova mètrica, la geometria de l'invariant

$$x^2 + y^2 + z^2 + l^2 \quad (l=ict);$$

que porta a considerar els tetravectors, els hexavectors corresponents als moments de la geometria de l'invariant

$$x^2 + y^2 + z^2,$$

y els decavectors corresponents als triple-tensors de teoria ordinaria de l'Elasticitat.

Els capítols 11, 12 y 13 estenen a la nova geometria'ls resultats més capdals de la teoria ordinaria de vectors, teoremas de divergencia, de curl, etc.

L'article 14 comensa en l'adaptació a la forma vectorial nova de les equacions fonamentals de Maxwell-Lorentz. Se demostra com la forsa elèctrica y la magnètica se poden pendre com a components reals o imaginaris d'un hexavector M la tetradivergencia del qual sigui precisament la corrent de convecció P. Es aquest un resultat, degut a Minkowsky, la bellesa del qual no sabem com ponderar. En aquest encaixament de les equacions de Maxwell-Hertz en la nova forma vectorial, queda, ipso-facto, demostrada la invariancia per les transformacions de Lorentz y les equacions de pas, o sigui: que les forces elèctriques y magnètiques, se transformen com a components d'un hexavector.

L'autor deduheix en el capítol 15 que la forsa F total sobre l'electron es la tetradivergencia d'un decavector T igual al quadrat tensorial de M. El vector T té sis components que son les tensions y pressions de Maxwell, tres components que son proporcionals a les del vector energia radiada, anomenat vector S de Poynting, y una última component que's l'energia W existent per unitat de volum, segons resulta de l'interpretació adequada de la component de la forsa sobre l'axi imaginari dels temps:

$$\frac{dW}{dt} + (qF) + \text{div}(S) = 0$$

Aquesta interpretació'l du a la noció d'impuls electromagnètic necessari per conservar, ab l'impuls mecànic, el principi d'igualtat d'acció y reacció. Si, en efecte, la llum exerceix pressió sobre'ls cossos, la llum, o la radiació en general, té que tenir impuls, o lo qu'es igual, té que tenir inercia. Acaba'l capítol 15 ab les fòrmules de transformació pera totes les components de T aplicades a la transformació (1).

En el capítol 16 s'hi troben explicades, segons la teoria anterior, l'aberració (fet sisè) y el principi de Dopler en la reflexió per un mirall mòvil o experiment de Galitzin (setè).

El 17 tracta del camp electromagnètic d'un electron sopusat esfèric en repòs, per un observador que'l vegi moures sense acceleració. El camp s'obté com a transformació del camp electrostàtic per un sistema d'axis que's mogui ab l'electron. Calculada la forsa que'l camp propi de l'electron exerceix sobre d'ell mateix, se troba zero. Per la mateixa transformació del camp electrostàtic d'un condensador, calcula l'autor el parell que dèu haver de sofrir un condensador carregat per l'efecte del moviment de la terra, parell que demostrarà en el capítol 27 esser compensat per les forces elàstiques internes, compensació que explica'l clàssic experiment de Trouton y Noble que no pogueren trobar cap variació al carregar o descarregar un condensador penjat d'un fil.

El capítol 18 tracta d'un assumpte delicat. Del camp electro-magnètic d'un electron ab moviment rectilini accelerat, suposant que l'acceleració sía petita y tal, que fos constant per l'observador ideal que's mogué un instant ab la velocitat de l'electron, qualsevulga que fos l'instant en que's fes la mesura de l'acceleració (moviment hiperbòlic). Difícil es aquest problema, no ja per les dificultats de càlcul, que a la fi son qüestió de poca importància, sino perque es una extrapolarció al cas d'existir acceleracions d'una hipòtesis que sols té validesa per moviments sense acceleració. Se suposa, no obstant, que l'acceleració es petita. L'importància dels moviments accelerats es extraordinària, ja que la radiació vé directament referida a n'ells. Per això es encara un terreny pera explorar la qüestió de les acceleracions en la teoria relativista. Admetent pel moviment hiperbòlic les transformacions de Lorentz, l'autor, deprés d'un hermos anàlisis que'l porta a l'expressió matemàtica dels potencials retardats de Lorentz y Lenard-Wiechert, conclou que la forsa sobre l'electron produïda pel propi camp, pot desenrotllarse en series, segons la potencia de l'acceleració, y que prenent el primer terme, el valor de la forsa resulta esser igual a la derivada respecte al temps de lo que s'ha definit com impuls. D'aquesta manera s'introdueix la forsa d'inercia, la forsa que'l camp electromagnètic degut al moviment hiperbòlic exerceix sobre'l mateix electron. Mes la deducció es vàlida ab totes les salvetats que he apuntades. Ab aquest capítol acaba la primera part de l'obra. El lector que desconeix els rahonaments relativistes, al llegirla de primer enduvi no deixarà de quedar extranyat més d'una vegada. Mes

poch a poch s'hi anirà acostumant, com ens hem anat acostumant ab les equacions de Maxwell y ab totes les idees més o menys genials que han cambiat nostra manera de pensar. Recordis els treballs que passaven els contemporanis de Newton pera pahir l'idea de la forsa formulada en les avuy senzilles paraules: la forsa es la massa per l'acceleració.

La segona part del llibre tracta l'Electrodinàmica de la Materia.

L'exposició de aquesta segona part exigiria aquí una exposició més sistemàtica, l'adaptació al principi de relativitat de les lleys del camp electromagnètic establertes pel buyt, introduinhi les forses entre les molècules y'ls electrons, les quasi elàstiques en els isoladors, la del xoch en els metalls, la del moviment cíclic especial dels cossos magnètics. Mes l'autor confessa que hi ha dificultats. Minkowsky, en la seva primera electrodinàmica de la materia, pera obviarles, l'exposà d'un punt de vista purament fenomenològic donant a les tres constants elèctriques característiques de la materia: poder inductor específic, susceptibilitat magnètica y conductibilitat, valors determinats independents de tota hipòtesis electrònica. Es sabut com Lorentz, ha lograt ab certs treballs, donàrleshi, no obstant, aquell significat y que Minkowsky en la seva memoria derrera que publicà en Born atacà el problema. Mes l'autor no ha cregut convenient seguir aqueixa marxa, y escriu l'Electrodinàmica de la materia segons la primera exposició del gran teòric de Göttingen, exposició un xich limitada per la necessitat d'aplicarse a un medi sense dispersió, apart de que l'únich moviment permès a la materia es el desprovist d'acceleració. Minkowsky arrenca d'equacions que sigui fàcil vestir al llenguatge vectorial relativista y que's reduheixen a las de Maxwell, ab la sola diferencia que la corrent total se compona de corrent de polarisació y desplassament, corrent de conducció y corrent de convecció.

En el capítol 20 s'ocupa en la transformació dels vectors elèctrics y magnètics, y defineix al efecte altres dos vectors E^* , H^* els anomenats forsa electromotriu y magnetomotriu

$$E^* = E + \frac{1}{c} [qB]$$

$$H^* = H - \frac{1}{c} [qD]$$

(E y H forses elèctriques y magnètiques, B y D inducció magnètica y polarisació elèctrica) y n'estudia les fórmules de transformació, essent conduit a una forma de ley de Ohm, en que la intensitat de conducció vé donada en funció de q y E^* .

En el capítol següent s'analisa la nova ley d'Ohm, les lleys de l'inducció en la

nova teoria, les condicions en els límits, s'expliquen els experiments de Wilson (segon fet de la serie exposada al començament) d'Eichenwald (quart) y d'un modo original y propri d'en Laue, el de Fizeau (quint). El primer y'l tercer resulten de formular les equacions de Maxwell, punt de partida; l'experiment de Michelson s'explica d'ell mateix en la teoria de la Relativitat, així com els altres experiments negatius de que ja parlarem.

D'aquesta manera el lector pot donarse per satisfet: se li ha presentat un esquema matemàtic del que'n pot treure l'explicació de tota una serie de fets que l'electricitat li ha ensenyat. ¿Quin altre més immediat es l'objecte de tota teoria física?

Pero de les teories ne surten altres conseqüencies que prevenen fets; recordis sino la telegrafia sense fils, que ha sortit de la simetria d'unes fórmules induïdes pel geni de Maxwell! Per això tota teoria deu apurarse fins l'últim extrem, y en els capítols 22 y 23 l'autor estudia la calor de Joule, l'inercia de la energia, explicant com ab aquesta noció se pot comprendre que una forsa actuï sobre materia y no l'acceleri sense esser equilibrada per altra força en la mateixa materia; y com ne deriva'l càlcul de la pressió deguda a la radiació.

Prenent peu de que l'equilibri de les forces en tots els sistemes, exigeix per elles les mateixes transformacions, sigui'l que vulgui'l seu origen; examina l'autor la forsa en el sentit de Newton, y seguint a Plank, defineix la massa com a límit del quocient entre l'impuls y la velocitat al tendir aquesta a zero. D'aquesta definició resulta per la massa

$$m = \frac{W + pV}{c^2}$$

essent W la energia, p la pressió sopusada uniform y V el volum. Aquesta fórmula es purament teòrica, pero, ¿hi hauria medi de comprobarla? Si's comprobés tindria una importancia excepcionalissima. Desgraciadament sembla difícil, perque essent c^2 molt gran, el numerador, y per consegüent W , energia interna de les molècules, deu esser enorme, y'ls procediments coneguts de la Física sols poden variar en quantitats molt petites l'energia interior dels cossos, per exemple, en els canvis d'estat. Mes, que l'energia interna deu esser efectivament molt grossa, sembla deduirse de la perdua d'energia dels cossos radioactius. El dia que sigui possible coneixe la perdua de massa en la radiació y transformació dels cossos radioactius d'un modo més exacte qu'avuy, aquell dia podrà comprobarse la fórmula anterior.

Seguint un treball de Plank de l'any 1908, l'autor dedueix per les transformacions (I) els valors de l'energia, l'impuls, etc., per un sistema en moviment sense acceleració en funció de les mateixes quantitats per un sistema en repòs. Entre les varies con-

seqüències d'aquest estudi, l'autor senyala com es necessària una força per a mantenir la velocitat d'un cos al que se li comunica calor, lo que no es més que un altre enunciat del principi de l'inèrcia de l'energía.

En el capítol 26 se tracten els esforços interns, molt importants per a desfer certes paradoxes; en el 27 analisa la massa dinàmica en sos aspectes estàtic i cinètic, la dinàmica d'una esfera carregada i sa massa (electron) i aplica les tensions internes a la explicació del experiment de Trouton Noble.

Els capítols 28 i 29 s'apliquen a la Termodinàmica i a la Radiació del cos negre. Limitant-se a moviments de translació, a pressions uniformes i processos reversibles, després de sentar que l'Entropia es un invariant per a les transformacions de Lorentz, dedueix les fórmules de transformació de la temperatura (iguals que les del volum) de les que resulta que, en un moviment adiabàtic per l'observador, baixa la temperatura dels cossos. Ab aqueixes premisses fàcil es deduir les transformacions del potencial termodinàmic H , fórmules que, com les anteriors, foren deduhides per Plank en 1908. Acaba'l capítol ab la demostració de que també

$$\int_{t_0}^{t_1} H dt$$

es un invariant.

En el capítol 29 estudia la radiació del cos negre, no ponderable, però sí inert, definida per l'Entropia i la temperatura, dedueix en l'estat estàtic la fórmula de Boltzmann, i per l'estat dinàmic de moviment no accelerat dedueix els valors del potencial termodinàmic, de l'energía, de l'impuls, etc., de la radiació del cos negre.

Acaba fent avinent que'l principi de la relativitat no ha portat encara a cap contradicció ab l'experiència, i que si bé algunes coses, v. g., la Gravitació, no s'expliquen, i no cauen dintre dels seus límits a pesar d'esfossos de grans teòrics com Poincaré, Minkowsky i Sommerfeld, explica ab relativa senzillesa moltes altres.

S'han publicat bastants escrits sobre'l principi de Relativitat com els fonamentals d'Einstein i Minkowsky i ls de Sommerfeld, Born, Ignatowsky i Wiechert entre altres. Ha sigut també objecte d'exposicions més o menys vulgarisadores com la de Castelnovo per no citar-ne més, però el llibre d'en Laue conté l'exposició més completa que cap y's presta admirablement per estudiar la teoria. Es recomanable desde tots punts de vista. Dels treballs fonamentals d'en Einstein, Minkowsky i Plank poch o res hi manca. Potser no hagués fet nosa guiar-se un xich de la derrera memoria de Minkowsky i encabirhi'ls treballs dels geomètres que com Ehrenfest, Born i Herglotz estudien la mecànica dels cossos rígids i deformables a la llum de la nova teoria.

¿Altera aquest principi's conceptes vulgars de l'espai y del temps, les manifestacions o successions aparents y grolleres dels metres y de les hores? No. El coeficient d'escursament o de retràs es

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{q^2}{c^2}}}$$

y $c=3 \times 10^{10}$ cm. sg.^s Es per consegüent un número molt vehí de l'unitat a menys que q sigui moltíssim més gran que la velocitat de la més ràpida bala de canó. Mes l'impossibilitat de l'observació grollera sols pot deixar d'interessar al vulgar quan vé demanada per altres fets, encara que costi un terrabastall de les idees consagrades d'espai y de temps, adequades a la mecànica clàssica dels cossos ponderables. L'Electricitat no es Mecànica, ni solament ses forces son reductibles a les de la Mecànica; la diferencia ha arribat ab l'estudi de les manifestacions d'aquella a tal extrem, qu'es precís un nou llenguatge adaptat a una nova manera de pensar.

¿Se trobarà encara en l'esdevenir una nova energia que capgirarà lo que l'Electricitat ens dona avuy de sí? Segurament. Tants anys ha estat l'Humanitat ignorant la Electricitat! Tants sense sapiguer que l'Electricitat y la Llum podien reduhirse a una mateixa energia!

E' principi de relativitat es admés avuy per quasi tothom. En les càtedres de Física s'adopta, generalment, son llenguatge. Alguns (Wiechert) no poden, però, admetre l'inutilitat del èter.

E. TERRADAS

ESTUDIS SOBRE'L PENSAMENT FILOSÒFICH DELS JUEUS ESPANYOLS A L'EDAT MITJA

I. L'Europa cristiana occidental havia caigut després dels temps carolingis en un estat de fosca y bàrbara ignorancia, en la dispersió de petits reyalms, entregats al pillatge d'una aristocracia feudal que ni en les arts, ni en el conreu de l'esperit, ni en l'elegancia d'un tracte social plè de gentilesa podia compararse ab la cort dels Califes d'Occident a Córdova, ni ab les dels reyets de l'Andalus, després de la desfeta de l'im-

peri ommeyyada. Mentres Abdul Rahman y Alhakem y'ls seus visirs preferien un hermós poema a una victòria y protegien als gramàtics y als filòsofs, una vida pobre y dura mantenía els senyors cristians en lluites barbàres y'ls enfonzava més y més en l'oblit de la saviesa antiga.

En l'escola palatina de Carlemany, primer Alcuí, després Joan Scot Erigena posaven els primers fonaments de l'escolàstica sobre una fragmentària coneixença de Plató, casi reduïda a comentaris del *Fedon* y del *Timeu*, y sobre'l neo-platonisme estudiat en l'*Isagogi* de Porfiri y en alguns Pares de l'Església, principalment en Sant Agustí. Tal vegada coneixien l'*Organon* d'Aristòtil que s'ha dit si Haroun er-Rachid envià complet a Carlemany. La pobresa filòsòfica dels temps no havia donat en quatre segles gaire cosa més que les pobres concepcions de Boeci, Cassiodor, Isidor de Sevilla, y'l venerable Beda de Warmouth. Les doctrines heterodoxes de Scot Erigena ab el seu Deu supra-inefable y supra-ininteligible 's perden en un panteisme místich, y encara ha de passar molt temps fins que Anselm de Cantorbery (1033-1109) ab el seu *Prosologi*, Abelard (1079-1142) y Bernard de Citeaux (1091-1153) aixequin el pensament cristià occidental a una més alta concepció del món.

Mentrestant a l'Orient aràbig s'havia encès la primera flama renovadora de la saviesa antiga, després de la conquesta d'Alexandria y de l'establiment a la ribera esquerra del Tigris de l'Universitat de Bagdad. No tots els llibres s'havien cremat a Alexandria; en la Siria y en la Mesopotamia circulaven traduïdes pels monjos siriachs nombroses obres de la filosofia grega (1); y en alguna vila, com ara Harrân, hi restaven vives les darreres espurnes de la civilització helènica. Els kalifes abbassides protegiren l'incorporació a les lletres aràbigues de la ciència antiga y per aquesta canal l'Occident cristià entrà en possessió dels treballs d'Aristòtil. El-Hadjdjâdj el-Hâsib traduï a llengua aràbiga l'*Astronomia* de Ptolomeu, ab el títol d'*Almagest*, y'ls *Elements* d'Euclides y després foren traduïdes obres d'Aristòtil, Plató, Galen, Hippocras, Dioscòrides y d'altres (2).

Aqueixa incorporació de la filosofia helènica en la literatura aràbiga va determinar un moviment original cap a l'humanisme, ben superior, en amplaria y elevació del pensament, a la bàrbara cultura occidental d'aquells temps. Abou-Naçr Mohammed EL-FÂRÂBI explicava en la primera meitat del segle x, en els jardins que enronden la ciutat d'Alep les seves lliçons derivades de Plató y d'Aristòtil, de qui's deya que

(1) Clément Huart: *Littérature Arabe*. París, 1902, p. 278 ss.

(2) Huart. Obra dita, p. 279 y ss., cita Yohannâ ben Batrik († 815), que traduï la *Política d'Aristòtil*; Abd-el-Mésih, que traduï *La Teologia d'Aristòtil*, segons Porfiri; Qostâ ben Louqa de Baalbek, traductor de gran nombre d'obres gregues; Abou-Zéid Honéin ben Ishaq, que traduï l'*Antich Testament*, el *Timeu* y la *República* de Plató, els *Aforismes* d'Hippocras, les obres de Galen y de Dioscòrides y d'altres. El seu fill traduï les *Categorías* d'Aristòtil; Hobéich ben el-Hasan, Abou-Bichr Mattâ ben Yoúnous y altres.

havia llegit dos centes vegades el *Tractat de l'Anima*. «Si arribo a viure al seu temps, solia dir, hauria estat el capitost dels seus deixebles.» Després de la seva mort (950), una mena de societat de filosofhs anomenats Ikhwân eç-Çafâ (els germans de la puresa) escribia en 51 tractats la suma de la filosofia aràbiga.

Fins als comensaments del segle XI no apareix Avicena (Abou 'Ali el-Hoséin IBN SINÂ) el gran metge del Canon de la Medicina, que va tractar en les seves obres de totes les ciencies conreuades aleshores al Orient, però que per demunt de tot fou un gran filosofh. Després de la seva mort (1037) y al mateix temps que l'Orient sent la fascinadora paraula d'el-Ghazâlî (1059-1111), el gran teòleg chaféita, els musulmans d'Espanya comencen a assolir l'hegemonia del pensament filosòfich. Ibn Abi-Randaqa (1059-1129), el gran asceta de Tortosa, Avenpace (Abou-Bekr Ibnes-Sâïgh Ibn Bâdjja), el filosofh de Saragoça titllat de lliure-pensament, Ibn-Tofaïl, el seu deixeble de Cadiç (mort en 1185) y Averroes (Abou 'l-Wélid IBN ROCHD), de Còrdova (1126-1198), ab el seu pregón esperit d'investigació que no s'atura davant de cap heretgia, son la més alta y la més noble representació de la filosofia aràbiga en el seu temps.

El pensament d'Aristòtil en la seva més complerta manifestació y'l propòsit de congeminarlo ab el sentiment relligiós de l'Islam son l'objecte y'l motor d'aquest moviment filosòfich. En algunes altes figures s'arriba a la concordia, en altres ara domina'l misticisme, com en la secta dels sants, els Soufís, es a dir, *gent vestida de llana*, ara s'entra en una ortodoxia peripatètica, com en els Motekallemim, els doctors del Kalâm, «paraula», «discurs», «especulació», els dialèctichs *de la ciencia dels fonaments de la fè apoyats ab probes* (1), ara triomfa un racionalisme heterodoxe, com en els Mo'tazélites la secta fundada per Wâsil ben 'Atâ, que en la lluita sobre si'l Koran era etern o havia sigut creat, se decidí per la segona hipòtesis.

II. En aqueix estat de les civilisacions cristiana y islamítica va formarse y brillà ràpida y esplendent la gran renaixensa filosòfica dels jueus espanyols en els segles X, XI, XII y XIII a que fan referencia totes les obres que seràn objecte d'aquesta ressenya bibliogràfica, talment que'l paragraf anterior no té altre objecte que situar en la corrent general el pensament dels nostres jueus y justificar algunes afirmacions que's feràn en aquest treball sobre la seva anticipació en comparansa ab les manifestacions cristianes y islamítiques.

Saadia ben Joseph de Fayoum (892-942) havia donat als jueus de Babilonia, essent gaon de Sora, un sistema complet de filosofia relligiosa, com no'l tenien encara 'ls

(1) Teftazâni, comentador dels *Aqâcid* de Neséfi, citat per Louis-Germain Lévy, *Maimonide*. París, Alcan, p. 4.

arabs (1), planant per demunt dels *Caraites*, hebreus que sols acceptaven l'interpretació directa, més o menys racionalista de la Tora, y dels *Rabbanites*, que reconeixien la lley oral fixada en la *Mischna* y en els seus comentaris, *ghemara*, que formen juntament el Talmud. A la mort de Saadia l'Academia de Sora caigué en tant gran decadència, que'ls jueus d'allí enviaren quatre joves talmudistes a recullir diners en les comunitats estrangeres, pera que no s'hagués de tancar l'escola fundada per Rab. Mes el vaixell en que viatjaven fou fet presoner y un dels quatre, Moïsses ben Hanok, sigué venut com esclau a Còrdova, ahont fundà la primera escola talmúdica, independent dels gaonats de Sora y Pumbadita (2).

A historiar el moviment filosòfich jueu que comensa ab l'arribada de Moïsses ben Hanok a Còrdova y culmina en l'obra de Moïsses ben Maimon dedica *D. Adolfo Bonilla y San Martín* el volum segon de la seva *HISTORIA DE LA FILOSOFÍA ESPAÑOLA* (3). Si's té present que ja estava molt avensat el sigle X quan Moïsses ben Hanok († 965) comensà a explicar les seves lliçons a Andalusia, se trobarà extrany que'l Sr. Bonilla posi en la coberta dels seus llibres, com a dates que limiten el moviment historiat, els segles VIII-XII. No obstant, això s'explica per haver dividit l'època següent a la goda en un període cristià, un altre jueu, y un altre musulmà, fixant per tots tres els límits dels segles VIII-XII.

Aquest volum compren fins a la mort de Moïsses ben Maimon (Maimónides en castellà y en els documents catalans de l'Edat Mitja Mossé d'Egipte), ab un capítol que tracta dels seus comentadors. En el primer apèndix se conté la versió castellana de poesies de Jehudà Halévi y d'Abengabirol; en el segon hi ha un fragment de la versió castellana del *Moréh Nebukhim* de Maimon, feta en el sigle XV per Pedro de Toledo, y en el tercer hi ha alguns suplementes al volum I de la propria Historia.

El volum està principalment dedicat a l'estudi de la vida, obres y comentadors de Abengabirol (Salomó Ibn Gabirol, conegut també per Avicebrol y Avicebron) y de Maimónides (4). Com observacions pera una segona edició, ens permetem indicar al Sr. Bonilla: a) Seria preferible dedicar un volum a historiar el pensament filosòfich dels jueus espanyols, en tant que no's confonen ab la civilització cristiana, fins a la seva expulsió d'Espanya. Després de Moïsses d'Egipte son dignes de consideració alguns filosofhs jueus que no poden barrejar-se ab el moviment cristià sense que'n resulti perjudici pera la coordinació del pensament històrich; b) Es un defecte, en una obra de

(1) Graetz. *Histoire des Juifs*, traducció francesa de Moïse Bloch. París, 1893, tom 4, p. 8.

(2) Graetz. Obra citada, p. 17.

(3) *Historia de la Filosofía Española* (Siglos VIII-XII: judíos), por Adolfo Bonilla y San Martín. Vol. II, Madrid 1911. — 494 pàgines en 8.º

(4) *Abengabirol* ocupa 118 planes, *Maimon* 142 planes, els antecedents 85 planes y tot el reste de filosofhs jueus espanyols 70 planes, de les quals 30 se dediquen a Juda Halevi. Els apèndix y notes finals se'n emporten el reste.

caràcter general, dedicar a dos autors, encara que siguin Ibn Gabirol y Maimon, 260 planes y no més 70 als demés filòsops, de lo que'n surt deformada y confosa l'evolució del pensament jueu a Espanya; c) L'influencia dels filòsops hebreus y musulmans en la cultura espanyola cristiana, sobre tot l'estudi referent a l'escola de traductors de Toledo, no hauria de precedir com ara, sino venir després dels volums dedicats a estudiar els períodes jueu y musulmà.

El Sr. Bonilla segueix en les seves linies generals l'obra clàssica de H. Graetz (1), a qui, fòra de les monografies citades y de lo referent a Juda Halévi, més aviat extracta que amplia. Coneix també y cita sovint a S. Karppe (2), d'ahont ve, pel període del judaisme espanyol estudiat en el volum, una consideració excessiva de la Kabbala, y completa alguns detalls extrayentlos de la *Jewish Encyclopedie* (3). En l'estudi d'Ibn Gabirol segueix a Munk (4), si bé dona probes d'haver treballat directament sobre'l *Fons Vitæ*, que cita per l'edició de Bæumker (5); malgrat això, hem observat que'ls fragments copiats son de la traducció de F. de Castro y Fernàndez (6), y no compremem per què no ho ha de dir.

Per l'estudi de Juda Halévi (Yehudà Ha-Leví) el Sr. Bonilla presenta un extracte del *Cuzary*, diàlech filòsòfich d'aquell autor publicat pel mateix Sr. Bonilla al any 1910 (7). Les idees filòsòfiques de Maimon les extreu directament d'un estudi del *Moréh Nebukim*, llegit en la traducció francesa que Salomó Munk (8) va publicar a París, d'ahont resulten algunes deficiències en l'exposició. Pel demés, en tota l'obra del Sr. Bonilla abunden les notes bibliogràfiques, talment que la seva aglomeració, més ordenada, constituiria un dels elements més valiosos de la seva obra. L'interès universal que inspiren els jueus espanyols queda ben demostrat per la notable munió de notes bibliogràfiques, comprenentse ab ella que comença a ser possible, fins desconeixent l'arab y l'hebreu, un estudi sistemàtic del pensament jueu en l'Espanya de l'Edat Mitja.

El Sr. Bonilla dedica els capítols 4, 5, 6 y 7 del seu llibre a Ibn Gabirol. En el 4

(1) Cita l'obra per la traducció que ab el títol *Les Juifs d'Espagne*, publicà G. Stee. Levy. París, 1872.

(2) S. Karppe. *Les origines et la nature du Zohar*. Precedeix a l'obra una *Etude sur l'histoire de la Kabbale*. París, Félix Alcan, 1901.

(3) *Jewish Encyclopedie*, 12 tomos en 4.^{rt} major. New-York y Londres-Fuuk and Wagnalls Company, 1906.

(4) Munk. *Mélanges de philosophie juive et arabe*. París, 1859, p. 1-306.

(5) *Avengebrolis (Ibn-Gabirol) Fons vitæ ex arabico in latinum translatus ab Iohanne Hispano et Dominico Gundissalvo. Ex codicibus Parisinis, Amploniano, Columbino primum edidit Clemens Bæumker; Monasterii (Münster), 1895. Formis Aschendorffianis.*— Un volum de XXII+558 pàgines en 4.^{rt} major.

(6) Ibn-Gebirol (Aven-Cebrol). *La Fuente de la Vida*, traducida en el siglo XI por Juan Hispano y Domingo González del árabe al latín, y ahora por primera vez al castellano por Federico de Castro y Fernández. Madrid. B. Rodríguez Serra.

(7) *Cuzary. Diálogo filosófico*, por Yehudá Ha-Leví. Sig'o XII, traducido del árabe al hebreo por Yehudá Abentibbon, y del hebreo al castellano por R. Jacob Abendana. Publicalo D. Adolfo Bonilla y San Martín, con un apéndice de D. Marcelino Menéndez y Pelayo. Madrid, MCMX. — XXVII+561 pàgines en 8.^o

(8) *Le Guide des Egarés. Traité de Théologie et de Philosophie*, par Moïse ben Maimoun, dit Maïmonide. Traduit pour la première fois sur l'original árabe et accompagné de notes critiques, littéraires et explicatives por S. Munk. París, volum primer 10+XVI+464 planes. Volum segon, XVI+382 planes. Volum tercer, XXIV+532+135 planes. Anys 1856, 1861, 1866. En 4.^{rt}

tracta de la seva vida y escrits; en el 5 fa un extracte excessivament extens del *Fons vitæ* (46 planes), obra que es fàcil procurar-se en espanyol; en el 6 examina les doctrines de la *Font de la Vida*, seguint quasi íntegrament a Munk, y en el 7 tracta del sistema d'Ibn Gabirol en l'història de la filosofia.

La doctrina de la matèria y de la forma, tal com està en Ibn Gabirol, la sintetisa el Sr. Bonilla en la forma següent:

«A. Hi ha dos principis dels que s'ha engendrat tot lo que es: *la matèria universal y la forma universal*. Aquests dos principis son alhora terme de totes les coses, perquè totes se resolen en ells. = B. Quan diem que totes les matèries se resolen en la matèria universal y totes les formes en la forma universal, no entenem que tal resolució sigui *in actu*, sino *in opinione*. = C. La matèria universal existeix per sí y sosté la diversitat que ve de la forma; la forma universal subsisteix en la matèria y li dona l'esser. = D. Hi ha un actor no fet, un motor no mogut, y una *substancia* (anomenada *matèria* quan no ha rebut la forma) que sosté la forma de la quantitat y que es representada pels nou predicaments. = E. La quantitat subsistent en la substancia està formada per la conjunció d'unitats que s'han de multiplicar. = F. Entre'l primer creador y la substancia que sosté'ls nou predicaments, es a dir el cos, hi ha substancies mitgeres: les que s'en diu *simples* o *espirituals*. = G. Aquestes substancies simples imprimeixen en la composta les formes que en ella se sostenen. = H. Les essències de les substancies simples son les seves *forces* y'ls seus llamps, que cauen y s'escampen. = Ch. En les substancies simples (Naturalesa, Anima, Inteligencia) hi ha també matèria y forma: la matèria els es comuna; la forma, determina la seva diversitat. = I. La matèria es una, essent en totes les substancies lo inferior forma pera lo superior, y lo superior, matèria que sosté lo inferior. Hi ha moltes formes. = J. Ab tot y aquesta multiplicitat aparent, les formes se redueixen a l'unitat, impresa per l'Unitat primera. La diversitat li pervé a la forma del allunyament del seu origen. = K. La forma de l'Inteligencia es universal y ampra per sí totes les formes.» (1)

La doctrina de la voluntat se condensa aixís en l'obra del Sr. Bonilla:

«A. La matèria y la forma foren creades per la Voluntat o Verb, virtut del creador que's vessà en elles amarantles de dalt a baix; B. Hi ha en la Voluntat una forsa ingènita: el *moviment*, causa de totes les substancies; C. Però per això la Voluntat no es moviment en sí, sino *quietut*: tot ho amara *sense moviment, sense temps, sense instrument y sense lloch*. En sa essència es infinita, y infinita en ses manifestacions.» (2)

Les doctrines de la Font de la Vida son evidentment neoplatòniques. En l'ex-

(1) Obra citada, p.p. 163 y 164.

(2) Obra citada, p.p. 164 y 165.

plicació dels seus orígens, una mica confosa, el Sr. Bonilla segueix les notabilíssimes investigacions de Munk. Ibn Gabirol cita a Plató, però les seves cites són de Plotí en realitat y encara ni a n'aquest degué conèixer directament, sino pels seus comentaristes y pels tractats apòcrifs atribuïts a Aristòtil y a Empedocles, aixís com pel *Liber de Causis* compendi de les idees de Proclus. Si bé quedava en els estudis un rastre confós de les teories y mètodes d'Aristòtil no es probable que Ibn Gabirol conegués les traduccions realitzades pels arabs poch avans d'ell. Per últim, ab els estudis talmúdichs y gramaticals la cultura hebrea importada a Europa degué acarriar elements kabbalístichs, dels que se'n troba escassíssim rastre en la Font de la Vida, y en cambi'l neoplatonisme dels mostarabs que continuaven la tradició de Moderato de Gades degué influir en l'ambient espiritual del filòsof hebreu.

Tot el treball del Sr. Bonilla, en lo que pertoca a Moïsses ben Maimon, té per fonament un estudi de la Guia dels extraviats llegida en la traducció francesa de Munk. Després d'una biografia y d'una rica aportació de notes bibliogràfiques, dedica un capítol a la psicologia, un altre a l'ètica, un altre a la física y un altre a la metafísica y teologia de Maimon. Acaba ab un capítol sobre'ls comentadors de Maimon.

El mètode del Sr. Bonilla el porta a resultats molt acceptables en l'exposició de les idees de Moïsses d'Egipte y s'ha de reconèixer que al completar ab els fragments de les demés obres filòsòfiques les teories del mestre no més s'arriba a corolaris no essencials en la doctrina. Les freqüents cites literals permeten al lector ferse càrrech del tecnicisme y de les formes discursives de Maimon. La concepció aristotèlica del món modificada ab la novetat de la creació; les nou esferes, comensant per la de la Lluna y acabant per la que's divideix en les dotze parts del zodíach; la demostració de l'existència y de l'unitat de Deu, partint de l'hipòtesi després abandonada y combatuda de l'eternitat de l'Univers, ab les 26 proposicions ja demostrades per Aristòtil, els quatre camins per la seva comprobació filòsòfica y la negació dels atributs afirmatius de la divinitat; la doctrina sobre la naturalesa angèlica que li dona peu a explicar les causes del moviment de les esferes y la concepció de les *Intelligencies separades*; les opinions sobre la naturalesa de la profecia ab els seus onze graus; les doctrines sobre la Providencia divina y'l lliure albir, així com la classificació en 14 grupus dels 613 manaments de la Lley, queden exposades en l'obra del Sr. Bonilla en forma tal, que s'ofereix evident l'estil moderníssim de Moïsses ben Maimon en una forma d'exposició clara, raonada, plena d'amenitat y bon gust.

Es veritat que algunes teories del mestre cordovès queden sense relleu, com ara la seva estranya solució al problema de l'immortalitat y de la resurrecció dels morts (1)

(1) Maimon no parlava en la *Guia*, de la Resurrecció dels morts y per defensarse de l'acusació d'heterodoxia que del seu silenci li'n va pervenir, escrigué el *Tractat de la Resurrecció* un any després de la terminació de la *Guia*.

y la seva construcció peripatètica del concepte de la concènsa. L'obra de Louis-Germain Lévy, que estudiarem després, ens indemnissarà d'aquestes deficiències, com el Sr. Bonilla ens ha fet saborejar el mètode expositiu, d'una gran facilitat y gracia, que fa a Maimon tan superior als escriptors escolàstichs cristians.

L'història de la filosofia espanyola en el període no cristià del pensament jueu, feta pel Sr. Bonilla, no conté noves investigacions que fassin avançar els estudis hebraïcs més enllà d'hont els deixaren Munk y Graetz y treu tot el seu valor original de l'exposició de les doctrines contingudes en el *Meqôr' Hayîm*, y en el *Moréh Nobukim*, així com del plan, que segons hem vist considerem susceptible de millora, y de la gran riquesa de notes bibliogràfiques que desitjaríem trobar més ordenades y subjectes a una selecció crítica. Seria convenient que'l Sr. Bonilla esmenés en els volums posteriors l'exposició desordenada y fluixa dels epigons jueus de Maimon que, fins com a societat apart, mereixen alguna cosa més que les poques planes en aquest volum dedicades a n'ells. L'empresa que està realisant el Sr. Bonilla es digna de respecte y si alguna vegada li regatejem els elogis es per considerar que per la seva gran cultura podia assolir resultats superiors.

III. Al acabarse el segle XI va produirse a l'Orient, per la propagació de les idees místiques d'Abou-Hâmid Mohammed EL-GHAZÂLÎ (1059-1111), l'*Argument decisiu de l'Islam*, com se li va dir, un moviment místich contra les especulacions filosòfiques. El seu *Téhâfot-el-Félâsifa* (Cayguda dels filosofhs) degué ser aviat conegut a Espanya, ahont en el mateix segle XII Gundisalvo'l traduía al llatí y Averroes († 1198) el refutava ab un altre llibre titulat: *Téhâfot et-téhâfot* (Cayguda de la cayguda). Ghazâlî se retirà del món, passant onze anys en pràctiques ascètiques, negava casi en absolut el lliure albir, y's decantà al misticisme panteïsta dels sufis. Per ell la filosofia no podia esser criteri de veritat en materia de religió.

Per aquells temps naixia a Toledo l'hebreu Yuda Halévi (1085-114?) de qui ha dit Graetz (1): «Quan Espanya haurà triomfat dels seus prejudicis y no ferà passar els seus homes d'altre temps per l'adressador de l'Esglesia abans d'adoptarlos com a ilustracions nacionals, concedirà certament a Yuda Halévi un lloch d'honor en el seu Panteón.» Halévi fou un gran poeta y un imperialista de la ley judaica, la superioritat de la qual defensà ab poderosa fe. Fou més un jueu ab un sentiment nacional prou ferm pera combatre la filosofia com manifestació de pobles inferiors, que un místich creyent en la superioritat del sentiment religiós.

D. *Adolfo Bonilla y San Martín* va publicar ara fa poch el seu diàlech filosòfich

(1) H. Graetz. Obra citada, volum IV, p. 87.

CUZARY (1). Aquesta obra fou escrita en llengua aràbiga y porta'l títol de Llibre d'argumentació y demostració d'una religió menyspreuada. Pren peu de la conversió dels Khazars al judaïsme en temps del *chagan* Obadia y suposa que'l rey envia a cercar un philosoph perque en somnis li ha fet a saber el Criador que'l seu intent es bo, però que no li plauen les seves obres y li pregunta quines son les obres agradables al Criador: no li plau la resposta y crida a un savi Edomeu (cristià) y després a un savi Ismaelita y com que tampoch el convencen se dirigeix al *Haber* (jueu) y aquest, en cinch diàlechs o parts, anomenats discursos en la traducció d'Abendana, li explica tot el sentit de la ley y de la cultura hebrea.

El diàlech de Yuda Halévi ja no es com el d'Ibn Gabirol una simple successió de preguntes que fa'l deixeble y que respòn *secundum regulam probationis* el Mestre; tampoch pren l'aire polèmich entre un partidari de la secta enemiga y l'autor com en alguna obra de Ghazâli. El rey *Cuzary* y l'*Haber* discorren, sense escenificació de lloch ni de temps, sense personificació de caràcters, sense altre deria que la conversió y convicció del rey, que no's limita a preguntar, sino que també ajuda en l'argumentació y cita textos de la Tora com si fos el mateix Yuda Halévi (2).

La cultura filosòfica de Halévi en el *Cuzary* no es gens precisa. Es veritat que cita diverses vegades a Socrates, Plató, Galen, Pitàgoras, Empedoclis, Hipocras y sobre tot y més sovint a Aristòtil y a Epicur, mes demostra que no'ls coneix directament, arribant a citarlos junt ab Hermes y Esculapi (3), suposant que David significa en un Psalm certes coses pera refutar a Epicur (4) y atribuint a Plató la referencia a unes paraules d'un profeta (5). Les cites que precisa bé y en gran abundancia son les dels llibres de la Tora y dels profetes y les del *Sepher Yesirà*, compost, diu, pel nostre pare Abraham (6) No anomena a Saadia ni a Ibn Gabirol ni als savis musulmans o jueus que eren moderns en el seu temps y quan parla dels més antichs se confón. Als caraïtes Anen, Binjamin y Saul els fa citar pel rey *Cuzary* (7).

Es indubtable, no obstant, que coneixia les teoríes de Ibn Gabirol, així com l'en-

(1) *Cuzary*. Diálogo filosófico por Yehudá Ha-Leví (siglo XII), traducido del árabe al hebreo por Yehudá Abentibbon y del hebreo al castellano por R. Jacob Abendana, publicalo Don Alfonso Bonilla y San Martín... con un apéndice de Don Marcelino Menéndez y Pelayo... Madrid, MCMX. Te. XXVIII + 561 p. p. en 8.^o

(2) Obra citada. Discurs III, 54, p. 202.

(3) Obra citada. Discurs I, plana 11.

(4) Obra citada. Discurs V, 7, p. 295. Diu: y todo lo que significó David (Psal., 104:21), *quanto se engrandescieron tus obras A*, (Jehová), *todas ellas con sabiduria hiziste*, fue para refutar la opinión de Epicuro el Griego, que dizia que el mundo era por accidente.

(5) Obra citada. Discurs IV, 27, p. 273. Diu: y ansi dize Platon, de un Propheta que fue en tiempo del Rey Marino, que dixo por revelación de Dios a un Philosopho que se ocupaba en el estudio de la Filosofia: *no llegarás a mí por estos caminos, sino por lo que te enseñare el que constituy por mensajero en're mí y mis criaturas*.

(6) El *Séfer Iecira* (Llibre de la Creació), escrit probablement al segle VIII, no es tal vegada més que una copia judaisada del llibre indi *Oupnekhat Tchehandek*. Fou comentat pel gaon Saadia y després per Isaac Israéli, Sabbatai Donnolo y Juda ben Barzillai. Si be en el *Cuzary* se li dedican unes 16 planes, pot sostenirse que les seves influencies kabbalístiques no influeixen més que superficialment en Juda Halévy, al parlar dels noms de Deu y en poch llocs més.

(7) Obra citada. Discurso III, 38, p. 184.

ciclopedia dels Germans de la puresa, y Kaufman (1) ha demostrat que pren els punts de vista del Ghazâlî al combatre'ls filosofhs del Kalâm. Que no segueix del tot al místich de Ghazâla ho demostren les seves idees sobre'l lliure albir y la seva concepció del *caso divino* que té reminiscencies chi'ites y neoplatòniques.

Segons ell les accions son o bé *divines* per deures a la primera causa de totes maneres, o naturals per procedir de causes mitjeres, o accidentals que si bé procedeixen de causes mitjeres es per accident y no per naturalesa, o bé electives, per deures a la voluntat y lliure albir del home, si bé tenen causes encadenades fins a la primera causa. L'ànima pot fer entre dúes coses lo que vol y ha d'esser alabada o vituperada per lo que fa, d'hont no's pot deduir que sostregui coses del decret de Deu, ja que les refereix a n'ell per lley d'encadenament y dependencia, ni que les eximeixi de la presencia divina, ja que la conveniencia de la cosa no es la causa del esser, com la ciencia de lo que fou no es causa de haver sigut (2).

Un dels pensaments filosòfichs més fonamentals en el *Cuzary* es el que Abendana tradueix per el *caso divino*. Els chi'ites afirmaven que la *part divina* s'havía trasmès de generació en generació d'Adam fins a Mahoma y després de l'un Imam a l'altre Imam, dotantlos d'una superioritat espiritual. Els neoplatònichs feren emanar de Deu l'Intellecte universal, d'aquest l'Anima del món, d'aquesta la Naturalesa y de la darrera'l món dels fenòmens. Aixís també Halévi fa dir al rey (discurs 1.^{er}-42): *Però aquest grau es diví y angélich y es de dret o propietat de cas diví, no de l'intellectual, ni de l'animal, ni del natural*, d'hon resulta una gradació d'emanacions semblantes a les dels neoplatònichs. El *cas diví* es una llum y graciosa providencia (discurs I, 95) que's posà en Adam, després de l'enteniment, facultat divina, *a saber el grado con el qual se liga con Dios y con los espirituales* (id., id.); Abel fou el tresor d'Adam y després ho fou Set, y'l tresor de Set fou Enos y en cada un d'ells se posa'l cas diví y'ls demés foren escordia; talment que aixís passà no per herencia sino al que s'ho mereixía, de l'un a l'altre fins a Jacob, y'ls fills de Jacob foren tots tresor, dignes tots del cas *diví*. El *cas diví* es, donchs, la primera substancia espiritual que's posa en els Profetes, y en els que s'ho mereixen del poble elegit, que té una terra ahont manifestarse, la de Quenaan (id., id.) que troba'l seu lloch preferit en el santuari, y ab el que fins en la Diaspora guarden els jueus contacte per la Lley (3).

Aquesta doctrina, que es una de les més importants y essencials entre les exposades per Yuda Halévi ens el presenta obrant baix una influencia neoplatònica creuada de re-

(1) Kaufman. *Geschichte der Attributenlehre*.

(2) Obra citada. Discurs V, 20, p.p. 330-338.

(3) Vegis el regust neoplatònich d'aquestes afirmacions: «...los entes tienen grados superiores y inferiores...; y la mínima planta es más excelente en grado que el más sublime de los minerales; y la mínima bestia, es mayor en grado que la mejor planta; y el mínimo hombre, es mayor en grado que la mejor bestia; y así mismo el mínimo hombre de los que profesan la ley Divina es más

miniscencies chi'ites, encara que no sigui més que en aquesta teoria de l'assistencia divina. Se tracta d'un jueu nacionalista, que no desconeixia'ls filòsofs del seu temps y que si utilisa tal vegada corrents de pensament que procedeixen de Ghazâlî es pera afirmar la superioritat del judaïsme sobre la filosofia grega, sense caure en el misticisme que portava al mestre chafeïta a passar el temps en pràctiques ascètiques. «La lley divina, diu, no ens imposa servitut d'abstinencies y vida solitaria; mes ens encamina en via igual aportant a cada facultat de l'ànima y del cos la racció que li pertoca en justicia, sense esser excessiva ni superflua, porque si a una facultat li dones de més es en dany de l'altra; y qui s'excedeix en la concupiscencia ho troba a faltar en la facultat imaginativa y al contrari; y qui s'excedeix en l'ambició, desmillora en altra; y molt dejunar no es en servey de Deu, per qui té flachs desitjos y les forses balbes y'l cos dèbil, car es bo que peixi bé'l seu cos: ni deixar l'home d'augmentar l'hisenda propria es servir a Deu, quan ve a tom en cosa de dreta lley y sense treball, que l'adquirirla no'l distregui de la ciencia y obres bones, més que més si té familia y fills y vol gastar en nom de Deu; porque a n'aquest li convé més augmentar l'hisenda; y en resum, la lley vostra's divideix entre temensa, amor y alegría; y ab cada una d'aquestes coses t'acostaràs a Deu, y no es la seva humiliació en dies de dejuni més dolça a Deu que la teva alegría en els dies dels Sabats y en les festes, quan la teva alegría es ab intenció y cor perfecte...» (1)

Per ell el judaïsme es la superior expressió de la societat humana, per tant que la seva tradició'ns dona compte de les coses per una no interrompuda comunicació ab Deu, d'ahont ve la seguretat en la certesa del coneixement, la seva unitat fonamental, la seva evidencia. Y ataca als carraïm y confonentlos ab aquests als motekallemim, y també als filòsofs, porque al sortirse de la tradició, cauen en la disparitat y en la confusió y en el dubte. En el culte de Deu no hi ha consideració, ni rahó, ni saviesa humana, porque si no fos aixís els filòsofs ab la seva ciencia y'l seu enteniment doblarien lo que han conseguit els fills d'Israel (2); els carraïm multipliquen les lleys segons el semblant y arbitri de cadascú y encara ni un sol té la mateixa lley per tant que cada día forma nou parer o troba qui li dongui rahons pera canviar el seu (3); mentres que'ls preceptes de Deu no's poden saber més que per Profecia y no per enteniment humà (4). El que té religió cerca a Deu per heuren gran profit, fòra de l'utilitat de conèixer, mentres que'l filòsof no preten altre cosa sino saber que hi ha Deu y dirne la veritat (5). Aixís la dife-

excelente en grado que el mejor de las Naciones idólatras..., por quanto la ley que es de Dios, haze adquirir a las almas el hábito de los Angeles...; y ...la continuación en las obras de esta ley, haze conseguir el grado de la profecía, que es el grado más próximo a Dios de los grados humanos...» Obra citada. Discurs V, 20, p.p. 342 y 343.

(1) Obra citada. Discurs III, 50, p. 107 y 108.

(2) Obra citada. Discurs I, 99, p. 55.

(3) Obra citada. Discurs III, 38, p. 183.

(4) Obra citada. Discurs III, 53, p. 202.

(5) Obra citada. Discurs IV, 13, p. 247.

rencia que hi ha entre'l Deu d'Aristòtil y'l Deu d'Abraham està en que per l'un s'ha d'exaltar a Deu en quan no porti dany ni molestia, essent com el nom ELOHIM que s'assoleix per especulació y raciocini intel·lectual, mentres que'l nom JOD HE VAN HE l'assoleixen les ànimes per delectació y visió profètica, y l'home que hi arriba es portat a entregar la vida per l'amor de Deu (1).

No vol demostrar generalment la superioritat de la religió sobre la filosofia, sino l'excelencia de la religió jueva ab la seva tradició no interrompuda, com sosté l'excelencia de la llengua hebrea que consta per tradició, fou ella la que Deu parlà ab Adam y Havà, y per rahó donat el Poble que l'usava (2). Tant es així que un cop afirmada la superioritat de la tradició hebraica no repara en excusar y alabar els filosofhs «per lo que obtingueren ab la sola especulació y ab l'intent d'arribar a un bon fí...; y de totes maneres son dignes de lloansa, perque no venien obligats a rebre lo que tenim (els jueus) per tradició, mentres que nosaltres estem obligats a rebre'l testimoni y la tradició, que es com are la vista (3)».

En el darrer discurs pera recort del rey Cuzar argumenta en deu capítols el fonament de la fe. Sense recorre a la tradició demostra ab rahons filosòfiques la no eternitat del món, d'hont ve que si es etern l'ha d'haver creat una causa que es Deu, y Deu es etern perque altrement tindria una causa y aquesta una altra y la darrera sempre fora'l Deu que cerquem, y no té fí, ni es corporal. Deu té coneixement de tota cosa y es viu, essent la seva vida intel·lecte pur, que obra ab voluntat eterna, viu per la propria essencia y es poixant per la propria potestat.

Aleshores el sabi jueu, que's suposa esser R. Ishach Sanguery, resol anarsen a Yerusalaym perque no més allí's manifesta la Sechinà visible ab els ulls, y no més a la terra de Quenaan se perfeccionen les obres de la lley. També Yuda Halévi va volguer arriscarse als perills dels deserts y de la mar y de les nacions diverses pera anar a raure a Sió, encès d'una passió patriòtica que preveia'l triomf pròxim del poble elegit, però allí fou la desilusió y la malaventura, allí'l desengany de trobarse foraster y aborrit en la terra profanada del Temple.

El Sr. Bonilla mereix que se li alabi la publicació del *Cuzary*. Tan de bo que les publicacions de filosofhs ibèrichs no coneguts, y alguns d'ells ni traduïts en llengua moderna, arribessin a arrear, en la Biblioteca per ell comensada, les obres dels savis francesos y alemanys que tothom pot manejar fàcilment en edicions corrents y ben treballades.

Institut, Barcelona.

(Seguirà.)

PERE COROMINAS

(1) Obra citada. Discurs IV, 16, p. 254.

(2) Obra citada. Discurs II, 68, p. 122.

(3) Obra citada. Discurs V, 14, p. 323.

L'ACCIÓ DE LA LLUM SOBRE'LS COLORS DE LA PINTURA

Un dels molts capítols de la química estudiats temps ha y abandonat pera no esser reprès sinò molts anys després, es el de l'acció de la llum sobre'ls colors y les materies colorants. Desde l'edat mitjana fins al segle XVIII fou aquesta qüestió tractada, però d'una manera acadèmica; y tan sols fa dèu anys que'ls savis, sentint la necessitat de resoldre aquesta qüestió, s'han donat al treball, aportant tots els recursos que la ciencia moderna'ls presta. Si's compara l'estat actual d'aquesta branca ab lo que era fa trenta anys, se veu el gran avens que s'ha fet; allavors sols s'havien preocupat dels efectes de la llum sobre'ls colors derivats del quitrà; més tard s'observaren els efectes produïts sobre'ls objectes antichs, tant de constitució orgànica com inorgànica, y sols a partir d'aquest moment se va temptar una classificació d'aquests fenòmens, segons la naturalesa de l'acció química provocada per la llum: fotooxidació, fotoreducció, fotosíntesis, fotoanàlisis, heliohidròlisis, heliosubstitució, fotopolimerisació, fotodepolimerisació.

La fotografia y la fotoquímica van nèixer per aquest temps, aportant un gran nombre de fets interessants.

Entre les accions de la llum, temps ha conegudes, figura la que aquesta exerceix sobre'l blau de París; aquest color exposat a la llum se decolora y repren tot o quasi tot el color, al cap d'un cert temps d'estar a les fosques.

La majoria dels fenòmens no reversibles van comensar per esserho, per exemple: l'enfosquiment del cinabri. Darrerament y baix el nom de fototropia, Markwald, Biltz, Stobbe y altres han donat a conèixer una serie d'aquests fenòmens reversibles (físichs els uns y químichs els altres).

El descobriment de substancies catalisants que activen l'acció destructora de la llum sobre'ls colors, y, per altra part, el descobriment de substancies retardadores d'aquesta acció, donà lloch a un altre problema molt complicat, però molt interessant, no podentse dir gaire cosa avuy en día, d'aquests fenòmens, puig sols s'en coneixen un de cada mena.

Eibner, a la *Versuchanstalt für Maltechnik*, a Munich, ha estudiat un d'aquests dos fenòmens, el de l'acció catalisant del blanch de zinch (1).

(1) Vid. *Moniteur scientifique*, février 1912, p. 50.

El ZnO es un accelerador de l'acció destructora de la llum sobre'ls colors, sobretot si aquests estàn barrejats ab goma aràbiga y protegits per un vidre, com succeeix en les aquareles. Aquesta acció no's limita solament als colors antichs, reconeguts per sa poca resistència, com son les laques, carmí, índigo vegetal, sino que s'exten a molts altres colors minerals: groch de crom, groch de zinch, groch de cadmi, cinabri, ultramar, violeta de cobalt, etc.; fins ara'ls blaus y verts de cobalt y'ls colors terrosos resisteixen completament.

La velocitat de l'acció del blanch de zinch varia molt, segons les circumstancies, haventne fet, Eibner, assaigs sobre tauletes pintades ab barrejes que contenien 0'5 y 2 per 100 del mateix colorant, essent sotsmeses a esclariments de llum directa o difusa, durant l'estiu y l'hivern, havent variat, naturalment, els efectes, segons l'estació, y'l modo d'esclariment, el temps d'exposició, etc., haventse produït abaixament de tò, cambi de tò, o bé taques. Sobre'l blau de París se noten els efectes al cap de mitja a una hora; pel groch de crom, als quatorze dies; pel cinabri, de dos a quatorze dies; pel groch de zinch, tres setmanes; pel blau d'ultramar, dos mesos. El carmí y les laques grogues s'emblanquien en sis a vuit dies, y les laques rosses y'l groch indià, en quatorze dies.

Els colors pigmentaris derivats del quitrà se comporten de la mateixa manera, essent curiós que aquests colors tres vegades més sòlids que'ls colors antichs, se descoloreixen com ells en presència del ZnO; sols escapen a l'influència d'aquest els colors terrosos y algun color mineral.

El fet que varies barrejes (de tòns iguals) de rojos permanents, blaus d'indanthrene, rojos de thioindigo, de helios sòlits, etc., ab substancies blanques com el sulfat de bari, carbonat de calci, sulfat de calci, blanch de plomb, litofane, etc., no experimentessin retrogradació baix l'acció de la llum, prova que aquesta acció no es deguda a l'estat de dilecció del color, sino a una acció específica del blanch de zinch.

Sobre l'intervenció dels agents atmosfèrichs s'ha observat que'ls colors sòlids a la llum, tant nous com vells, inclosos el groch indià y la laca rossa, se descoloreixen quan estàn barrejats ab el blanch de zinch y protegits per un vidre, en l'espai de sis a quatorze dies a l'estiu y de dos mesos a l'hivern; si no estàn tapats ab vidre gaire be no hi ha modificació.

Els colors poch sòlids, com les laques verdes, carmí, etc., retrograden lo mateix si estàn protegits per vidre, com si no n'estàn, podentse deduir, dels precedents fets, un nou mètode pera provar la resistència d'un color; la manera de provarho es la següent: se barreja'l color, 0'5 per 100, ab blanch de zinch y un poch de goma aràbiga, se pinta ab aquesta barreja un paper d'aquarela, se fa secar a l'aire y's tapa la meitat de fulla (que serveix de mostra) perquè no hi toqui la llum; de l'altra meitat, s'en tapa

mitja ab un vidre y s'exposa a la llum. Si als quatorze dies a l'estiu o dos mesos a l'hivern, la part qu'està al aire lliure no ha retrogradat, el color es sòlid (la part tapada ab el vidre pot haverse descolorit y en alguns cassos completament).

S'ha provat de donar varies explicacions d'aquests fenòmens, atribuint el descoloriment a l'absorció pel vidre dels raigs de l'espectre, de grans longituds d'onda. També s'ha atribuit a la condensació del vapor d'aigua entre'l vidre y'l paper, etc.; pero totes aquestes teoríes son insuficients y Eibner, per resoldre'l problema, estudiá l'acció del blanch de zinch sobre varies substancies sobre les que l'acció de la llum es ja coneguda.

L'òxid roig de mercuri y l'òxid precipitat de mercuri s'enfosqueixen per l'acció de la llum, per reducció, accelerant moltíssim aquesta'l Zn O. Una barreja de 20 per 100 se va tornar gris fosch en un sol día de Septiembre y al revés de les altres substancies, la part protegida pel vidre va enfosquirse menys que la que no ho estava.)

El iodur de mercuri, en aquarela y exposat a la llum directa, passa en menys de sis mesos de roig a groch, degut a una acció física de la llum que li procura l'energía necessaria pera que la varietat roja's transformi en l'isomèrica groga. En presencia del Zn O, la part coberta pel vidre's redueix, tornantse violeta, mentres que la part a l'aire lliure's torna groga.

El iodur de plata. Les barrejes fetes ab aquest còs se varen ennegrir, tant les parts tapades ab vidres com les destapades.

Sulfur de plomb. Una barreja d'aquest còs ab Zn O se va descolorir més depressa sota vidre que a l'aire. Substituint el Zn O pel litofan, el color va retrogradar igual ab vidre que sense.

Peròxid de plomb (marron). Mitja diada de Mars va bastar pera aclarir una barreja al 20 per 100 de Pb O₂ ab Zn O. Sota vidre, l'esclariment era més pronunciat.

Mini. Una barreja al 20 per 100 ab Zn O se va esclarir, sota vidre, en set setmanes, per efecte de la reducció; la part descoberta no va canviar.

L'òxid de plomb, barrejat al 50 per 100 ab blanch de zinch, en un sol día's descoloría, que estés o no protegit per un vidre; aquesta acció es deguda, segurament, a la formació de peròxid.

Cinabri. El Zn O no accelerava l'acció de la llum. En varies barrejes semblants, al 10 per 100, fetes ab cinabri d'un costat y Zn O, blanch de plomb, sulfat de calci, carbonat de calci, etc., d'altra part, se notà que grisejaven al mateix temps; però, als dos mesos, la barreja que tenia Zn O, havia empalidit, mentres que les altres restaven grises. La presencia del Zn O havia, donchs, provocat una oxidació canviant una acció de física a química.

Groch de cobalt. Aquest color, barrejat ab el blanch de zinch, se va tornar gris vio-

leta per oxidació en la part protegida pel vidre solament. Aquest color, que es un nitrit es molt estable.

Tornant al blau de París, sembla que aquest color, barrejat a proporcions distintes 2, 4, 8, 16, 32 y fins 64 per 100 ab blanch de zinch, se descolora fortament al cap de mitja o una hora d'exposició a la llum; aquesta acció es menys forta sota vidre, y no hi ha dubte que es deguda a una reducció, puig els oxidants, com els vapors nitrosos, cloro humid, etc., el fan retrogradar de nou.

El color blau que reprèn a les fosques sembla que sigui una regeneració del color primitiu; pero no es així, car aquest color es més sòlid a la llum, resisteix millor al Zn O, y tira més cap al vert y es més brillant, donchs aquests blaus regenerats semblen tenir una constitució diferenta dels blaus primitius.

Aquestes series d'experiencies demostren que'l mecanisme de l'acció del Zn O es molt més complicat de lo que sembla, y no s'ha pogut explicar encara la diferenta acció de la llum sobre les barrejes que estàn o no protegides per vidre. Tampoch es possible trassar un esquema en lo referent a les materies orgàniques.

No's pot dir que'l Zn O, com catalisant, produeixi reduccions; sembla, més aviat, qu'actúa com excitador, accelerant la tendencia que pugui tenir el color o algun dels grupus qu'entren en sa molècula en virtut de sa constitució química o física, de destruirse baix l'acció de la llum.

Lenk reconegué que'l Zn O era sensible a la llum y Phipson va atribuirho a la presencia de l'actinium, que en combinació sulfurada se redueix a la llum, colorantse fortament; però a les fosques se decolora per oxidació.

Els litopons, tinguts per inalterables, en uns assaigs fets, han sigut atacats per la llum; aquest atac es degut a la quantitat de blanch de zinch que conté aquesta substancia, haventse de renunciar a obtenir litopons inalterables mentres no 's coneguin les causes de les fotoreaccions de les combinacions zínquiques.

Sembla que'l Zn O té certes propietats «continuatrius», es a dir, que la llum que ha reaccionat en sa presencia, continúa aquesta acció un cert temps a les fosques; aquest fenòmen s'observa molt netament en l'òxid de mercuri.

Apart el blanch de zinch, hi han altres substancies acceleratrius de l'acció de la llum, encara que ab menys intensitat; tals son el carbonat, silicat y sulfur humid de zinc, el carbonat de cadmi. Aixís s'explica la decoloració dels grochs clars de cadmi, puig contenen carbonat y oxalat de cadmi (l'oxalat fa temps que's sab que es sensible a la llum, com tots els oxalats).

Aquestes substancies no tenen l'importancia del Zn O, puig actúen en barrejes molt colorides.

Un còs fortament acceleratriu es la glicerina, haventse observat un rapidíssim des-

coloriment en barrejes de colors ab Zn O y una mica de glicerina (poca, perque no encombri la dessecació de la barreja).

Tant si's considera l'acció d'aquests acceleradors sobre altres substancies inorgàniques, com l'influència que pugui tenir una substancia inorgànica sobre'ls colors orgànichs o viceversa, o bé l'influència mutua de dos colors orgànichs, se veu que hi ha un camp inmens obert a l'investigació.

A propòsit de l'acció recíproca de dos colors orgànichs, la casa Schmincke y C.^o publicava en els seus *Malteknischen Mitteilungen* que'l thioindigo y'l blau d'indantreno, posats en aquarela, separadament, no experimenten cap modificació y, en cambi, barrejats se descoloreixen ràpidament a la llum.

Com se veu, aquesta branca de la química està encara en volquers.

Enfront d'aquestes substancies de que hem parlat, hi han les destinades a protegir els colors contra l'acció de la llum y contra'ls acceleradors d'aquesta acció.

Un exemple'l tenim en els mordents metàlichs, que protegeixen els colorants orgànichs. Les laques estàn constituïdes baix aquest principi.

Un altre exemple clàssich el tenim ab el vert de calcs, vert de malaquita, que, en forma de laca al tanino y extès en aquarela, se descoloreix quasi complertament en cinch dies d'exposició a la llum a l'istiu y combinat ab certes argiles àcides de provinencia alemana (deutsche Grünerden, com l'Haigerde), no solament es inatacable als alcalins, mes encara son color es extraordinariament resistent a la llum. Encara que'l mecanisme no es ben conegut, constitueix un exemple típich de l'influència favorable de l'associació d'una materia colorant orgànica ab productes minerals formant laques.

Aquests verts a la calcs, barrejats a rahó del 20 per 100 ab blanch de zinch, al cap de sis mesos d'exposició a la llum no havien perdut gens, essent més forta l'acció del Zn O uns quants dies sobre un qualsevol dels colors tinguts per més sòlits, que no ho es en sis mesos sobre'l vert a la calcs.

L'autor en dedueix que la forma més favorable pera utilizar els colors derivats del quitrà, en pintura, es la de laques.

De les experiencies fetes fins al present semblava poderse admetre que'l blanch de zinch actués sobre les materies colorants transmeténtlihi baix l'influència de la llum, els elements de l'aigua captada pel medi ambient y que en la pintura a l'oli aquest havia d'actuar com un protector; pero no es aixís, al menys per les materies orgàniques. L'acció milloradora aportada pel Zn O en barrejes d'aquest còs ab 0'1 a 1 per 100 de roig helios sòlid y de roigs permanents que ab un mes d'exposició's van abaixar netament de tò, demostra l'acció catalisant del Zn O en medis oleaginosos sobre les materies orgàniques.

Les matèries gelatinoses, coloidals y resinoses tenen una acció protectora sobre'ls colors a l'oli que contenen blanch de zinch.

La primera acció entre la llum y les matèries colorades es una acció purament física; aquestes matèries absorbeixen certes radiacions de la llum solar y reflecten o radien les restants; aquestes darreres son les que produeixen els efectes lluminosos percebuts per l'ull. Si la relació entre aquestes dues radiacions absorbides y reflexades o irradiades resta constant, la matèria considerada es sòlida a la llum. Si la quantitat de llum reflexada augmenta, la matèria empalideix; si l'absorció augmenta, la matèria s'enfosqueix y en aquest cas hi ha una quantitat d'energía lluminosa transformada en calor, en el cas precedent n'hi ha menys.

Si després d'exposició a la llum, la matèria reflexa radiacions diferents de les que reflexava abans, son calor ha sigut modificat per la llum.

Aquestes modificacions no son superficials, sino profundes; y les recerques d'Ostwald y de Rohland han demostrat que estàn en relació ab la grossor dels grans y en l'espessor de les substancies colorants.

Més tard, Harley estudia l'acció dels raigs ultravioletes sobre les matèries orgàniques, y Coblentz l'acció dels ultraroigs, radiacions invisibles que son absorbides per molts còssos.

Els treballs d'Harley lliguen la teoria física de l'aparició de la coloració de les matèries y la teoria química de Graebe, Liebermarn y Witt en lo que apartany als derivats benzínichs. Dels estudis portats a cap últimament, sembla deduirsen que'l màxim d'intensitat d'acció d'una radiació, no sempre correspòn al màxim d'absorció d'aquesta radiació. Stobbe ha reunit tots aquests fets en un treball: *La fotoquímica de les matèries orgàniques*.

Al costat de les radiacions actíniques absorbibles, hi ha les radiacions actíniques inabsorbibles.

L'autor creu que s'arribarà, a mesura que's desenrotllarà la fotografia en colors y que's coneixerà millor la naturalesa dels colors de pintura, a midar els elements cromàtics de les substancies per mètodes directes (essent bo per això'l cromoscopi d'Arous).

Desitja que s'institueixin mètodes actinomètrichs físichs y químichs pera midar els efectes fotogènichs de varies radiacions de l'espectre solar.

La teoria de Werner sobre la saturació coordinada dels compostos de forma salina, quan haurà sigut perfeccionada, podrà utilisarse pera explicar els fenòmens de cambis de color que s'observen durant la formació de les laques de matèries colorants orgàniques y de la gran resistència d'aquestes a la llum.

S. P. DE R.

LA «VERSAMLUNG DEUTSCHER NATURFORSCHER UND AERTZE» DE 1911

Cada any la secció de Física d'aquest Congrés encomana una dissertació sobre un punt actual d'estudi a un sabí de renom. L'any passat li tocà al professor de Física matemàtica de Munich, Sommerfeld, qui escullí els *quanta de potencia*, la nova noció introduïda en la Física per Plank.

La Conferencia de Sommerfeld pot dividir-se en dos parts: l'una es un compendi breu del origen y desenrotllo de la teoria; la segona aporta a la Ciencia una nova llei.

En el resum de la teoria dels quanta, Sommerfeld recorda que de les fórmules de Maxwell s'en deduïeix que, entre l'energia u per unitat de volum en l'èter o en la radiació, y l'energia U d'un electron oscilant hi ha la relació que expressa la fórmula següent:

$$U = \frac{c^3}{8\pi v^2} u \quad (1)$$

(v freqüència de l'oscilació sinusoidal del electron, c velocitat de la llum.)

Si s'admet, com s'havia fet fins ara, que la temperatura es proporcional a l'energia que correspon a cada grau de llibertat dels que caracterisen un còs en equilibri termodinàmic, se té, essent K una constant, $U = KT$; d'ahont

$$u = 8\pi \left(\frac{v}{c}\right)^2 \frac{KT}{v} \quad (2)$$

Però l'experimentació no confirma ni de molt aquesta fórmula, donchs una de dos: o (1) no es veritat o no es veritat $U = KT$. Suposar que (1) no es veritat es prescindir de la teoria de Maxwell, cosa molt desagradable, ja que cada dia sembla més arrelada. Per això Plank va provar de veure si introduint una altra relació en lloch de $U = KT$ podia arribar a una fórmula d'acord ab els fets. Però no admetre $U = KT$ equival a no admetre el principi de l'equirrepartició de l'energia, que tants fruits havia donat. No obstant això, Plank va preferir descartar-la y formulà l'hipòtesis dels quanta. En lloch de l'hipòtesis de Maxwell, segons la que'l número dN de ressonadors, com el de les molècules d'un gas, quina energia està entre E y $E + dE$ es (si N es el número total) es:

$$dN = AN e^{-\frac{E}{KT}} dE \quad (3)$$

Ressenya

que porta dretament al principi de l'equirrepartició de l'energía, se suposa en la teoria de Plank que'l número de ressonadors en una radiació determinada la energía de la qual estigui compresa entre $(r-1)\epsilon$ y $r\epsilon$ sent r enter es

$$N_r = ANe^{\frac{-r\epsilon}{KT}}$$

de manera que la distribució d'energía no es continua, es a dir, qu'un ressonador no pot tenir energies que no siguin iguals a un múltiple de ϵ anomenat quantum d'energía. Aqueix es variable, y, segons una nova hipòtesis, proporcional a ν ,

$$\begin{aligned} \epsilon &= h\nu \\ h &= 6,5 \times 10^{-22} \text{ erg. sec.} \end{aligned}$$

h es una constant absoluta.

D'aquestes hipòtesis y determinant A per la condició $\epsilon N_r = N$, resulta com energía mitja del electron

$$U = \frac{\epsilon}{e^{\frac{\epsilon}{KT}} - 1} \quad (4)$$

valor que, portat a 1, dona la famosa fórmula de Plank (primitiva) que confirma bastant bé la experimentació

$$u = 8\pi h \left(\frac{\nu}{c}\right)^3 \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{KT}} - 1}$$

En tota aquesta teoria el ressonador juga tan sols, si's vol, paper de cos de proba, de reactiu.

Tal es el fonament dels quanta, la necessitat de teoritzar l'emissió de l'energía. La discontinuitat en l'emissió, no deixa de estar, no obstant, en pugna ab la teoria de Maxwell, pera la que no hi ha discontinuitats; y aquest modo de pensar ha induit a alguns físichs a volguer suposar qu'entre l'èter y l'electron també aniria la transmissió d'energía per aquestes discontinuitats; però es lo cert que no s'ha arribat a intentar una teoria discontinua del camp electromagnètic. Per ara els físichs ne tenen prou ab la discontinuitat en l'emissió, millor dit, en haver revolucionat l'idea de temperatura, lligada abans a una estadística continua y are a una discontinua, fundada abans en l'equirrepartició que donava desseguida el perquèls cossos en equilibri en una radiació tenien

igual temperatura, per substituir-la per un altre de més complicada, però més d'acord ab els fets.

Y tant es més l'acord dels fets ab aqueixa nova estadística, ab aquest nou concepte de la temperatura, que, aplicat a la teoria cinètica dels cossos materials, ha portat l'explicació d'un sens fi de misteris que s'han anat descobrint a mesura que, en els laboratoris s'ha treballat ab aire, hidrògen y helio líquids, acostantse a la temperatura del zero absolut. S'ha revelat que la ley de Dulong y Petit no era ni aproximadament exacta, que'l calor específich, la resistència elèctrica, la susceptibilitat magnètica tendien a zero vora del zero absolut, y justament la novíssima teoria, ab la nova noció estadística de temperatura aplicada als àtoms materials ab la mateixa forma ab que l'aplicà als electrons el geni de Plank, ha donat explicació satisfactoria que de cap altra manera s'havia pogut lograr.

En la noció antiga de temperatura a cada paràmetre corresponia igual energia mitja. Un element de la configuració ab tres vegades més paràmetres tenia tres vegades més energia mitja. Y aquesta energia mitja era proporcional a la temperatura. Ara ja la temperatura no es proporcional a l'energia mitja d'un paràmetre, perquè als paràmetres corresponen energies segons sigui més o menys grossa la freqüència ab que vibren els àtoms. Un àtom pesat que li costa de moures y per consegüent oscila depressa, té més energia qu'un electron que en un metall, per exemple, segueix la forsa exterior bo sense oscilar; la ϵ es proporcional a v .

Establerta aqueixa nova ley de distribució d'energies, se pot calcular el calor específich $\left(\frac{dU}{dT}\right)$ y's veu que es zero per $T = 0$, la resistència elèctrica, y's veu que disminueix moltíssim, tot d'acord ab l'experimentació. Els núvols de la teoria cinètica dels cossos desapareixen. La teoria dels quanta es admirable, la referencia de la temperatura a la nova estadística, genial.

Després de l'exposició d'aquest resum, Sommerfeld entrà a exposar una ley nova qu'ell proposa y es: En tot procés molecular té lloch l'absorció o emissió d'una quantitat de treball, de manera que

$$\int_0^{\tau} H dt = \frac{h}{2\pi}$$

essent τ la duració, H el potencial termodinàmich.

La manera d'aplicar el principi l'ensenya el mateix Sommerfeld al aplicarlo al efecte actinoelèctrich, es a dir, al estudi de la càrrega positiva que apareix en un metall quan la llum, especialment ultraviolada, el fereix. Segons Sommerfeld, té lloch lo següent: La

llum incident fa vibrar els electrons ab moviments periòdichs com ella. Pero, aixís que l'oscilació es tal que $\int_0^\tau H dt = \frac{h}{2\pi}$, essent h fixo y $H = \mathcal{C} - U$ diferencia entre energia cinètica y potencial, l'electron es despedit y pot fugir del metall que, al quedarse sense alguns electrons queda electrisat positivament. Resulta dels càlculs de Sommerfeld que si la llum té una freqüència igual a la pròpia del electron y aquest oscila sense amortiguament, subjecte no obstant a una forsa quasi elàstica, l'energia cinètica \mathcal{C} en el moment de la separació val $h\nu$; si la llum té freqüència més alta, \mathcal{C} en el moment de la separació pot ser més grossa. En cambi, si ν es més petita que la pròpia del electron, pot aquest no arribarse a despendre may. Com més grossa sigui \mathcal{C} en el moment de despendres, major podrà ser el treball disponible que té que gastar l'electron al saltar la diferencia de potencials pera fugir; per consegüent més gros serà el potencial màxim observat en el metall en l'efecte actinoelèctric. La teoria explica, además, que, com sembla que s'ha observat, el potencial màxim es independent de la intensitat de l'illuminació. Certs experiments de Wright y Millikan donen, además, valors numèrichs que poden calcularse teòricament.

Stark y Einstein objectaren que el valor que se deduhía pel temps τ necessari perque pugui despendres un electron no semblava pràcticament viable, y de la discussió entaulada resultà que sería convenient nou treball experimental abans de deixar com fermament establerta la proposició de Sommerfeld.

Anem ara a resumir altres treballs del Congrés de Karlsruhe.

Hasenhörl. — Aquest professor de l'Universitat de Viena en un notable treball proposa que, en lloch d'admetre que'l període de les vibracions dels electrons subjectes a forces quasi elàstiques y elèctriques es independent de l'energia, com succeheix en les vibracions sinusoidals, se prengué una ley de dependencia. Adoptantne una, que se sembla bastant a la que té lloch en les oscilacions no indefinidament petites del pèndul, y modificant de certa manera la hipòtesis dels quanta, l'autor arriba a oscilacions quins períodes segueixen la fórmula de Balmer, ben coneguda a Espectroscopia. La modificació a que'ns referim consisteix en admetre que entre'ls períodes possibles τ y τ_{n+1} y les energies corresponents, E_n y E_{n+1} , té lloch que

$$\int_{E_n}^{E_{n+1}} \tau dE = h$$

L'energia sols pot admetre valors discrets $E_0, E_1, \dots, E_n, \dots$

Com se veu, lo que proposa en Hasenhörl, es una generalisació de la teoria d'en Plank.

Weiss. — Aquest professor de Zurich parlà en sa conferencia dels magnetons, element introduit per ell y que ve a esser al Magnetisme lo que l'electron es a l'Electricitat: l'element. La conferencia de Weiss, en sa primera part, es una exposició de la teoria d'ell sobre'l camp interior. Aquesta teoria, bastida per comparansa ab la dels fluids de Van der Waals es a la del paramagnetisme de Langevin lo que la teoria dels fluids es a la dels gasos. Aixís com s'introdueix en aquesta la forsa de cohesió, Weiss introdueix en el paramagnetisme d'en Langevin la noció de camp magnètic interior produït per les molècules magnètiques pròximes, camp interior que determina segons Weiss el ferromagnetisme. Aquest existeix sempre, pero'ls camps exteriors el descobreixen, orienten els sistemes de molècules que determinen el ferromagnetisme, desorientats de tal modo en l'estat neutre, que's neutralisen. La hipòtesis del paramagnetisme d'en Langevin, que, com es ben sapigut, es el transport de la noció estadística de temperatura als cossos dèbilment magnètics, permet a n'en Weiss introduir la noció de temperatura en els cossos ferromagnètics. El camp interior o magnetisme espontani l'admet Weiss proporcional a la intensitat de polarisació magnètica o moment magnètic per unitat de volum. Weiss admet per valor d'aquest moment el que resulta de la teoria del ferromagnetisme d'en Langevin, que es:

$$\sigma = \sigma_0 \left(\coth a - \frac{1}{a} \right)$$

$$a = \frac{\sigma_0 H}{RT}$$

essent R la constant dels gasos y H el camp que aquí se suposa ser justament $N\sigma$, essent N una constant. Substituint, resulta σ en funció de T, de R y de σ_0 y N que son constants.

Segons l'autor, el ferromagnetisme espontani se pert a la temperatura dita punt de Curie. Ab aquesta temperatura y ab l'observació d'una susceptibilitat magnètica més enllà del punt de Curie, Weiss determina σ_0 y N. D'aquest modo obté Weiss d'un modo absolut σ .

En la segona part de la conferencia, examinant els números obtinguts, resulta que tots son mútiple d'un cert número fonamental que representa el moment magnètic per unitat de volum del magneton.

Suposant que'l número d'aquests es al menys igual al de àtoms que dona la lley d'Avogadro se té el volum de cada un y per lo tant el moment magnètic del magneton:

L'àtom de ferro tindrà per exemple 11 magnetons, el de níquel 3, etc., podent variar aquests números segons estigui el ferro, per exemple, segons la temperatura, si va acompanyat d'un altre cos en aleacions, si forma dissolucions magnètiques, però sempre cada àtom resulta tenir un moment múltiple del que correspon a un electró. Ab molta cura en Weiss va presentar aquesta conclusió deduida de molts treballs seus y d'altres, v. gr.: de Pascal, no ja ab substancies ferromagnètiques sino ab dissolucions paramagnètiques, de Liebkecht, y finalment de la Srta. Feytis operant ab sals magnètiques sòlides.

Acabà Weiss parlant dels imans elementals de Ritz que vibren segons períodes de series de ratllas espectrals, que en cert modo venen a esser una sospita de l'existencia dels magnetons.

En la discussió que després va comensar, Abraham y Gans feren avinent com fora útil referir el magneton a electrons, que tombin en òrbites circulars, segons sembla racional després que Ampère va reduir el magnetisme a les corrents d'electricitat. Mes sembla que l'aplicació de la teoria dels quanta al admetre que l'energia cinètica es un múltiplu del quantum $h\nu$, si's pren per ν el valor de $\frac{\omega}{2\pi}$ essent ω la velocitat de rotació, porta a un valor del moment magnètic deu vegades més petit que'l que resulta dels experiments de Weiss y altres, admetent que, en els electrons mòvils, la relació de la carga elèctrica a la massa material es la que donen els experiments ab raigs catòdics.

Cotton. — El professor de la Sorbona parlà de sos treballs sobre la birrefringencia que'n un camp magnètic sofreix la llum que atravessa diferents líquids orgànics purs. Va citar com un dels seus resultats que la serie alifàtica no es sensible, no presenta la birrefringencia, y sí la aromàtica. En Kaufmann, intervenint, va dir que ell havia fet anàlogues mesures però observava la rotació del plano de polarisació.

Nernst. — Prenent peu dels últims experiments sobre calors específics y de la teoria dels quanta, que deixen fora de dubte que aprop del zero absolut el concepte ordinari de temperatura definit per l'equirrepartició de l'energia no té cap valor perquè la equirrepartició no existeix, enuncia Nernst una nova llei generalisació de la que va indicar sis anys enrera (pàgina 297 de la traducció francesa del seu tractat de Química), y diu:

Aprop del zero absolut, tota propietat determinada per la manera d'esser, per terme mig dels àtoms, es independent de la temperatura.

Per exemple, pe' volum V ,

$$\frac{dV}{dT} = 0 \quad \text{per } T=0$$

Que això esdevé per l'energía interna resulta de la fórmula (3) que dona $\frac{dU}{dT} = 0$ per $T = 0$, lo qual, traduït a paraules vol dir que'l calor específich a volum constant es zero per $T = 0$. Ara be, diu Nernst, quan se té una dissolució molt diluïda, tot cambi en les propietats de la dissolució al anyadir materia per dissoldre pot suposarse proporcional a l'increment de concentració. En el cas d'un sòlid a temperatures molt baixes, boy tots els àtoms estant quiets, solament alguns tenen alguna ϵ . Aquestos poden considerarse com en dissolució en els demés, la concentració d'ells es proporcional a l'energía. Per consegüent, el volum considerat com a propietat de la dissolució vindrà donat per

$$V = V_0 + \alpha U$$

d'ahont

$$\frac{dV}{dT} = \alpha \frac{dU}{dT} = \alpha C_v$$

essent C_v el calor específich a volum constant. D'aquesta manera resulta deduida de l'idea dels quanta la proporcionalitat entre'l coeficient de dilatació y'l calor específich, proporcionalitat trobada fa temps per Grüneisen. A temperatures molt baixes, Lindemann demostrà que'l coeficient de dilatació tendeix a zero.

La compressibilitat, el treball extern resulta també, teòricament, independent de la temperatura.

Nernst portà després l'atenció a la conductibilitat calorífica, de la que va dir que no n'hi havia encara una teoria atòmica ben definida pels sòlids; cità 'ls experiments de Encken, dels que resulta que la conductibilitat dels isoladors es extraordinariament gran a temperatures molt baixes, en el diamant, per exemple, que ja a temperatures corrents s'aparta molt de la llei de Dulong y Petit. La resistència elèctrica, segons resulta d'experiments ja clàssichs de Kammerlingh Onnes també tendeix a números molt petits, aprop del zero absolut, d'acort ab la teoria dels quanta, essent totes dugues conductibilitats elèctrica y calorífica independents de T en una regió bastant extensa prop del zero. Y sembla que aquesta regió es tant més extensa quant més alta es la freqüència de les vibracions propies dels àtoms.

Contestant a una rèplica de Einstein que li preguntà si estimava possible que la resistència dels metalls tendís a zero, va dir que a ell li semblava que tendeix a un valor

petit, però finit; responnent després a Sommerfeld sobre l'influència d'impureses y petites partícules, va dir que, en efecte, devien de tenirla molt gran en la conductibilitat, perquè tals impureses estaven en dissolució sòlida, en estat de gran mobilitat en mig d'àtoms quiets.

Grüneisen. — Exposà aquest físich una teoria de sòlids monoatòmichs bastant semblant a la que en 1903 exposà Mie, però així com aquest admetia la llei de Dulong y Petit, en Grüneisen no'n fa us, ja que la experimentació ha demostrat ésser falsa a baixes temperatures. Las bases de la nova teoria son: 1.^a, la existencia d'una forsa de cohesió la energia potencial de la qual es inversament proporcional al volum atòmich v ; 2.^a, la existencia d'una forsa repulsiva inversament proporcional a una potencia m de v . Aquesta desapareix al costat del altre a distancies, que no siguin petitíssimes, del centre de atracció. 3.^a La temperatura de un cos indica en son interior un estat vibratori quina energia cinètica, es

$$\int_0^T C_v dT$$

Ab aquestas premisas, desenrotlla l'autor la teoria, y's troba ab la següent llei d'estat (1):

$$pv + \frac{A}{v} - \frac{Av_0^{m-1}}{v^m} = \frac{3m+2}{6} \int_0^T C_v dT$$

Comparant la teoria ab l'experiment, resulta m comprès entre 3 y 4 diferent d'un cos a un altre, però en tots, no es independent de T . La constant A de cohesió resulta ésser la mateixa per tots els sòlids tinguts per monoatòmichs (metalls).

La relació teòrica, deduida de l'última fórmula, entre la compressibilitat, temperatura y coeficient de dilatació, se compleix molt bé en la pràctica, lo mateix que la que's troba entre la compressibilitat y la pressió.

Suposant sinusoidals les oscilacions dels àtoms, resulta per temperatures baixes

$$C = F\left(\frac{v}{T}\right)$$

Justament aquesta es la forma de les fórmules que expressen empíricament o deduides per la teoria dels quanta, la dependencia entre C (lo mateix es C_v que C_p a T

(1) v_0 es el valor de v per $T=0$.

baixes), v y T , per exemple, les de Einstein y Nernst Lindemann. Adoptant per F una d'aquestes fórmules, se pot determinar teòricament el coeficient de dilatació en funció de les constants atòmiques m A v_0 y pès molecular M .

També's troba la freqüència de les vibracions atòmiques a una determinada T , y la fórmula que expressa aquesta dependència es la establerta per en Einstein temps en-
rera.

Introduhint una hipòtesis encara, la de que la fusió té lloch quan el quocient de l'amplitud de l'oscilació atòmica per la distancia mitja dels àtoms sobrepuja cert límit, se troba una relació entre la temperatura de fusió y la freqüència de les vibracions atòmiques durant la mateixa, que ab certes simplificacions es la de Lindemann ab la ventatja d'esser més general, lo que permet explicar perquè la de Lindemann no resulta devegades.

Ab tot aixó, se pot compendrer com es interessant la memoria d'en Grüneisen que va a establir una teoria dels sòlits anàloga a la que's coneix pels líquits. Hora es ja que's puguin explicar atòmicament les lleys dels cambis d'estat y referirles a constants atòmiques fonamentals.

Perrin. — Va repetir el procediment seu, ben conegut, d'evaluació de la constant d'Avogadro per mesura de la variabilitat de concentració segons la altura en una emulsió quines partícules estiguin animades del moviment brownià. Fonament d'aquest procediment es la equirrepartició de la energí; les partícules se suposen ab la mateixa energí mitja que les molècules.

E. T.