

Varietats

Experiments ràbdics a les mines de potassa de Riedel¹

El Congrés d'Hannover per a l'aclariment del problema de la vergella, va tenir la pensada de completar les experiències fetes sobre la superfície del sòl, amb altres efectuades en mines. Efectivament, en aquestes, la comprovació es pot fer molt més exactament. Les mines de sals potàssiques del Sindicat de Riedel oferien les condicions més adequades per a aquesta finalitat a causa de les variacions de sals que presenten i de tenir els estrats quasi verticals, de manera que anant per la solera de les galeries es tallen molt sovint capes de mineral que passen bruscament d'uns estrats a altres.

Les condicions geològiques de les mines de Riedel són les següents: Al terme de Hänigsen existeix una massa de sal gemma d'uns 8 km de longitud per uns 5 d'amplària. Aquesta massa de sal gemma és totalment subterrània i es troba recoberta d'una zona de guix que suporta afluviions constituïts per argila i sorres. La fondària mínima de la cúpula de sal respecte a la superfície del terreny és d'uns cent metres. Aquesta massa de sal comporta capes de potassa, argila roja i anhidrita i està íntegrament replegada formant una sèrie de sinclinals i anticlinals comprimits i lleugerament tombats en estructura isosinclinal², com mostra el tall geològic de la fig. 1.

El pou del Sindicat de Riedel té 667 metres de fondària i arriba solament a la meitat aproximada de la fondària de la sal. A les fondàries de 400, 500, 600 i 650 metres hi han galeries horitzontals que tallen cap al N. W. els plecs de què hem parlat.

Els experiments amb la vergella s'han fet a les galeries de 500 i 650 metres de fondària i hi han participat els saurís EDLER VON GRAEVE, de Osterode (Prússia oriental), BIBOW, propietari de Neubrandenburg, HASSE, Arquitecte municipal de Belgrad, i GERSCH, sauri professional de Halberstadt.

Una espècie de jurat fou constituït pels senyors SENFF, Jutge de primera instància de Buradorf, Dr. R. WEYRAUCH, Prof. Eng. de Stuttgart, FRÜT, Enginyer de Monts

¹ P. BEHRENDT, *Verbands zur Klärung der Wunschehrutenfrage*, vol. II, Stuttgart.

² En el treball del Prof. STILLE "The upthrust of salt masses of Germany", publicat en el *Bull. of the American Association of Petroleum geologists*, vol. IX, núm. 3. (1925), es publica un tall geològic de les mines de Riedel, que difereix del que publicuem, en què a sobre del guix hi ha un cert espessor de terciari, recobert per l'al·luvial de què hem parlat. Les sals potàssiques, anhidrita, sal gemma, etc., pertanyen al Pèrmic superior (*Zechstein* dels geòlegs alemanys), i al subsol de Prússia normalment es troben recobertes de tot el Triàsic, Juràssic, Cretàcic, Terciari i sobre de tot el gran mantell quaternari prussià. STILLE pensa que la compressió orogènica determinà anticlinals, l'accentuació dels quals va portar a què la massa de sals, més plàstica que les roques del damunt, pugés, a manera d'una intrusió magmàtica, amb el que resultà una massa replegada íntegrament i voltada per terrenys fortament dislocats. La cúpula de guix seria residual per hidratació de l'anhidrita.—Nota de B. DARDER PERICAS.

de Hannover, AIGNER, Doctor en Medicina de Munich, BEHRENDT, Assessor de Monts de Hannover i KLAUS, inspector de pous de Hänigsen.

A la galeria dels 650 metres, treballaren els senyors BIVOW i HASSE, mentre que a la de 500 ho feren BIVOW, VON GRAEVE i GERSCH.

Cap d'aquests saurís no havia estat mai a una mina de sal, com tampoc no havien fet mai experiments amb la vergella sobre la sal gemma i potassa. Cal advertir les condicions desfavorables de tenir d'anar quasi a les palpentes, car per evitar els efectes perturbadors dels corrents elèctrics, s'havia interromput la il·luminació i només els

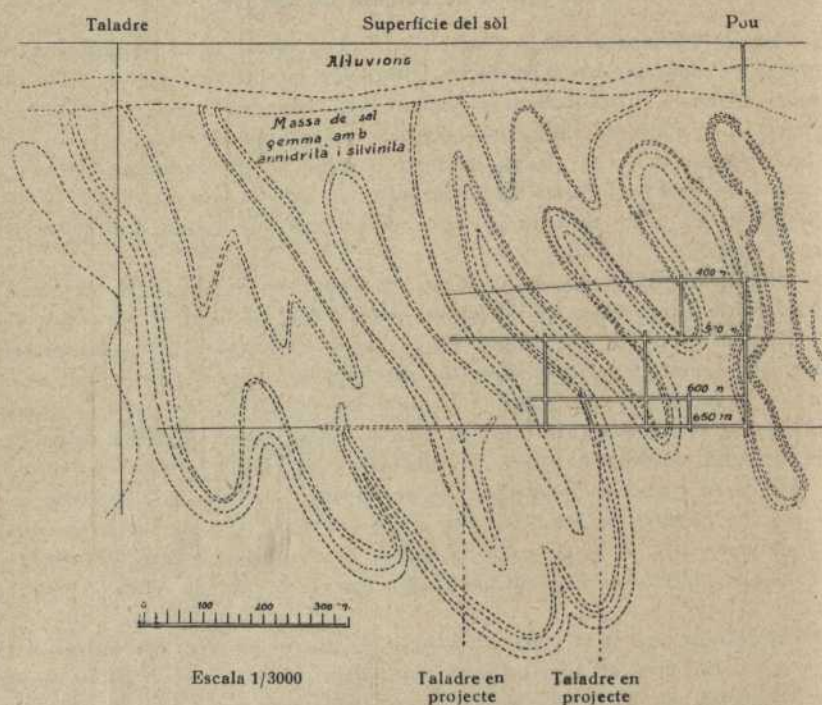


Fig. 1. - Tall geològic de les mines de Riedel

acompanyants duien làmpades tancades que projectaven la llum justa i necessària per a poder caminar entre els riells.

Apart que les parets de la galeria estaven cobertes de fumassa de les barrinades, de manera que ni el més hàbil pràctic hauria pogut reconèixer les capes del terreny, es va prendre la precaució de tancar la solera de la galeria amb una capa de cendra. És més, per a evitar tot efecte d'una dubtosament possible transmissió de pensament, els qui acompanyaven els saurís no coneixien el més mínim la mina, ni tan sols havien vist talls geològics ni plans d'ella. Els saurís treballaren un a un apuntant-se llurs indicacions i acabada la feina les pujaven a la superfície del terreny, sense rebre, encara, cap dada que els permetés deduir el resultat de llur examen.

Les indicacions dels saurís foren les següents:

BIBOW.—Va treballar a 500 metres de profunditat amb vergella de vimec relativament gruixuda.

A la galeria transversal principal, la vergella es va moure a les següents distàncies del començament de la galeria:

- 1.—A 56 m., moviment brusc.
- 2.—A 173 m., moviment brusc.
- 3.—Dels 190 als 199 m., moviment.
- 4.—252 m., reacció dèbil.
- 5.—Dels 265 als 272 m., zona de reacció forta.
- 6.—A 300 m., reacció dèbil.

A la galeria, cap al jaciment de Silvinita (galeria transversal secundària), des del començament notà una sensació especial a la mà esquerra, la qual sensació, a la tornada, es féu sensible a la mà dreta; la vergella es mou a les següents distàncies:

- 1.—A 23 m., una lleugera tendència de la vergella a girar.
- 2.—A 48 m., moviment brusc.

GERSCHE.—Va treballar, també, als 500 metres de fondària utilitzant vergella de ferro.

A la galeria principal transversal va trobar els següents punts rabdoactius:

- 1.—Dels 75 m. fins als 90 m., la vareta tendeix a moure's continuament.
- 2.—Dels 125 als 131 m., zona de moviments dèbils.
- 3.—A 140 m., moviment dèbil.
- 4.—Dels 165 als 183 m., moviment marcat.
- 5.—Dels 192 als 206 m., moviment intens i sensació desagradable (el cos tremola).
- 6.—Dels 224 als 230 m., moviment.
- 7.—Dels 265 als 276 m., moviment intens.
- 8.—A 299 m., moviment.

A la galeria transversal secundària, els resultats han estat els següents:

- 1.—Des del mateix començament fins als 15 m., moviment.
- 2.—A 24 m., moviment dèbil.
- 3.—A 48 m., moviment.

VON GRAVE.—Va treballar com els altres, als 500 metres de fondària, amb vergella de ferro. Els resultats són:

- 1.—De 51 a 55 m., forta reacció, la vergella gira amb força cap avall.
- 2.—Dels 59 als 90 m., reacció forta.
- 3.—Dels 98 als 113 m., reacció dèbil, la vareta tendeix a girar cap avall.
- 4.—A 186 m., reacció curta ben neta, la zona rabdoactiva resta ben delimitada.
- 5.—Dels 192 als 202 m., zona intensa i continua.
- 6.—A 222 m., reacció dèbil.
- 7.—Dels 237 als 243 m., reacció dèbil.
- 8.—Dels 265 als 274 m., gran intensitat de moviment; és impossible detenir la tendència a girar de la vergella.
- 9.—A 298 m., la vareta tendeix fortament a girar cap avall.
- 10.—A 300 m., reacció dèbil que es va sentint una mica fins als 316 m.

A la galeria transversal secundària, els resultats foren els següents:

- 1.—Des del començament la vergella s'estira i a partir dels tres-cents metres i fins als 10, reacció marcada.
- 2.—Dels 23 als 29 m., moviment.
- 3.—A 48 m., moviment intens.

Arquitecte municipal Sr. HASSE.—Va treballar a la galeria fonda de 650 metres, amb vareta d'acer. Els resultats foren:

- 1.—A 40 m., la vergella gira cap amunt, al contrari d'experiments anteriors que girava cap avall.
- 2.—A 64 m., gira la vergella cap amunt.
- 3.—A 83 m., la vergella torna a girar cap amunt.
- 4.—A 102 m., la vergella gira cap avall.
- 5.—A 114 m., la vareta gira ràpidament cap avall i aleshores continua estirant amb igual sentit.
- 6.—A 122 m., moviment curt cap avall.
- 7.—A 137 m., primer gira cap avall i aleshores, poc a poc, cap amunt.
- 8.—A 150 m., la vergella va girant cap amunt durant deu metres.
- 9.—Dels 237 als 251 m., primer, girada forta cap abaix; aleshores, moviment fort cap a dalt i, després, amb menys intensitat.

Bivow.—Treballa a la galeria de 650 metres de fondària i a 115 metres la vergella, que era de vimec, fa un moviment cap avall tan ràpid que es trenca.

Les figures 2 i 3 resumeixen gràficament aquests resultats i permeten comprovar la notabilíssima concordància dels llocs indicats pels diversos saurís, especialment si ens referim a les zones acusades com d'una rabdoactivitat intensa.

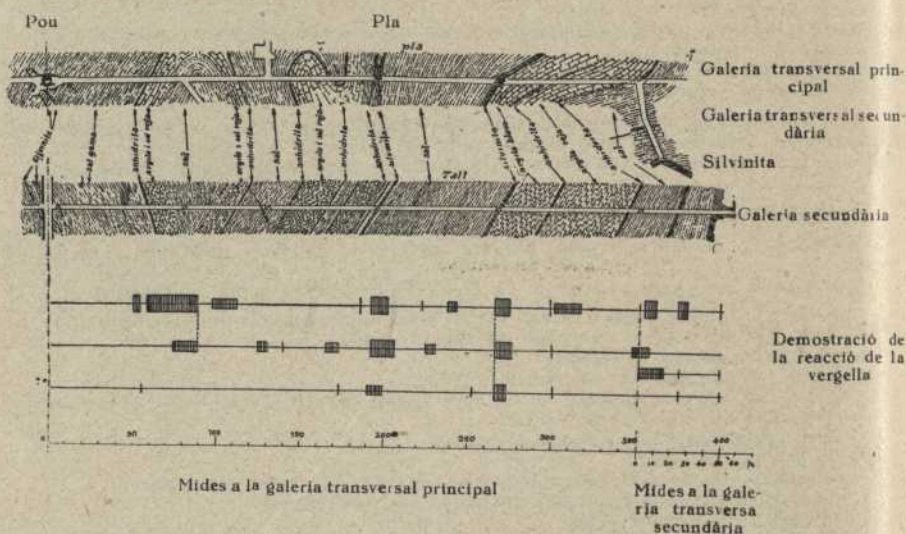


Fig. 2. - Mines de potassa de Riedel. Galeria a 500 m. de fondària. Experiències a les galeries principals transversal i secundària

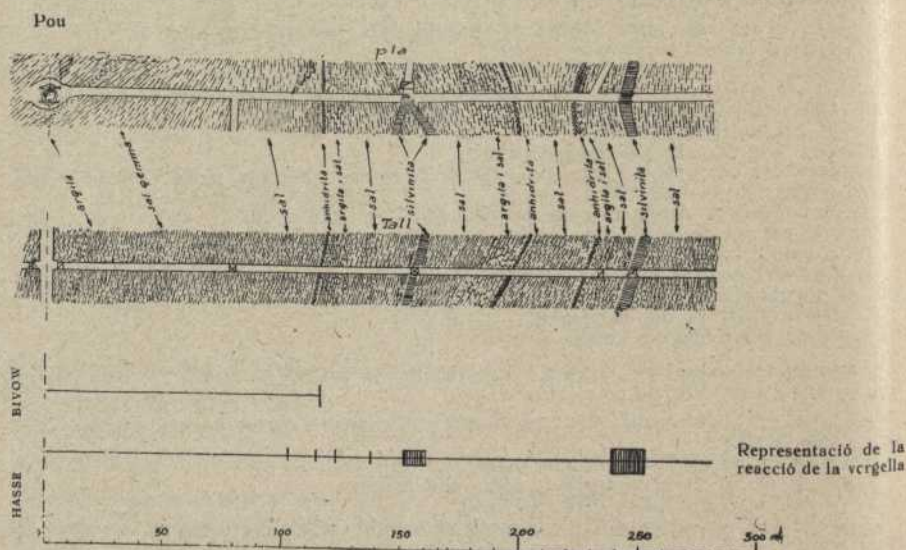


Fig. 3. - Mines de potassa de Riedel. Galeria a 650 m. de fondària. Experimentació a la galeria transversal principal

S'ha de cridar l'atenció, en primer lloc, sobre la manera com reaccionen els saurís en les diverses experiències, on es mostren essencials diferències. Així, per exemple,

els moviments de la vergella de vimec usada pel Sr. Bivow, eren ràpids i exactament marcats, mentre que la vareta d'acer del Sr. HASSE, rares vegades quedava en vertadera posició de descans. Segons les seves explicacions, el Sr. HASSE sentia una contínua i lleugera tivantor, adés cap amunt i adés cap avall, que algunes vegades acabava amb una volta completa de la vergella. El Sr. HASSE va fer notar que quan buscava aigua, la vareta tendia a girar sempre cap avall. Els altres saurís, sense ésser preguntats, recalaven que la sensació personal amb la vareta sobre una massa de sal, era molt diferent de les que sentien cercant aigua.

En certes ocasions, el moviment de la vergella era anterior al travessar la zona de potassa; però, en general, hi havia coincidència, havent de fer constar que no sempre les capes eren tallades verticalment per les galeries, sinó que, en certs casos, els filons els eren paral·lels.

Malgrat de les diferències en la manera de reaccionar dels saurís, és innegable la concordància de les zones ràbdicament intenses. Les mesures de precaució preses fan absolutament impossible que l'esmentada concordància sigui deguda a senyals exteriors, ni pot explicar-se per la casualitat.

Aquesta concordància es fa especialment remarcable, quan es compara amb la situació del mineral; cap dels saurís ha travessat una capa de potassa sense sentir les més fortes reaccions i per anullar les possibles objeccions de què en llur trajecte subterrani poguessin reconèixer la situació real de les capes esmentades, recordem el que hem dit respecte a les precaucions preses en tal sentit.

Igualment, les impressions personals dels saurís durant llurs experiments sobre la potassa, mostren la sensació d'una certa excitació, que en determinats casos arriba fins a un malestar acompanyat de sensació de fred.

Per a assolir una major comprovació, el saurí Sr. VON GRAVE fou dut, sense prevenir-lo, a una galeria d'uns 100 metres a sobre del mineral potàssic, el qual passa de cop a sal gemma. Es va veure que la vareta es movia continuamen durant aquest trajecte sobre potassa; però, tan aviat com va arribar a la sal gemma, el moviment es va aturar.

Apart d'aquest fet observat de la relació entre els moviments de la vergella i l'existència de capes de minerals potàssics, s'han notat també, en altres llocs, moviments de vergelles, generalment molt poc intenses i excepcionalment forts, en relació amb els canvis de terreny, observant-se netament el canvi de sal gemma a anhidrita. Aquest fet és de gran importància per a l'aclariment de la qüestió de la vareta.

Fins a la data, la vergella s'ha emprat, exclusivament, per a cercar materials útils; però veiem que el contacte de dues matèries heterogènes, com anhidrita i sal gemma, de natural inactives, dona lloc a una força ràbdica manifesta. Estudis més detallats i fets principalment en les mines de sal gemma, que pel general no tenen aigües subterrànies, podrien afinar millor el valor d'aquestes observacions i permetrien explicar certs fracassos de recerca d'aigües, pel fet que la vergella girés sobre les zones de contacte de roques diverses, originats, sovint, per causes tectòniques.

Finalment, volem assenyalar una circumstància observada durant els experiments que acabem d'indicar, però que per falta de temps no ha pogut ésser examinada atentament. Es tracta de què si es fa anar a un saurí, en direcció inversa a la que havia passat abans, la vergella marca igualment la zona ràbdica, però es mou en direcció contrària. No és possible examinar si es tracta d'una influència de l'orientació i sols ens podem limitar a assenyalar el fet.

En resum, els resultats dels experiments són notables i representen un avenç en l'aclariment de la qüestió de la vergella de saurís. De totes maneres, són susceptibles de repetició en millors condicions, unificant el material de què estan construïdes les vergelles i procurant evitar el malestar propi que els saurís sentien a conseqüència de permanèixer, per primera vegada, dintre d'una mina de sal.

OTTO WARBURG

El ferment transportador d'oxigen en la respiració

(Conferència llegida a Stockholm el dia 10 de desembre de 1931, en rebre el Premi Nobel)



El Prof. Otto Warburg

Tal com diem en un altre indret, el premi Nobel de Medicina i Fisiologia de l'any 1931 fou concedit al prof. Otto WARBURG, director de l'Institut d'Estudis de la Cèl·lula, fundat per l'Institut Rockefeller a Berlin-Dahlem.

Otto WARBURG nasqué l'any 1883 a Freiburg (Baden), on el seu pare, el gran físic Emil WARBURG, ocupà durant molts anys el lloc de director de l'oficina de Física aplicada del Reich. Tingué per professor a Emil FISCHER; obtingué el doctorat de Filosofia a Berlín i el de Medicina a Heidelberg. Durant molts anys, formà part de l'Institut zoològic de Nàpols i a partir de l'any 1918 dirigí una de les seccions de l'Institut Kaiser Wilhelm. Finalment pogué dedicar-se plenament als seus estudis sobre els processos químics que caracteritzen la cèl·lula vivent, gràcies a la generositat de la Fundació Rockefeller que li facilità els mitjans per a crear el Laboratori que avui regieix.

Otto WARBURG havia ja adquirit notorietat pels seus treballs anteriors sobre l'intercanvi de matèries en la cèl·lula, la seva relació amb la fecundació i sobre la influència de les substàncies narcòtiques sobre l'assimilació de l'oxigen per la cèl·lula. Fou qui primer indicà la influència decisiva del gran descabdellament de la superfície sobre els processos que tenen lloc dintre de la cèl·lula i fixà la noció de catàlisi superficial que la tècnica feia conèixer.

Creà, tot seguit, un mètode extremadament precís per a mesurar l'intercanvi de matèries de les cèl·lules en diferents condicions, i particularment l'aportació de l'oxigen, la respiració de les cèl·lules i la descomposició del sucre sense oxigen dintre de la cèl·lula. WARBURG, pels seus estudis, assenyalà noves vies a la concepció del mecanisme de la respiració cel·lular. Però les seves descobertes més remarcables es refereixen a la fisiologia dels tumors i al mecanisme de les oxidacions biològiques. Pel que fa als tumors, i sobretot a les cèl·lules canceroses, ha demostrat que aquestes difereixen de les cèl·lules normals del cos, en què són relativament independents de l'aportació d'oxigen i que intercanvien matèries desproxisades d'oxigen. Mentre que les cèl·lules animals normals, si són desproxisades d'oxigen, moren molt ràpidament, la cèl·lula cancerosa, en les mateixes circumstàncies, pot viure, créixer i dividir-se. Adhuc en el cas d'una aportació d'oxigen, conserva el seu mecanisme d'intercanvi de matèries sense oxigen, el seu procés de la descomposició del sucre, el seu llevat. Basant-se sobre les seves observacions, WARBURG descabdellà una nova teoria de l'origen dels tumors.

Els estudis de WARBURG relatius al mecanisme de la respiració de les cèl·lules són molt importants. Ha demostrat que en tota cèl·lula que respira existeix un sistema oxidant especial, mitjançant el qual l'oxigen aportat és oxidat. És una mena de "fer-

ment de respiració", del qual ha pogut precisar que es tractava d'una matèria colorant orgànica, que conté ferro, semblant, però no identifica, a l'hemina de la matèria colorant de la sang. Així, WARBURG ha pogut determinar amb certesa el lligam, de temps suposat, existent entre el ferro contingut en la cèl·lula i l'intercanvi de matèries oxidants. El "ferment de respiració" mor sota l'acció de l'àcid cianhídric, la qual cosa explica la gran toxicitat dels compostos cianics. Així mateix, WARBURG ha provat que el ferro juga un paper en la fermentació.

La traducció que publiquem a continuació és un resum mestrirol d'aquestes qüestions. És la conferència pronunciada per OTTO WARBURG a Stockholm, el dia 10 de desembre darrer, en l'acte de rebre el Premi Nobel.

Si en la vella literatura bioquímica es parla del transport de l'oxigen pel ferro, és, gairebé sempre, suposant que el ferro és la part de la matèria colorant de la sang que porta l'oxigen molecular des dels pulmons fins a les altres parts del cos. L'equivocació de creure que el ferro és, de la matèria colorant de la sang, el que crema les substàncies alimentícies—és a dir, el que porta l'oxigen, no sols pel que fa referència a l'espai, sinó, també, químic-catalíticament—, forma el contingut de la teoria de la respiració formulada per LIEBIG. "Els corpuscles de la sang—diu LIEBIG—contenen un compost de ferro, i cap altra part de la substància viva no conté ferro".

Que el ferro es troba en totes les cèl·lules; que és de gran importància per a la vida i que és el catalitzador d'oxidació present en la respiració de les cèl·lules, són afirmacions demostrades modernament. L'oxidació catalítica en les substàncies vives hem de referir-la als canvis de valença que experimenta un compost de ferro, ço és: al ferment transportador de l'oxigen en la respiració.

La concentració del "ferment-ferro" en la substància viva és molt petita, de la magnitud d'1 gr: 10 milions de gr de substància viva. Com sigui que les accions del ferro són molt grosses, per força hem de pensar que l'oxidació i la reducció del "ferment-ferro" tenen lloc a una velocitat extraordinàriament ràpida. De fet, en la cèl·lula que respira, gairebé totes les molècules d'oxigen reaccionen quan topen amb un àtom de "ferment de ferro". El "ferment-ferro", doncs, fa la seva tasca d'una manera perfecta i completa. L'espai reaccional necessari per a una reacció donada és, ací, reduït al mínim físicament possible, i només la dilatació de l'espai de les molècules posa un límit a la separació entre la reacció i la no-reacció en la microestructura dels éssers vivents. Aquest és el sentit fisiològic de la gran capacitat de reacció dels ferments cel·lulars, o sigui del fet que les concentracions dels ferments en la substància cel·lular siguin tan petites.

MECANISME DE LA RESPIRACIÓ CEL·LULAR

Dels dos processos que intervenen en el transport de l'oxigen, o sigui l'oxidació del "ferment-ferro" i la reducció del "ferment-ferro", el primer no és hipotètic. Exactament com en la cèl·lula, el ferro divalent que es troba en el complex reacciona dins del tub d'assaig amb l'oxigen molecular. Les reaccions primàries de la respiració poden, doncs, ésser imitades dins d'un tub d'assaig, servint-se de substàncies pures de composició ben coneguda. En canvi, fins avui, almenys, no és possible reduir el ferro trivalent per l'acció dels combustibles de la cèl·lula en el tub d'assaig. És necessària, sempre, per a l'atac del ferro, la presència d'una substància de composició

desconeguda—un ferment—, que activa els combustibles. Aquest procés és, en el fons, la dita "activació de l'hidrogen" de la teoria de WIELAND i THUNBERG, i segons es desprèn dels resultats dels experiments fets amb W. CHRISTIAN, es tracta d'un desdoblament comparable als desdoblaments que es coneixen sota el nom de fermentació.

És possible que el joc conjunt del ferment desdoblador i del ferment transportador d'oxigen no expliquin del tot el mecanisme de la respiració cel·lular; i que aquells ferros que reaccionen amb l'oxigen molecular no oxidin directament els combustibles activats, sinó que abans de fer-ho passin per altres compostos de ferro no autoxidables—per les tres hemines de les cèl·lules de Mac MUNN—que existeixen en les cèl·lules vives, com han demostrat les observacions espectroscòpiques de Mac MUNN i KEELIN. Per ara, però, és del tot impossible poder afirmar categòricament que les tres hemines de Mac MUNN es trobin en la marxa normal de la respiració, o sigui que no podem dir si la respiració és una ferro-catàlisi senzilla o una ferro-catàlisi múltiple. Les observacions espectroscòpiques presents s'acorden, també, per complet amb aquella idea que admet que les hemines de Mac MUNN solament són reduïdes en les cèl·lules quan, a conseqüència de la manca d'oxigen, la concentració dels combustibles activats excedeix la mesura fisiològica.

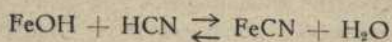
N'hi ha prou amb el que hem dit per comprendre que el transport d'oxigen per mitjà del ferro del ferment transportador d'oxigen no és la suma i compendi de la respiració. En la respiració intervenen, no solament el ferment transportador de l'oxigen i el combustible, sinó que hi ha, a més, el ferment transportador d'oxigen i la cèl·lula viva.

TECNICA DEL RETARDAMENT

Els procediments ordinaris de la química analítica fracassen en la recerca de la constitució química del ferment transportador de l'oxigen, a causa de la concentració quasi infinitament petita del ferment i de la seva sensibilitat. Cal fer ús, en lloc d'aquests procediments, de la tècnica retardadora o de relentiment. Per a això s'empren substàncies que destorben específicament i reversiblement l'activitat del ferment transportador de l'oxigen, o sigui l'oxidació de la substància viva. Per a treure conclusions relatives a la naturalesa química del ferment, ens cal trobar una substància que hi reaccioni i que l'inactivi, i després arribar a conèixer el retardament deduint-lo de l'espècie de la substància retardadora i de les condicions en què s'ha operat. S'investiguen, doncs, les reaccions químiques del ferment fent ús, no dels indicadors ordinaris a base de reaccions colorides o de formació de precipitats, sinó valent-se del retràs que sofreix una acció catalitzadora. És clar que, així, mentre les accions del ferment siguin prou enèrgiques, la concentració del ferment pot ésser tan petita com es vulgui. La investigació és afavorida quan el ferment es troba en les condicions naturals, en la cèl·lula que respira.

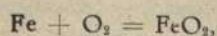
Jo he emprat a aquest fi, dues substàncies que retarden, específicament i reversiblement, la respiració de les substàncies vives: l'àcid cianhídric, per raons històriques, i l'òxid de carboni, per altres raons.

L'acció retardadora de l'àcid cianhídric sobre la respiració celular, que fou descoberta fa uns 50 anys per Claude BERNARD i, des d'aleshores ençà, ha interessat sempre els químics i els biòlegs, es presenta en la reacció d'aquest àcid amb el "ferro-ferment", precisament amb el "ferro-ferment" en estat trivalent. Si representem per Fe el "ferro-ferment" trivalent, podríem escriure, com a representació de l'acció de l'àcid cianhídric, la següent equació:

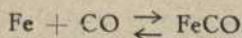


El grup OH, del "Ferro-ferment" trivalent, que té acció oxidant, és substituït pel grup CN—que no té acció oxidant—de manera que el transport d'oxigen queda aturat. L'àcid cianhídric, doncs, relenteix la reducció del "ferro-ferment".

El retràs de la respiració per l'òxid de carboni fou descobert fa pocs anys. Si la reacció primària de la respiració és



en presència de l'òxid de carboni s'hi afegeix la següent reacció concurrent:



i, segons quines siguin les pressions de l'òxid de carboni i de l'oxigen, quedarà fora de la catalisi una part més o menys grossa del "ferment-ferro" degut a la seva unió amb l'òxid de carboni. Diferentment a com ho fa l'àcid cianhídric, resulta, doncs, que l'òxid de carboni s'uneix al ferro divalent del ferment i relenteix la seva oxidació. Per tant, el retràs que l'òxid de carboni produeix en la respiració depèn de la pressió parcial de l'oxigen, al revés del que passa en el retard per mitjà de l'àcid cianhídric.

L'acció verinosa que aquest àcid té sobre l'home, es deu, precisament, al retràs que ocasiona en la respiració celular. En canvi, l'acció verinosa de l'òxid de carboni no té res a veure amb el relentiment de la respiració celular, sinó que es deu a una reacció de l'òxid de carboni amb el ferro de la sang. L'acció de l'òxid de carboni sobre el ferro de la sang es presenta tot i que la pressió de l'òxid de carboni no basta, de cap manera, per a retardar la respiració de les cèl·lules.

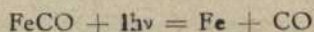
ACCIÓ DE LA LLUM SOBRE EL RETARDAMENT DE LA RESPIRACIÓ CEL·LULAR PER L'ÒXID DE CARBONI

A l'igual que en la respiració celular es poden retrassar reversiblement senzilles ferro-catàlisis per l'acció de l'òxid de carboni i de l'àcid cianhídric. Comparant aquestes ferro-catàlisis i llurs retards amb la respiració celular i el seu retràs, es veu que el catalitzador de la respiració celular es comporta com un compost de ferro que tingues el ferro unit al nitrogen. Però, hauria estat del tot impossible arribar a terme en aquest cas, sense la naturalesa dels compostos que formen l'òxid de carboni i el ferro, que mostren la meravellosa propietat de dissociar-se, per a l'acció de la llum, separant òxid de carboni.

Com hem dit, en afegir òxid de carboni a l'oxigen que respiren les cèl·lules vives, la

respiració s'atura; però aquesta es reprèn si les il·luminen, amb llum ultravioleta o de l'espectre visible. Gràcies a la possibilitat de poder efectuar aquesta il·luminació de les cèl·lules que respiren les barreges d'oxigen i òxid de carboni, es pot fer desaparèixer la respiració o permetre que faci el seu curs normal. En la foscor, el ferro del ferment transportador d'oxigen s'uneix a l'òxid de carboni; a la claror, aquest últim es separa del ferro i així aquest es troba altre cop lliure per a poder transportar l'oxigen. L'any 1926 descobrirem aquest fet en col·laboració amb Fritz KUBOWITZ.

La dissociació fotoquímica dels compostos ferro-carbonílics fou descoberta per MOND i LANGER l'any 1891 il·luminant els ferro-carbonils. Aquesta reacció és específica dels compostos carbonílics del ferro, la major part dels quals semblen dissociar-se exposats a la llum; per exemple: l'hemoglobina oxicarbonica (John HALDANE, 1897), l'hemocromogen oxicarbonic (ANSON i MYRSKY 1925), l'hemocromogen-piridina oxicarbonica (H. A. KREBS, 1928), la ferro-cisteïna oxicarbonica (W. CREMER, 1929). La dissociació fotoquímica dels compostos ferro-carbonílics fou investigada quantitativament, seguint el model de les investigacions fotoquímiques d'Emil WARBURG, és a dir, il·luminant amb llum monocromàtica i comparant l'energia lluminosa absorbida amb la quantitat separada d'òxid de carboni, i es trobà que la llei de l'equivalència fotoquímica d'EINSTEIN és del tot exacta. Independentment de la longitud d'onda, el nombre de grups FeCO separats fotoquímicament és igual al nombre de quanta de llum absorbits. Així, l'equació lumínica per a l'òxid de carboni-hemocromogen-piridina és:



Es pot utilitzar la dissociació fotoquímica dels compostos ferro-carbonílics per a determinar l'espectre d'absorció d'un compost de ferro que actui catalíticament com a transportador d'oxigen. El catalitzador es combina en la foscor amb l'òxid de carboni, de manera que l'acció transportadora d'oxigen es troba paralitzada; després, s'il·lumina amb llum monocromàtica d'intensitat quàntica de diferents longituds d'onda, amb la qual cosa es mesuren, al mateix temps, les accions lumíniques W , (increment de la velocitat de la catàlisi), les quals resulta que estan en relació amb els quanta absorbits.

La disposició emprada és molt senzilla quan la concentració del catalitzador és molt petita, com sol succeir generalment. Així, els gruixos de les capes, pel que fa a l'absorció de la llum, poden ésser considerats com infinitament petits, i en aquestes condicions, el nombre dels quanta absorbits és proporcional al de quanta irradiats, i la relació del coeficient d'absorció de la llum β és:

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{W_1}{W_2} \cdot \frac{i_2}{i_1} \quad (4)$$

En aquesta fórmula tenim, a la dreta, les anomenades accions lluminoses W , o sigui l'increment de la velocitat de la catàlisi, i les intensitats quàntiques i , dues magnituds fàcilment determinables experimentalment. A l'esquerra, hi ha la relació que cerquem entre els coeficients d'absorció de la llum β ; per tant, es pot determinar l'espectre d'absorció relatiu del catalitzador, la posició de les bandes d'absorció i la relació entre les intensitats de les bandes.

Segons aquest principi mesurarem, junt amb E. NEGELEIN, l'espectre d'absorció relatiu del ferment transportador d'oxigen de la respiració. La respiració de les

cèl·lules vives fou retardada barrejant òxid de carboni a l'oxigen. Després, il·luminàrem amb llum monocromàtica de diferent longitud d'onda i d'intensitat quàn·ta mesurada i en aquestes condicions mesuràrem l'augment de la respiració i calculàrem l'espectre relatiu d'absorció segons la fórmula (4). Per als assaigs d'aquesta mena, solament serveixen cèl·lules pràcticament incolores. Ja hem suposat que s'empren capes de gruix infinitament prim. Queden, per tant, eliminades d'aquestes proves, entre altres, les cèl·lules roges de la sang i les cèl·lules verdes vegetals.

METODE PER A DETERMINAR L'ESPECTRE D'ABSORCIÓ ABSOLUT

Amb la determinació de l'espectre d'absorció relatiu no es troben esgotades totes les possibilitats del mètode de treball exposat; ben al contrari, és perfectament possible portar-lo més enllà, de manera que ens doni el coeficient d'absorció absolut del ferment.

Pensem en cèl·lules vives la respiració de les quals és retrassada per l'acció de l'òxid de carboni. Si les il·luminem, la respiració no puja tot d'una, des del valor que tingui a les fosques al que tingui a la claror; sinó que triga algun temps, per bé que curt, abans el compost d'òxid de carboni del ferment no és dissociat per la llum. No cal càlcul de cap mena per a entendre que l'augment de l'acció de la llum ha d'estar sotmès al to de color del ferment. Quan el ferment és molt absorbent, el compost d'òxid de carboni és dissociat ràpidament i al revés.

És possible mesurar el temps en què va pujant l'acció de la llum. Podem mesurar el temps que es necessita, donada una intensitat determinada de llum, fins que s'ha dissociat, aproximadament, la meitat del compost d'òxid de carboni del ferment; i si tenim en compte aquest temps i la intensitat de la llum actuant, podrem calcular, per a cada longitud d'onda, el coeficient absolut d'absorció del ferment.

Mesurat segons aquest principi, el coeficient d'absorció del ferment és del mateix ordre de magnitud que el poder d'absorció de la llum dels nostres colorants més forts. Si tinguéssim una solució de ferment de concentració molar, trobaríem que en capes d'un gruix de $2/1000000$ de cm afebliria fins a la meitat la llum de la línia blava de mercuri de $436 \mu\mu$. El fet que no es vegi el ferment en les cèl·lules, és degut a la concentració en què s'hi troba.

ESPECTRE D'ABSORCIÓ DEL FERMENT

Hem determinat el coeficient d'absorció del ferment en el terreny espectral comprès entre la línia ultravioleta $254 \mu\mu$ i la línia roja $660 \mu\mu$. Fou necessari l'ús de llum monocromàtica d'intensitat relativament grossa— $1/100$ fins $1/10$ calories-gram per minut—. Per als primers assaigs, fets en col·laboració amb Erwin NEGELEIN, disposàrem de 16 longituds d'onda; més tard, Fritz KUBOWITZ i E. HAAS, isolaren 15 longituds d'onda més, d'intensitat i puresa suficients; avui es coneixen, doncs, 31 punts de l'espectre del ferment. Com a deus lluminoses vàrem emprar una làmpada de vapor de mercuri construïda expressament a la Siemens-Plania-Werke, pel Dr. Hans BOAS,

i la nova làmpada *Pirani*, de la Osram-Sdudiengesellschaft; d'aquestes fonts de llum isolàrem les línies amb cromadors i filtres de color ¹.

MODEL DE CATALISIS AMB HEMINA

Semblà necessari, vistos aquests resultats, controlar si l'hemina es comporta, com a catalitzador d'oxidació de l'òxid de carboni i de l'àcid cianhídric, de la mateixa manera que el ferment. Si es dissol cisteïna en aigua que contingui piridina i s'hi afegeix una minúscula partícula d'hemina, es pot veure, remenant el líquid en contacte de l'aire, que la cisteïna és oxidada per l'acció catalítica transportadora d'oxigen de l'hemina. Sepons resulta dels estudis que féu H. A. KREBS en la foscor, l'òxid de carboni retrasse la catàlisi i aquest retard desapareix així que es fa actuar la llum. L'àcid cianhídric actua, en aquest model, de la mateixa manera que en la respiració de les cèl·lules, és a dir, combinant-se amb el ferro trivalent hemínic, i destorbant la seva reducció. Exactament com en la vida, en aquests experiments es pogué comprovar que el retràs per l'acció de l'òxid de carboni depèn de la pressió de l'oxigen; en canvi, el retard produït per la presència de l'àcid cianhídric, és independent d'aquesta pressió.

Juntament amb Erwin NEGELEIN utilitzàrem aquest model de catàlisi per a la investigació quantitativa del ferment. El model de catàlisi per l'hemina fou retrassat en la fosca; després, fou il·luminat amb llum d'intensitat quàntica mesurada i de l'acció d'aquesta es pogué calcular l'espectre d'absorció del ferment, conegut ací per mesura directa de la substància pura. El càlcul dóna l'espectre d'absorció d'aquella hemina afegida com a catalitzador; així, resulta comprovat el mètode emprat per a determinar l'espectre del ferment, tant com a mètode de mesura com a procediment de càlcul.

BANDES DEL FERMENT

Les bandes de l'espectre del ferment foren utilitzades per a determinar la constitució química del ferment-hemina. Direm, per fer més clara l'explicació d'aquests treballs, quelcom sobre les hemines i les bandes de llur espectre. L'alçada absoluta de les bandes—per una mateixa hemina—varia dintre de límits determinats. La concentració salina, el dissolvent, etc., tenen certa influència. Si, per qualsevulla causa, s'abaixa l'alçada d'una banda, creix la seva amplitud, o sigui que sembla servir-se sempre constant la superfície. Però únicament s'ha de donar valor a l'alçada absoluta de les bandes quan es tracta de determinar l'ordre de llur magnitud.

¹ L'autor presenta a l'auditori la relació de les longituds d'onda, fins ara isolades, i els coeficients absoluts d'absorció dels compostos del ferment amb l'òxid de carboni; posant els coeficients d'absorció com a funció de les longituds d'onda, presentà uns gràfics que mostren l'espectre d'absorció dels compostos de l'òxid de carboni amb el ferment. La banda principal d'absorció o banda γ , es troba en el blau, a la dreta de la qual, en el verd i el groc, es troben les bandes secundàries α i β , i a l'esquerra de les bandes principals les bandes secundàries, en l'ultravioleta δ i ϵ . Aquest espectre, per la posició de les bandes, per la relació entre llur intensitat i per la magnitud absoluta del coeficient d'absorció, correspon a un derivat d'hemina. Presentà, igualment, els espectres d'altres compostos d'hemina i òxid de carboni.

Les bandes que les hemines presenten en la regió ultravioleta es troben, quan es tracta d'hemines lliures, simplement assenyalades i solament estan ben formades quan les hemines es troben unides a albúmines.

Excel·lents per a la classificació dels compostos hemínics són la banda principal d'absorció en el blau, i la banda secundària d'onda llarga α . Després, s'hi sumà la banda β ; però per diverses causes, pertinents als mètodes de treball, quan s'ha tractat del ferment no han pogut ésser fixades amb l'exactitud deguda. La posició de les bandes principal i α del ferment, que hem anomenat "bandes del ferment" perquè estudiant-el fou quan es trobaren primer, és la següent:

	Banda principal	banda α
Compost del ferment amb l'òxid de carboni	433 $\mu\mu$	590 $\mu\mu$

CLASSIFICACIÓ DE LES HEMINES

Hemines són les combinacions complexes de ferro de les porfirines, el ferro de les quals es troba unit per dues valences al nitrogen. La constitució química de les porfirines ha estat explicada per Hans FISCHER, qui ha demostrat que les porfirines són compostos tetrapirròlics, els quatre grups pirròlics dels quals estan enllaçats, en posició α , amb grups metínics.

Es coneixen hemines vermelles, verdes i de colors barrejats. Quan es substitueix el magnesi de la cloròfila per ferro, s'obtenen les hemines verdes. A llur color es deuen les bandes en la regió del vermell, tan congudes des dels estudis espectrogràfics de la cloròfila. El ferment no absorbeix en la regió roja i, per tant, no pot ésser cap hemina verda.

Les hemines roges són les hemines ordinàries de la matèria colorant de la sang, i llurs parentes de prop són les *Mesohemina* i la *Deuterohemina*. Una hemina roja és, també, la *Coproheminina*, compost de ferro de la coproporfirina, descobert per H. FISCHER. Són, també, hemines roges, la pirroheminina, la filohemina i la rodohemina, que obtingué WILLSTAETTER per una enèrgica demolició reductora de la cloròfila. La posició de la banda principal d'absorció i de la banda α del compost d'òxid de carboni de les hemines roges, és la següent:

	Banda principal	banda α
Compostos d'òxid de carboni amb les hemines roges.	420 $\mu\mu$	570 $\mu\mu$

Les bandes del ferment es troben desviades, almenys, des de 13 fins a 20 $\mu\mu$ cap al roig, comparades amb les bandes de les hemines roges. Per tant, el ferment no pot ésser una hemina roja.

Entre les hemines verdes i les hemines roges es troben les hemines de colors barrejats, que deuen llur nom a la propietat que presenten llurs dissolucions d'ésser verdes o vermelles en variar el gruix de la capa considerada. Les seves porfirines corresponents—nomenades per llur descobridor Hans FISCHER, feoporfirines—, es formen quan es redueix amb molta cura la cloròfila per l'àcid iodhídric. Una feoporfirina és,

també, la feoceritrina, que es forma per reducció de la clorofil·la en el canal digestiu dels rumiants, i que LOBISCH i FISCHER isolaren de la fel del bou. Químicament, les feoporfirines es troben molt prop del pigment de la sang, ja que, com trobà HANS FISCHER, la feoporfirina *a* no és altra cosa que mesoporfirina que té oxidats un dels restos d'àcid propiònic, és a dir, una mesoporfirina apta per a tancar l'anell amb el nucli porfirínic. La feoporfirina *a* és un producte de reducció de la clorofil·la, o un producte de l'oxidació del pigment de la sang; com es pot veure, els principals pigments del món orgànic—el pigment de la sang i la matèria colorant de les fulles vegetals—es troben meravellosament relacionats.

Les bandes de l'espectre de la feoporfirina de FISCHER es troben separades cap al vermell si se les compara amb les del pigment de la sang; però no tant que es puguin considerar com a bandes de ferment. Com sigui que la clorofil·la *b* presenta bandes d'onda més llarga que la clorofil·la *a*, aplicarem, en col·laboració amb W. CHRISTIAN, a la clorofil·la *b*, el mètode reductiu de FISCHER. Així, obtinguérem una feohemina *b* que, addicionada a l'albumina, ens donà la banda principal en la mateixa posició que la que mostra l'espectre del ferment. Les bandes de l'òxid de carboni-feohemoglobina *b* són les següents:

	Banda principal	banda α
Compost oxi-carbònic de la Feohemoglobina <i>b</i>	435 $\mu\mu$.	598 $\mu\mu$.

Mentre que la banda principal de la feohemoglobina es troba dins dels límits generalment admeses per a poder identificar-la amb la banda principal del ferment, la banda α es troba massa enllà cap al vermell per a poder fer-ho. Resulta, però, interessant, al mig de tot, que per reducció de la clorofil·la *b* s'obtingui una feoporfirina, l'hemina de la qual es troba molt més prop del ferment que cap de les feohemines abans obtingudes.

Més a la vora del ferment cal considerar, almenys pel que afecta al seu espectre, l'espirografishemina, que hem obtingut amb NEGELEIN i HAAS partint de la clorocruorina, el pigment de la sang del Spirographis. Les bandes de l'espectre de l'espirografis-hemina addicionada a la globina són les següents:

	Banda principal	banda α
Compost de l'òxid de carboni amb l'espirografis-hemina.	434 $\mu\mu$.	598 $\mu\mu$.

CONSTITUCIÓ DE L'ESPIROGRAFIS-HEMINA

Després del que acabem de dir es comprèn la gran importància que tindrà el poder fixar la constitució química de l'espirografis-hemina; però, desgraciadament, és molt difícil obtenir aquesta hemina cristallitzada en quantitat suficient per a poder analitzar-la i, per això, no es pot donar per acabat l'estudi de la seva constitució. Fins ara, en els treballs que hem fet amb NEGELEIN, hem obtingut els resultats següents: L'espirografis-hemina i l'espirografis-porfirina analitzades contenen dos grups carboxílics i cinc àtoms d'oxigen, és a dir, un àtom més d'oxigen. Aquest àtom d'oxigen,

en reaccionar amb l'hidroxilamina, dóna una oxima, amb la qual cosa queda demostrada l'existència d'un oxigen cetònic. La caracterització d'aquest grup ens diu que l'espigrografis-hemina es diferencia de les hemines vermelles, i que se l'ha de classificar com una feohemina. Tal com les feohemines de FISCHER, l'espigrografis-hemina, degut al grau d'oxidació de la seva cadena lateral, es troba col·locada entre la cloròfila i el pigment de la sang.

FORMACIÓ I DESAPARICIÓ DE LES BANDES DE FERMENT

Les dues hemines més apropades del ferment, la feohemina *b* i l'espigrografis-hemina, tenen una propietat meravellosa. Quan se les dissol, a l'estat de compostos ferrosos en llexiu de sosa, llurs bandes d'absorció es desplacen lentament cap al blau i s'acosten a la posició de les bandes de l'hemina de la sang. De les hemines de colors barrejats en surten hemines roges. En acidular passa al revés: les bandes de la sang desapareixen i sorgeixen, en canvi, les bandes de ferment. Aquest assaig ens demostra que l'oxidació de la cadena lateral no és suficient per a fer sorgir l'espectre del ferment, sinó que és necessari que hi hagi, a més, una espècie de formació d'anhidrid.

No podem dir aquí res més sobre aquesta reacció, que és la causa química de la formació de les bandes de ferment; sols volíem expressar el seu fonament. La física ens dóna les bandes de ferment, la química orgànica és la que les ha d'identificar o ha de fer-les formar. El mètode té quelcom de semblant—com han dit ANSON i MIRSKY—, a l'anàlisi espectral de les estrelles. De fet, la matèria del ferment, encara que la tinguem tan propera, es troba tan inabastable per a nosaltres, com la substància dels més llunyans estels.

ORIGEN COMÚ DE L'HEMOGLOBINA I DE LA CLORÒFILA

Si es fa passar per una dissolució aquosa d'espigrografis-hemina un corrent d'oxigen, a la temperatura ordinària, l'hemina s'oxida. La solució que, al principi, era de color barrejat, es colora de verd i en el vermell a 650 $\mu\mu$, apareix una banda anàloga a la de la cloròfila. Per altra part, fent passar per una dissolució d'espigrografis-hemina, escalfada a 37°, un corrent d'hidrogen en presència de palladi, la cadena lateral de l'espigrografis-hemina és reduïda i es forma una hemina semblant a la de la sang, que en acidular es transforma en una veritable hemina roja.

La posició intermitja de l'hemina anàloga al ferment, tan clarament expressada en el senzill experiment exposat, ens mena a suposar que el pigment de les fulles i el pigment de la sang es desenvolupen sortint del ferment: el pigment de la sang per reducció, el pigment de les fulles per oxidació; el ferment ha estat, doncs, a l'origen de l'hemoglobina i de la cloròfila.

Trad. de J. SUREDA I BLANES

La teoria de la relativitat

Donem a continuació un extracte de les tres Conferències professades pel Prof. Albert EINSTEIN, a Oxford, amb motiu del curs "The Rodes Lectures 1931".

I

CONTINGUT ESSENCIAL I PROBLEMES PRESENTS

La teoria especial de la relativitat és, realment, caracteritzada per un espai mètric pseudo-Euclidià de quatre dimensions. Les seves bases físiques generals són les equacions electromagnètiques de MAXWELL i, més especialment, l'aberració de la llum i els experiments de FIZEAU i MICHELSON. El temps per una banda i l'espai de tres dimensions per l'altra, perden llur caràcter absolut; queden continguts dins l'espai de quatre dimensions.

La teoria general de la relativitat és, en realitat, caracteritzada per un sistema mètric de RIEMANN, de quatre dimensions. Són les seves bases físiques: la igualtat de massa gravitatòria i inercial; les afinitats físiques (equivalència) entre un sistema ordenat accelerat i un tipus especial de camp gravitatori. La mètrica de RIEMANN descriu, per un costat, les propietats mètriques de l'espai, és a dir, les abstraccions que poden ésser fetes per mitjà de mesures amb rellotges i regles graduades i, per altre costat, el camp gravitatori, és a dir, determina els camins al llarg dels quals es mouen les partícules elèctriques neutres.

El més gran problema de la teoria general de la relativitat és la recerca de les equacions de gravitació del camp. Aquestes són completament determinades per les condicions de covariància si hom admet que són lineals i del segon ordre en els coeficients mètrics. La crítica de la teoria general de la relativitat és basada en la mètrica de RIEMANN: Mentre ens procura una teoria tècnica satisfactòria de la gravitació, no ens en proporciona, naturalment, per al camp electromagnètic i matèria.

II

EL PROBLEMA COSMOLÒGIC

Si hom imagina una esfera tridimensional el suficientment gran per a contenir moltes estrelles al voltant d'algun punt de l'univers i hom divideix la massa continguda pel volum de l'esfera, hom obté una densitat mitjana ρ que pot acceptar-se que tendeix a un límit a mesura que augmenta el radi. Cal admetre que aquest límit no és zero, puix que altrament l'univers seria virtualment buit.

És natural donar per establert que aquesta densitat ρ és la mateixa arreu de l'Univers. Sorgeix la qüestió següent: les equacions del camp de la teoria general de la relativitat són compatibles amb aquesta suposició?

Per una investigació preliminar, hom pot prescindir de les irregularitats locals i substituir ρ per una densitat constant en tot l'Univers. D'aquesta manera, l'espai amb corbatures irregulars locals és substituït per un de corbatura constant.

En la primera escomesa d'aquest problema jo vaig fer la més avançada suposició que la densitat ρ definida (i consegüentment la constitució de l'espai en gran escala) no canviava amb el temps.

Els càlculs palesen que les equacions del camp de la teoria general de la relativitat no poden ésser resoltes amb aquestes suposicions en cap espai de corbatura constant. Però sembla possible una solució, afegint un terme arbitrari (el terme λ) a les equacions del camp, procedir compatible amb el postulat general de la relativitat. Resultava un espai esfèric el radi del qual P era definit, únicament, per la densitat $P \propto (k\rho) - \frac{1}{2}$ on K significa la constant de gravitació de la teoria general de la relativitat.

En 1922, A. FRIEDMANN descobrí que aquestes equacions (amb terme λ) també tenen solucions en les quals P i ρ són funcions del temps. DE SITTER, LEMAITRE i TOLMAN també investigaren aquests problemes matemàticament. La qüestió ha entrat en una nova fase des de que HUBBLE ha demostrat en el transcurs dels darrers pocs anys, per investigació espectral de les nebuloses extra-galàctiques, que aquestes mostren un efecte Doppler (desplaçament envers el vermell de línies espectrals) que augmenta linealment amb la distància i que aquests sistemes (cada un anàleg al de la Via Làctea) són distribuïts gairebé uniformement en l'espai. Si cal interpretar aquests desplaçaments vermells com a moviments radials, interpretació que actualment no tenim dret a posar en dubte, llavors la suposició que ρ no varia amb el temps és considerablement debilitada.

Basant-nos en les fórmules de FRIEDMANN, pot ésser demostrat que les equacions de la teoria general de la relativitat poden ésser satisfetes per un espai expansible i, ço que és més, sense introduir el terme λ , el qual era teòricament insatisfactori i empíricament innecessari. Segons això, l'ordre de magnitud del radi variable del món depèn, no solament de la densitat mitjana ρ , sinó, també, de la constant de HUBBLE

per als desplaçaments vermells ($D = \frac{\text{Efecte Doppler}}{\text{distància}}$) conforme a les equacions

$$P \propto (k\rho) - \frac{1}{2}$$

$$P \propto \frac{1}{D}$$

Dificultats: Petit valor del radi terrestre (10^8 anys de llum); període comparativament curt durant el qual l'estructura de l'espai pot haver estat aixamplant-se (10^{10} anys); dificultat d'extrapolació en temps més llunyà vers el passat.

III

ELS MÉS RECENTS DESCABELLAMENTS DE LA TEORIA

Un intent per a completar la teoria de la relativitat superposant una estructura direccional sobre la senzilla estructura mètrica. Si el camp electromagnètic ha d'ésser inherent en la teoria, aleshores aquest s'ha de representar junt amb el mètric gravitacional en una única estructura unitària de l'espai. Per això, des del moment que ens

manca una base física, nosaltres només podem ésser guiats per consideracions de simplicitat matemàtica.

Suposicions fonamentals.—L'orientació relativa dels sistemes locals de coordenades cartesianes que enclouen el mètric de RIEDMANN, té un significat (físic); és a dir, és possible exposar la llei del desplaçament infinitesimal d'un valor que deixa la seva magnitud (determinada pel mètric de RIEMANN) inalterada i passa a una posició independent de la ruta després de tot (finit) desplaçament. (Integrabilitat de la llei de desplaçament).

Aquesta estructura espacial és descrita en quatre dimensions per setze funcions. A més de la mètrica, aquestes determinen una estructura direccional la qual pot ésser esguardada com a proporcionadora d'una interpretació del camp electromagnètic. Cal esperar més endavant que els fenòmens que ja han estat provisionalment coordinats en les teories atòmiques i dels quanta poden derivar de la llei del camp per postulats lliures de singularitats.

Descripció del camp.—El sistema coordinat local consisteix en quatre vectors rectangulars contravariants ($s=1,2,3,4$) les composants dels quants referides a un sistema de coordenades de GAUSS, són h_s^V . El problema fonamental consisteix a buscar les equacions diferencials del camp per als setze vectors corresponents h , els quals nosaltres suposem de nou que són de segon ordre i lineals en els termes de segon ordre. Les equacions gravitacionals de la teoria original suggereixen la línia al llarg de la qual la solució del problema pot ésser trobada. Les deu equacions del camp (equacions tensor) en la teoria original contenen, com nosaltres sabem, quatre identitats. Això és necessari; altrament, el nombre d'equacions seria massa gran; per causa de la condició de general covariació, la nostra elecció de quatre dels camps variables ha d'ésser completament lliure; *per seqüència, quatre de les equacions no poden ésser independents de les altres.* Les equacions de camp de la nova teoria han de tenir les mateixes característiques.

Una investigació duta a terme per mi mateix i el meu col·lega W. MAYER, ha establert que aquesta condició resol les principals equacions del camp; però no tan inambiguament com en la teoria mètrica senzilla. Actualment, hi han quatre tipus d'equacions de camp, cada una de les quals encara conté una o dues constants universals no determinades per la teoria: d'aquests tipus, dos contenen, com a cas especial, les velles equacions gravitacionals.

Si la suposició fonamental que hem fet ens aconduïx una mica més prop del coneixement de l'estructura de l'espai real, només pot ésser decidit per la (molt difícil) integració de les equacions.