

Extractes i Traduccions

INTRODUCCIO A LA TEORIA DE LA RELATIVITAT¹

Per construir una casa no cal saber que la terra és rodona; però fóra imperdonable que un arquitecte ho ignorés.

BOREL.

PRELIMINARS

Entre totes les teories que successivament s'han concebut per explicar els fenòmens que observem en el món, cap com la de la Relativitat ha assolit de cridar tan poderosament l'atenció universal. Aquest fet es deu, principalment a dues raons:

Primera: Fins a les darreries del segle XIX i primers de l'actual s'havia arribat a construir un edifici teòric, una imatge intel·lectual tan perfecta del món físic, que explicava gairebé tots els fenòmens, els quals es presentaven com a conseqüències necessàries de les propietats mecàniques de l'èter. Aquesta doctrina recolzava en uns quants axiomes fonamentals, que no es creia necessari demostrar, ni tan solament explicar. Un d'ells era, per exemple, l'existència del temps absolut.

Quan únicament faltaven uns pocs perfeccionaments de detall, MICHELSON tractà de mesurar la velocitat de la terra en relació amb l'èter, dada amb la qual s'havia de completar el total coneixement d'aquesta substància.

Però contra tot allò previst i allò esperat, aquesta velocitat resultà ésser nul·la. L'experiència de MICHELSON, a la llum de la teoria de l'èter, demostrava que la terra era el CENTRE DE L'UNIVERS, l'únic planeta immòbil en l'espai. Però el moviment de la terra estava, per la seva banda, comprovat per un gran nombre d'observacions astronòmiques i físiques.

Entre les dues tesis contradictòries, provades ambdues per l'experiència, quina era la veritable? MICHELSON i altres savis tornaren a executar noves medicions; però la terra s'obstinà a continuar apareixent immòbil. Quina solució es podia donar a aquest enigma? Totes les que es proposaren conduïen a resultats contradictoris entre ells i, desmentits, demés, per l'experiència. Per altra banda, l'edifici teòric, abans tan senzill i perfecte, es complicava i desfigurava de tal manera, que més que un edifici semblava unes runes.

És aquest el moment de l'aparició d'EINSTEIN, el qual demostra que totes les dificultats en què es veu embolicat el món científic, provenen de què s'havia deixat menar per la llum enganyadora de certs axiomes que, per semblar evidents, s'havien acceptat sense examen. Aleshores, amb l'única ajuda de l'Experiència i de la Lògica, construeix la teoria de la Relativitat, els èxits més grans de la qual són:

¹ Article traduït de "Anales de la Universidad Central", de la República del Ecuador. Quito, 1928.

I) Explica tots els fenòmens físics compresos en la Mecànica antiga i, ademés, l'experiència de MICHELSON;

II) Explica el moviment del periheli de Mercuri, anormal segons l'Astronomia clàssica, i necessari segons la teoria de la Relativitat;

III) Dóna una concepció senzilla, coherent i lògica del món físic, determinant per què la massa ponderable i la massa d'inèrcia dels cossos ens semblen sempre iguals i per què apareix inexhaurible la provisió d'energia solar. A les lleis de la Relativitat es sotmeten les emanacions radioactives que s'obstinaven a permanèixer al marge de la Mecànica clàssica.

IV) Ha permès preveure la pesantor de la llum, que es comprovà plenament en l'eclipsi total de sol, en 1919, i el desplaçament vers el roig de les ratlles espectrals de la llum provinent de camps de gravitació intensa.

Però (i aquesta és la segona i, potser, la major causa de la seva celebritat) la teoria de la Relativitat està acusada de topiar contra el sentit comú. I és així com molts, que mai no han llegit res de la Relativitat, la defineixen amb un aplom de millor sort: *és una doctrina incompreensible*.

Doncs bé, aquest treball que no és una exposició de l'esmentada doctrina té un objecte molt modest: demostrar que si les conclusions de la teoria de la Relativitat topen contra el sentit comú de determinats homes, tampoc no s'hi avenen les deduccions lògiques dels principis universalment admesos en la Mecànica clàssica.

A la llum dels principis de la Mecànica clàssica, arribem també, a la negació del *temps absolut*, a la realitat dels *temps locals* i a la concepció d'*espai-temps* de quatre dimensions; els tres principals capítols de l'acusació dirigida contra la Relativitat per certs físics.

Els resultats no són idèntics, sinó solament anàlegs, als de la teoria de la Relativitat, cosa inevitable per tal com l'autor es situa en un punt de vista diferent.

CAPÍTOL I

I. EL TEMPS

Com ens formem una idea del temps? Indubtablement, observant els canvis que tenen lloc en la naturalesa i en nosaltres mateixos. El moviment del sol i dels altres astres en el firmament; el canvi d'aspecte de la naturalesa que segueix a l'aparició i desaparició del sol; la constatació que els nostres semblants que no existiren abans, existeixen avui i que altres que existiren han deixat d'existir; l'observació que en el nostre interior es verifiquen canvis: de sensacions, idees, volicions, etcètera, dintre de la nostra consciència; d'actituds, funcionament, posició, etc., dels nostres òrgans; tot aquest sistema complex de mutacions ens mena a la noció que ni el món exterior, ni nosaltres, hem estat sempre el què som avui, és a dir, a la noció d'*un abans* i d'*un després*, a la noció de temps.

II. DURACIÓ

Però aquests canvis no tenen lloc d'una manera simultània. Mentre el sol és en el cel, per exemple, es succeeixen nombrosíssims fenòmens, tant en el món exterior com en el nostre món intern; els pèndols dels rellotges executen més de 40.000 os-

cil·lacions, i, en el mateix interval, una multitud d'idees han aparegut i desaparegut de la nostra consciència. Aleshores diem que la presència del sol dura més que les nostres idees i que l'oscil·lació pendular.

III. EL TEMPS COM QUANTITAT

El costum de numerar les coses que ens volten ens ha conduït a numerar els fenòmens. Però entre aquests, alguns es repeteixen d'una manera gairebé idèntica: els dies i les nits, les palpitations del nostre cor, els moviments respiratoris; les oscil·lacions pendulars i molts d'altres es presenten al nostre enteniment com a veritables objectes als quals es poden aplicar les nocions d'unitat, agrupació, separació, i, per tant, les operacions de l'Aritmètica. D'aquesta manera podem concebre el temps com a quantitat.

IV. MEDICIÓ DEL TEMPS

Si entre l'aparició i la desaparició d'un fenomen—la claror del dia, per exemple—, observem que es repeteix un cert nombre n de vegades—suposem 40.000—un altre fenomen distint (oscil·lació pendular), direm que la duració del primer fou n vegades major que la del segon.

V. UNITAT DEL TEMPS

Fins ací, la simple observació ens ha portat a la noció de temps i de duració. Per perfeccionar els nostres coneixements sobre el temps, ens cal recórrer a l'experiència.

Suposem que hem comptat moltes vegades—100, per exemple—les oscil·lacions d'un pèndol esdevingudes entre dues aparicions consecutives de la mateixa estrella, Sirius, i que hem obtingut en totes el mateix número 86.400². Direm que una revolució completa de Sirius dura tan com 86.400 oscil·lacions del pèndol, la qual cosa constituiria una llei física particular. La nostra tendència generalitzadora ens farà repetir el mateix experiment amb altres estrelles i si amb totes trobem el mateix número 86.400, establirem la llei general que un dia sideral dura 86.400 oscil·lacions pendulars.

Ens decantarem, aleshores, a atribuir una duració igual a tots els dies siderals, així com a totes les oscil·lacions del pèndol referit, i prendrem com a unitat per al temps el *dia sideral* o l'*oscil·lació pendular*.

Notem de pas, que si alguna vegada obtinguéssim un resultat diferent—60.000 en lloc de 86.400—pensariem que el nostre pèndol s'ha espatllat o que hem errat el compte.

VI. RELLOTGES

Per estalviar-nos la molèstia de comptar una a una aquestes nombroses oscil·lacions pendulars, o *segons*, serveixen els rellotges que registren tots aquests moviments mit-

² Hem incorregut voluntàriament en l'error de prendre la duració del dia sideral com igual a la mitja del dia solar, per tal de poder emprar un número còmode i conegut com és el de 86.400 segons. Pel demés, aquest error no minva valor a l'exposició de la doctrina, que és el nostre objecte principal.

jançant la rotació de les agulles. Considerarem bo un rellotge quan marqui 86.400 segons en un dia sideral.

CAPÍTOL SEGON

I. RELATIVITAT DEL TEMPS

Dos rellotges idèntics i idènticament sincronitzats sols poden marcar el mateix temps quan ambdós són plaçats en el mateix lloc de l'espai. Llurs observacions diferirien si ocupessin dos llocs diferents, a distàncies desiguals de l'observador.

Fins fa poc hi havia el costum a Quito d'engegar una canonada, exactament, a les dotze del migdia, perquè el públic arreglés els rellotges. L'esclat sols es percebia a Quito. Però imaginem que hagués estat el suficientment fort per poder ésser sentit de tota la província de Pichincha i que un camperol, no molt entès en Física, després de comprovar que, a Quito, el seu rellotge marcava sempre exactament les dotze en sentir el tret de canó meridiana, el portés a Machachi que es troba a uns 40 km. de Quito.

D'acord amb el costum adquirit en aquesta ciutat, naturalment, curarà d'observar la marxa del seu rellotge i esperarà continuar escoltant les detonacions meridianes quan el seu rellotge marqui les dotze. Quina no serà la seva sorpresa en percebre l'esmentat senyal no a les dotze, sinó a les dotze i dos minuts? Creurà que el seu rellotge s'ha espatllat durant el viatge, per la qual cosa ha avançat dos minuts en aquest primer dia. Si és suficientment escrupulós en la mesura del temps, tornarà immediatament a Quito perquè li arreglin el rellotge. Però es trobarà amb una nova sorpresa en arribar a aquesta ciutat: tots els bons rellotges de Quito marxen d'acord amb el seu, i quan aquest marca les dotze sona, així mateix, la canonada. Deduirà que un viatge de Quito a Machachi espatlla els rellotges, i que el retorn els arregla. Però si explica el cas a un amic conixedor de les lleis del so, s'informarà que la diferència de dos minuts no es deu al rellotge, sinó al so, que no es propaga amb una velocitat infinita, sinó amb la de 340 metres per segon i que l'esclat havia de trigar exactament dos minuts per arribar a Machachi. Des d'aleshores comprendrà que per tenir el temps de Machachi per mitjà de les senyals sonores enviades de Quito, li cal corregir-les de dos minuts i que, en general, la diferència entre el temps veritable i el temps tramès d'un altre lloc per mitjà del so és de $\frac{x}{340}$, essent x la distància en metres entre els dos llocs.

11

La durada d'un mateix fenomen no pot ésser la mateixa, encara que la mesurin dos observadors amb rellotges idèntics, si l'un es mou en relació a l'altre amb una certa velocitat. Cada observador en moviment té el seu temps propi

Suposem que el nostre camperol hagués emprat per retornar a Quito un automòbil amb velocitat de 122 km per h, aproximadament 100 peus per segon, la dècima

part, aproximadament, de la velocitat del so, en una de les festes en les quals s'acostuma disparar canonades a Panecillo, amb intervals d'un minut. Si té oportunitat de comprovar la marxa del seu rellotge, tractarà d'esbrinar si els minuts que aquest marca són iguals als minuts de Quito.

D'antuvi, nosaltres ja podem fixar d'una manera aproximada els segons que marcarà el cronòmetre del nostre home entre la percepció de dos disparos consecutius. En efecte, atès que en cada segon l'automòbil s'apropa 100 peus a Quito, el so, per cada segon d'interval, haurà de recórrer 100 peus menys per arribar-lo a trobar. A cada minut correspon, doncs, un acostament de $100 \times 60 = 6000$ peus. Essent 1000 peus per segon la velocitat del so, cada detonació emprarà

$$\frac{6000}{1000} = 6$$

segons menys a arribar a l'automòbil, que la detonació immediata anterior. El nostre camperol observarà, aleshores, que el seu rellotge no més marca 54 segons per cada minut de Quito i deduirà:

- a) Que el rellotge de Quito s'està avençant.
- b) Que el seu mateix rellotge s'està atrassant.

Quina de les dues conclusions és veritable? Cap. Ambdós rellotges van bé, però el temps de Quito no és el d'un sistema en moviment. Cada sistema té el seu temps propi. La duració de l'interval entre dues canonades fou, en realitat, de 60 segons per a Quito i de 54 segons per a l'automòbil. Per obtenir la duració d'un fenomen esdevingut a Quito, cal multiplicar la durada del mateix fenomen, mesurada en el rellotge de l'automòbil, per un cert factor major que 1².

² La valor exacta del coeficient per al cas considerat es podria calcular com segueix:

Suposem que l'automòbil es troba a 10000 peus de distància de Quito, en el moment de rebre la primera senyal sonora. El temps emprat pel so a recórrer aquesta distància, a la velocitat de 1000 peus per segon fóra

$$\frac{10000}{1000} = 10 \text{ segons}$$

L'observador que engega els senyals a Quito comença a comptar els segons des del moment que parteix el primer senyal, mentre que el viatger de l'automòbil comença a comptar des del moment que li arriba el senyal, és a dir, 10 segons després.

Atès que l'automòbil marxa vers Quito a raó de 100 peus per segon, durant els 50 segons que van entre l'arribada del primer senyal a l'automòbil i la partida del segon des de Quito, l'observador s'haurà acostat $50 \times 100 = 5000$ peus i la seva distància de Quito, en el moment que la segona detonació és engegada, serà

$$10000 - 5000 = 5000 \text{ peus.}$$

Com sigui que senyal i automòbil van recíprocament un vers l'altre, amb les velocitats respectives de 1000 i 100 peus per segon, resulta que en cada segon s'apropen 1100 peus. El temps que trigarán a trobar-se serà, aleshores:

$$\frac{5000}{1100} = 4.55 \text{ segons}$$

La durada de l'interval en què l'observador rep els senyals serà, doncs.

Notem, a més, que si el camperol hagués emès un senyal sonor, cada vegada que el seu rellotge marcava 60 segons, aquests senyals no haurien estat rebuts a Quito cada 60 segons, sinó cada 54, i per calcular el temps de l'automòbil, mitjançant senyals rebuts a Quito, cal multiplicar el temps mesurat en aquesta ciutat pel mateix factor superior a la unitat del qual hem parlat.

Aquestes divergències entre les mesures del temps ocasionaria, també, diferències en l'apreciació o mesura de les magnituds físiques que depenen del temps, tals com la velocitat, acceleració, potència, etc.

III

La velocitat d'un mateix moviment real és diferent per a un observador mòbil que per a un altre de fix.

Imaginem que en el camí entre Quito i Machachi s'haguessin col·locat pals numerats a la distància de 6000 peus, i que la policia, per evitar accidents de tràfec, o per

$$50 + 4.55 = 54.55 \text{ segons,}$$

mentre que l'interval mesurat a Quito era de 60 segons.

L'observador de l'auto, per calcular la veritable durada de l'interval a Quito, haurà de multiplicar la durada que ell ha registrat pel coeficient

$$\frac{60}{54.55} = 1,1$$

Si els senyals partissin de l'auto i fossin rebuts a Quito, el raonament hauria d'ésser el següent:

Suposem que l'automòbil envii el primer senyal quan es troba a 10000 peus de Quito. En aquesta ciutat serà rebut

$$\frac{10000}{1000} = 10 \text{ segons després.}$$

Com sigui que després d'un minut l'automòbil ha recorregut $60 \times 100 = 6000$ peus, en el moment de llançar el segon senyal es trobarà a $10000 - 6000 = 4000$ peus de Quito. El senyal trigarà, aleshores,

$$\frac{4000}{1000} = 4 \text{ segons}$$

a arribar a aquesta ciutat. L'interval entre els dos senyals per a un observador de Quito fóra: $60 - 10 + 4 = 54$ segons, mentre que en l'auto fou de 60.

Per trobar la durada d'un fenomen de l'auto per mitjà de senyals rebuts a Quito, caldria multiplicar l'interval entre els senyals rebuts a Quito pel coeficient

$$\frac{60}{54} = 1,111$$

Aquest coeficient depèn de la velocitat de l'automòbil. Aquests resultats estan d'acord amb la Mecànica clàssica. La teoria de la Relativitat arriba a un resultat anàleg. Per trobar el temps t' d'un sistema mòbil, conegut el temps t d'un altre sistema, cal multiplicar aquest darrer per un cert factor k , la valor del qual depèn de la valor relativa dels dos sistemes. Els resultats no són idèntics, i si, solament, anàlegs, degut a que la Mecànica Clàssica no coneixia el principi de la constància de la velocitat de la llum, que és el fonament de la teoria de la Relativitat.

qualsevol altra raó, prescrivís als automòbils que toquin la sirena en arribar a cada un d'aquests pals. Com sigui que el nostre automòbil anava a la velocitat de 100 peus per segon, la distància de 6000 peus entre pal i pal hauria estat recorreguda en 60 segons, de forma que havia de tocar la sirena amb aquest interval de temps.

Si un observador de Quito s'hagués proposat apreciar la velocitat de l'automòbil, mesurant el temps entre dues pitades consecutives, obtindria per a la velocitat cercada no 6000 peus en 60 segons, com el viatger, sinó 6000 peus en 54 segons, ja que, com hem vist en el paràgraf anterior, l'interval de 60 segons en l'automòbil correspon a 54 segons a Quito.

Tot això, que és perfectament admissible, que no topa contra el *sentit comú* de cap home instruït, topa contra el sentit comú del camperol. Però aquestes conseqüències de la Física i de la Mecànica que tothom coneix, ho són també de la teoria de la Relativitat en allò que fa referència al temps, teoria que en nom del *sentit comú* ha estat tan aferrissadament combatuda, sobretot pels físics nordamericans.

IV

A un observador que s'allunyés d'un rellotge fix amb la velocitat del so, li semblaria que aquest rellotge s'ha parat

Emprem, com abans, l'exemple de l'automòbil, que suposarem surt de Quito a una velocitat de 1000 peus per segon, amb la velocitat del so, a l'instant en què es dóna una salva. L'observador de l'automòbil, que sap que al cap d'un minut es sentirà un altre dispar, esperarà la detonació una vegada passat aquest interval. Però aquesta detonació no arribarà mai a l'automòbil, pel fet que una i altre corren a la mateixa velocitat i el so està molt endarrera. El nostre viatger creurà, aleshores, que el rellotge de Quito s'ha parat. Un minut de Quito li semblarà inacabable, etern.

V

La simultaneïtat en la Mecànica clàssica

Imaginem-nos que el nostre automòbil, en traslladar-se a Machachi amb la velocitat del so, emeti un cop de botzina a cada pal. Com sigui que la distància entre dos pals és de 6000 peus i la velocitat de l'automòbil mil peus per segon, els cops de botzina es succeiran en l'auto amb l'interval de sis segons. Amb quin interval arribarien aquests sons a Machachi? Amb cap. Tots arribarien junts i un observador de la població esmentada pensaria que s'han produït simultàniament.

I veus ací que allò que és simultani per a l'observador fix, no ho és per al mòbil.

I veus ací el gran problema: Si allò que és simultani per a l'un no ho és per a l'altre, existeix la simultaneïtat absoluta? Aleshores, en quina forma hom pot concebre un temps absolut? No és més lògic admetre el temps local i calcular el temps d'un sistema mòbil, coneixent el temps d'un sistema fix, com fa la teoria de la Relativitat?

VI

L'exposat, no obstant, no està exempt d'objeccions. S'observarà primerament, i amb raó, que la velocitat del so és molt petita, i que qualsevol persona racional no empraria el so per a aquesta mena d'operacions, sinó senyals lluminoses, la propagació de les quals és incomparablement més ràpida, amb la qual cosa, els resultats canviarien del tot.

Contesto que essent la velocitat de la llum gairebé un milió de vegades superior a la del so, bastaria multiplicar les distàncies i velocitats considerades per un milió, per arribar als mateixos resultats.

Aquestes distàncies no són impossibles, vist que la terra i un estel estan tan allunyats entre ells que la llum triga anys, i àdhuc segles, a passar de l'un a l'altre. En quant a les velocitats, recordem que la terra es mou al voltant del sol amb la velocitat de 30000 metres per segon i que en la nostra mateixa terra les emanacions dels cossos radioactius tenen velocitats gairebé iguals a la de la llum.

Una segona observació fóra la de què els tocs de botzina percebuts per l'observador de Machachi foren simultanis solament *en aparença* i que l'interval de sis segons mesurat pel viatger fou, en canvi, *absolut*. Així mateix es dirà: l'interval de 54 segons mesurat per l'observador de l'automòbil entre dues salves, només era *aparent*; la duració *absoluta* d'aquest interval fou la de 60 segons, mesurada pels rellotges de Quito. Però aquesta objecció es redueix només a una qüestió de noms: a anomenar absoluta la durada del fenomen en el lloc on aquest s'ha produït i aparents les altres; no prova, però, que tal durada sigui idèntica per a tots els observadors. Cada sistema, cada observador, en moviment, tindria, aleshores, el seu temps absolut. Hi haurien *molts temps absoluts diferents*, cosa amb la qual està d'acord la teoria de la Relativitat, amb la diferència que, més modestament, els anomena *temps locals*.

CAPÍTOL III

L'ESPAI - TEMPS

I

Diferència entre la magnitud fonamental temps i les magnituds fonamentals longitud i massa

Com mesurem la longitud d'un camí? Prenem un regle *AB* d'un metre, que considerem invariable, i l'apliquem al camí, de forma que l'extrem *A* coincideixi amb el començament d'aquell i assenyallem el punt on coincideix l'extrem *B*, amb el número 1. Aixequem el regle i l'apliquem novament a la via, de forma que l'extrem *A* coincideixi amb el punt 1 i assenyallem 2 allà on coincideix l'extrem *B* del regle. Repetint la mateixa operació fins arribar al final del camí, obtindrem en metres la longitud d'aquest, que no és altra cosa que el nombre de vegades que ha calgut aplicar el regle amb la forma descrita.

En totes aquestes operacions mantenim constantment el regle amb nosaltres, de manera que, d'aquesta guisa, estem segurs de la seva identitat. I si variéssim el regle ens asseguraríem que la longitud del nou és igual a la de l'antic, per a la qual cosa podem

disposar del temps necessari. És segur que una mesura no ens inspiraria prou confiança, si per a cada metre de longitud haguéssim emprat regles diversos, sense assegurar-nos de què tots eren iguals. Qualsevol tindria dret a exigir-nos de repetir la medicció amb un sol regle, o que, almenys, es comprovés la identitat dels regles emprats.

En la mesura del temps, en la qual no ens és possible mantenir un mateix segon entre les nostres mans, per tal de poder-lo comparar amb un altre segon; en la qual, permeti's l'expressió, hem de canviar de regle de mesura, no som tan exigents. Per què? Per la impossibilitat de les comprovacions. Però, aleshores, com salvem la dificultat? *Amb la senzilla suposició que tots els segons són iguals.*

II

Analogies entre el temps i una longitud

Com es descriu el temps? Com la línia?

EL TEMPS

1.^o Com una successió d'instants distints, però contigus.

2.^o Per petita que sigui una duració, sempre la podem suposar formada de duracions més petites, les quals, a llur torn, poden ésser subdividides, mental o experimentalment, en altres de més petites, i així fins a l'infinit.

Per llarga que sigui una duració, podem afegir-li una duració igual i concebre així una duració major, semblant-nos possible, d'aquest fet, un temps infinit.

LA LÍNIA

Com una successió de punts distints, però veïns.

Per petit que sigui un segment, el podem suposar format per altres segments més petits, els quals poden ésser subdividits, encara, indefinidament.

Per gran que sigui un segment de línia, el podem duplicar, i podem repetir aquesta mateixa operació amb el seu resultat, tantes vegades com volguem; la qual cosa ens porta a la noció d'una longitud infinita.

Diferència essencial

Però no som capaços de percebre més que un sol instant: l'instant present; dels passats només en conservem el record, és a dir, una imatge molt dèbil, i solament podem imaginar el pervenir; en canvi, d'una línia en percebem una infinitat de punts.

Aquestes analogies i diferències entre el temps i les longituds s'han presentat tan clares a l'esperit de l'home que, des de fa molts segles, els filòsofs escolàstics han sostingut que la nostra noció del temps neix solament del fet de la nostra incapacitat de percebre el món tal com és en realitat i, pensant en la realitat d'un ésser més perfecte que nosaltres, han arribat a la noció de Déu, *per a qui tots els instants són presents*^a.

^a És molt interessant llegir, sobre aquest particular, els capítols relatius al temps i a l'espai, de la Filosofia Fonamental de BALMES, i veure com aquest filòsof escolàstic té la intuïció de la quasi identitat entre aquestes magnituds, identitat que és la base de la teoria actual de l'Univers de quatre dimensions, de MINKOUSKI i EINSTEIN.

Es comprèn que considerant el temps com a una dimensió, la Mecànica, en perdre el que té de contingent, es transformaria en una ciència gairebé perfecta, com la Geometria.

No obstant, degut al costum de considerar el temps com a quelcom essencialment distint d'una dimensió, se'ns fa tan difícil concebre la seva identitat, que és indispensable insistir en aquest punt.

III

Un ésser linial percebrà solament el temps, no l'espai

He parlat de la hipòtesi escolàstica d'un ésser més perfecte que nosaltres. Emetré ara la hipòtesi contrària, la d'un ésser menys perfecte, sense pretenir la seva existència real i solament amb el fi d'escatir les idees que adquiriria del món, en les condicions en què el situarem.

Quelcom d'anàleg fan els geòmetres quan estudien les propietats de la línia recta, la qual no existeix realment en la naturalesa i sí, solament, cossos rectilinis. Els teoremes deduïts pels geòmetres són, no obstant, veritables i es comprovarien plenament en les línies dretes si aquestes existissin.

Bé. Concedim al nostre ésser:

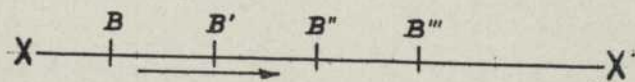


Fig. 1

1.º Un món linial. Tot el seu univers és una línia XX', i ell una part, un segment AB d'aquesta línia, el qual segment fóra, per a ell, el seu món intern.

2.º Sensibilitat en un dels punts de separació del seu món intern amb l'extern, per exemple a B, on es superposaran totes les impressions tàctils, lluminoses o de qualsevol altra naturalesa. Aquest ésser experimentaria solament una impressió resultant de totes aquelles, localitzada a B, en el qual punt es reduirà tot' el seu món extern.

3.º Consciència i, per tant:

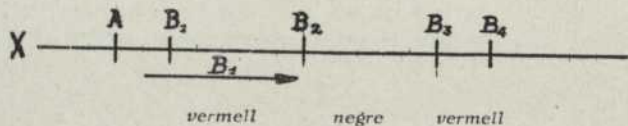


Fig. 2

a) Memòria, és a dir, capacitat de recordar les sensacions passades.

b) Facultat de distingir una sensació d'una altra.

Sotmetem el nostre observador a les següents experiències:

Movem-lo en la línia XX', de forma que el punt B ocupi, successivament, les posicions B', B'', B''', etc. Quines impressions rebrà l'ésser linial AB?

a) Si tots els punts de XX' (fig. 1) són iguals no li serà possible observar cap canvi. Li passarà el mateix que a un viatger en alta mar; com que no té punts de referència no es dona compte del seu moviment de translació.

b) Si els punts de XX' (fig. 2) no són iguals, i si per exemple XX' està dividit en segments $B_1 B_2, B_2 B_3, B_3 B_4$, etc.; i les propietats de XX' són diferents en cada segment (per concretar les idees els suposarem alternativament vermells i negres) esdevindrà el següent: Entre $B_1 B_2$, pel fet d'ésser tots els punts iguals, en recórrer la distància $B_1 B_2$ no podrà distingir un punt de l'altre. Però en passar B_2 , notarà que el seu punt B_2 , que per a ell era vermell, s'ha tornat negre. Aquesta darrera impressió li durarà tot el trajecte $B_2 B_3$, i a B_3 percebrà com el seu món ha esdevingut novament vermell.

En resum: allò que per a nosaltres és un moviment de AB al llarg de segments negres i vermells, per a ell és una successió de temporades en les quals el seu món és, alternativament, negre i vermell. Allò que per a nosaltres és una longitud, per a ell és un temps.

IV

Un ésser de dues dimensions solament pot percebre un món lineal i el temps

Dotem ara el nostre observador d'una dimensió més i d'una sensibilitat lineal. Viurà, aleshores, en una superfície, la qual suposarem plana per senzillesa. El llinard

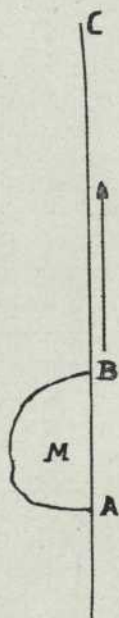


Fig. 3

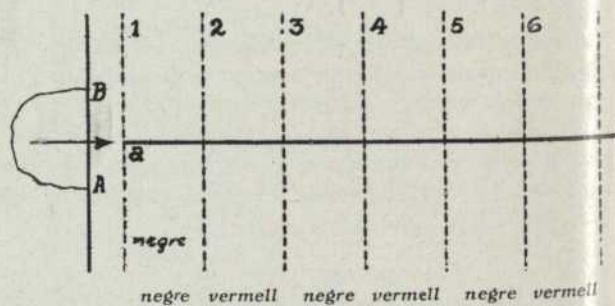


Fig. 4

entre els seus mons intern i extern fóra una línia, un segment AB de la qual suposarem sensible i, per tant, li servirà de finestra per relacionar-se amb el seu món extern.

Entre aquest ésser i l'anterior existeix una diferència considerable; el primer solament pot percebre un punt en el mateix instant, mentre que el segon percep simultàniament, tots els del segment AB (fig. 3). El seu món exterior se li apareixeria

com una línia de longitud AB . Comprendria que el seu món és més extens si el moguéssim al llarg de la línia AC . Si el moviment s'efectua en el sentit de la fletxa, veurà aparèixer pel costat B punts que abans no percebia, i desaparèixer per la banda A , d'altres que abans havia percebut.

Com sigui que aquestes aparicions i desaparicions són graduals, hi ha, mentre s'efectuen aquests canvis, una part dels segments que el nostre ésser continua percebent.

L'espai lineal li semblaria continu i prolongable indefinidament en un i altre sentit.

Fem-lo moure ara en el sentit de la fletxa, de forma que ocupi successivament les posicions 1, 2, 3, etc. de la fig. 4. En arribar a 1, percebrà l'aparició d'un punt negre a , la presència del qual es prolongarà en el trajecte 1-2; aquest punt, en arribar

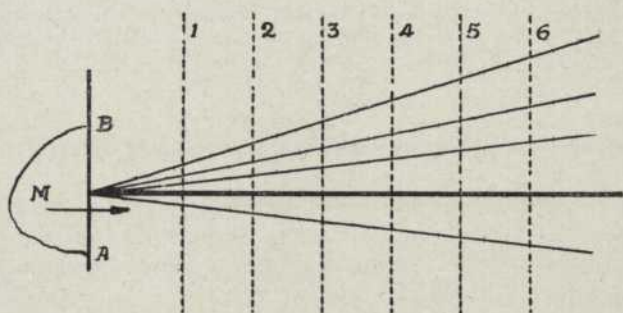


Fig. 5

a 2 fóra substituït per un de vermell, i aquest novament per un punt negre en arribar a 3, i així successivament. Si la línia ab fos indefinida, el nostre observador formularia com una llei general de la naturalesa el canvi de coloració del punt a .

V

El moviment, la velocitat, la inèrcia i la gravitació per a un ésser bidimensional

És fàcil de comprendre que en moure's l'ésser bidimensional M en el sentit de la fletxa, ocupant successivament les posicions 1, 2, 3, 4, 5, etc. fig. 5, una línia recta paral·lela al moviment de M es traduiria per a aquest en el repòs d'un punt; una recta inclinada, en el moviment uniforme d'un altre punt, la velocitat del qual se li representaria tant més superior quant major fos per a nosaltres la inclinació d'aquesta recta; que dreçant moltes rectes en el pla s'otmès a l'observació successiva de M aquest arribaria a enunciar com a llei de la naturalesa que tot punt en repòs roman eternament en ell i que el moviment d'un punt es conserva indefinidament: és a dir, el principi de la inèrcia.

Les paràboles dreçades en el pla i determinada classe de moviments de M , el portaran a les nocions d'acceleració, força i camps de gravitació.

VI

El món per a un ésser de tres i més dimensions

És sabut que el contorn d'una figura de tres dimensions és una superfície. Si concebem un ésser de tres dimensions, dotat de sensibilitat i consciència, és fàcil de comprendre, pel que s'ha dit, que el món li semblarà una superfície, i que, en mour's, adquirirà la il·lusió del temps.

Finalment, si un ésser percep simultàniament n dimensions i, demés, observa canvis que tenen lloc a l'espai exterior, és perquè es mou en un espai real de $n+1$ dimensions.

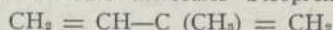
Corollari.—*Si nosaltres percebem un espai de tres dimensions i concebem el temps, és perquè, en realitat, el nostre espai té quatre dimensions.*—A. VILLACRECES G.

Nous punts de vista sobre la constitució del cautxú.¹

Fa alguns mesos tinguérem oportunitat de passar revista des d'aquestes mateixes planes a l'estat actual de la indústria del cautxú i aprofitarem l'avinentesa per fixar les opinions dominants en relació a la seva constitució química. És un fet evident que la fórmula de constitució química proposada,



i que procedeix de la unió de dues molècules d'isoprèn o metil-divinil



si bé explica determinats fets experimentals, especialment d'ordre químic com el màxim i mínim constants de les quantitats de sofre que l'anàlisi dona a l'estat *combinat*, no explica, en canvi, la majoria de les propietats físiques del cautxú, les quals han de derivar, també, de la seva fórmula de constitució. Tot això justifica els esforços que per diverses vies es fan per tal de trobar una hipòtesi que relligui aquell conjunt de fets experimentals en una explicació que satisfaci l'anàlisi dels diversos factors del problema.

Aquestes recerques calia, també, emprendre-les per tal de posar les antigues observacions d'acord amb els nous punts de vista relatius a la constitució de la matèria, tot amb l'ajuda dels nous mètodes experimentals que en el domeny de la físico-química s'han desenrotllat en els darrers anys.

Un capítol important d'aquesta revisió són els treballs de M. DUGUÉ, que aquest autor reporta a la *Revue Générale du Caoutchouc*².

M. DUGUÉ conceptua, com a punt de partida, el cautxú més com a *material* que com a *producte* de constitució definida. La influència del calor sobre el cautxú es manifesta, entre altres, per l'estobament que experimenta l'ebonita quan és escalfada i d'acord amb les lleis de la termodinàmica l'enduriment que experimenta el cautxú

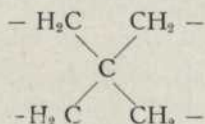
¹ Vegi's CIENCIA, vol. I, pàg. 489.

² *Revue Générale du Caoutchouc*, març a juliol de 1928.

vulcanitzat flexible en el transcurs del temps, és un fenomen que va acompanyat de desprendiment de calor. D'aquesta influència evident del calor dedueix M. DUGUÉ la no acció del sofre com a producte causant directe de la vulcanització, la qual tindria únicament com a causa activa el calor. El sofre actuaria solament com a un antioxigen temporal, és a dir, a guisa d'un element protector, d'acord amb la teoria de MM. MOUREU i DUFRAISSE.

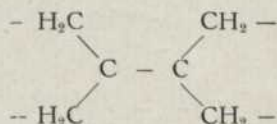
L'autor arriba a l'explicació de les propietats físiques (histèresi, plasticitat, anomalia Joule, estructura) del cautxú—el qual defineix com un ciment vegetal *suspès dins de l'aigua que fa la seva presa en ésser separat d'aquell medi*^a a través del següent raonament:

El cautxú es forma en els arbres productors per la descomposició de l'anhidrid carbònic i del vapor d'aigua. Quatre àtoms de carboni procedents d'aquesta descomposició s'uneixen a 8 hidrògens per formar quatre grups $-\text{CH}_2-$, els quals saturen les quatre valències d'un cinquè carboni central.



L'oxigen que es desprèn passa a l'atmosfera.

Les quatre afinitats perifèriques que queden lliures foren causa de l'adhesivitat del cautxú, mentre que l'elasticitat trobaria la seva explicació en el joc de les forces intra-atòmiques. Aquest grup el retrobem en el terpens C_{10} C_{16} i en tots els altres productes de la mateixa composició centesimal bruta. Un grup anàleg amb dos carbonis centrals units per un lligam doble



derivaria els hidrats de carboni, sucres, midó i cel·lulosa.

De la noció d'àtom planetari l'autor deriva una explicació general de la constitució d'aquesta sèrie d'agrupaments. Les partícules lleugeres o electrons dels raigs catòdics que atretes per les partícules més pesades de raigs positius descriuen òrbites planes al voltant dels centres de gravitació d'aquestes darreres, en ésser alliberades de l'àtom recorren trajectòries helicoidals per composició de la translació que reben i la rotació pròpia; el remolí que provoquen no fóra altra cosa que el camp magnètic.

La topada d'aquestes partícules amb les que es troben sobre llur trajectòria, originaria en el medi que elles mateixes formen les ondes que hom atribueix a l'èter. Així, a l'escala de les partícules—a les quals els físics atribueixen la dimensió 10^{-12} cm—podríem representar-nos l'espai com una massa de sorra recorreguda per projectils. Segons llurs hèlixs, dos electrons s'acosten o s'allunyen (segons l'observador s'atreuen o repulsen).

La noció d'electricitat granular⁴ desapareixeria amb aquesta cosmogonia i els fe-

^a En la nomenclatura de M. DUGUÉ a la denominació de *suspensions* que assenyalàvem en el nostre article esmentat, fa correspondre la de *morters*.

⁴ Vegi's CIENCIA, "El Cautxú i la seva indústria", vol. I, pàg. 489, i "Els Col·loides", vol. II, pàg. 233 i 377, i vol. III, (núm. 21), pàg. 14.

nòmens que hom li atribueix es deuriem al moviment rotatori dels electrons, els quals disposen d'una força viva de translació i de rotació. La rotació de les partícules inertes, en canvi, provocaria, solament, fenòmens calorífics.

Fins ací M. DUGUÉ. Les seves suggestions plantegen qüestions molt importants sobre les quals no és possible pronunciar-se sense un detingut estudi. Pel què fa referència a l'aspecte físico-químic del seu treball, cal que ens limitem a consignar les seves manifestacions, bo i esperant que signatures autoritzades en faran l'estudi crític. En quant a les seves opinions sobre la constitució del cautxú, en tornarem a tractar en un dels números propers.

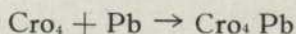
R. P.

Microdosatge dels cations plom i dels anions cròmics per centrífugo-volumetria.¹

M. R. F. LE GUYON establí amb el nom de *centrífugo-volumetria* un nou procediment general analític que permet fer dosatges volumètrics utilitzant reaccions de precipitació total per a les quals no existeix indicador colorit que assenyali el terme de la reacció. Aquest inconvenient és remeiat emprant la centrifugació que reuneix el precipitat, de tal manera, que en el líquid clar l'absència de precipitat per addició d'una gota de reactiu precipitant indica el terme de la reacció.

El principi de la centrífugo-volumetria s'aplica particularment al micro-anàlisi volumètric.

L'aplicació d'aquest procediment als cations plom i als anions cròmics dona resultats ben exactes que assenyalen a guisa d'exemple. Posats en presència un de l'altre, donen la reacció següent:



El procediment per a la determinació quantitativa del plom donat per SCHWARTZ, és basat sobre la seva precipitació per l'anió bicròmic en líquid acètic, amb tocs sobre gotes de solució neutra de nitrat de plata. Els autors han realitzat el mateix dosatge amb anió cròmic, tirant l'indicador (2 o 3 gotes de nitrat de plata al 1/10) directament dins de la solució que conté el plom que ha d'ésser dosat; però aquests procediments solament permeten un macrodosatge.

El coeficient de solubilitat del cromat de plom és igual, en grams per litre, a 2×10^{-4} , i el seu producte de solubilitat és de $1,5 \times 10^{-12}$; d'ací que els autors hagin deduït que la reacció de precipitació del cromat de plom havia d'ésser completa sense el més petit excés de reactiu i que un microdosatge per volumetria podia fer-se fàcilment.

Raonant, altrament, per analogia amb el que passa en el dosatge dels anions cròmics pels cations bari (i inversament), en el qual el fi de la reacció correspon a la desaparició (o a l'aparició) de la coloració groga deguda als anions cròmics, deduiren la possibilitat del mateix procés en la precipitació del plom pels anions cròmics.

Han emprant una solució de nitrat de plom decinormal, que conté, per conse-

¹ Nota de MM. Robert F. LE GUYON i Roger F. AURIOL, *C. R. Acad. Sci. París*, núm. 23, 4 de juny 1928.

güent, 1/10 d'una mitja molècula, o sigui 16,55 gr per lt, i una solució de cromat de potassi, igualment decinormal; 1 cc d'aquesta darrera correspon a 0,01655 gr de nitrat de plom i, per consegüent, precipita 0,01036 gr de plom. Prenent quantitats de solució de nitrat de plom N/10 que oscillen entre 0,5 cc i 10 cc, les quantitats de solució de cromat de potassi N/10 necessàries a la precipitació total eren les mateixes que les emprades de solució de nitrat de plom. Les addicions de cromat es fan després de cada centrifugació, fins que la no formació de precipitat per afegiment d'una gota de reactiu assenyalava el terme de la reacció. L'absència d'enterboliment en el líquid clar i l'aparició de la coloració groga es corresponen exactament. El viratge és visible amb mitja gota de reactiu.

Els resultats són absolutament quantitius i demostren com el procediment centífugo-volumètric permet els micro-dosatges amb la mateixa precisió que els procediments volumètrics més exactes.

El mètode descrit pot també aplicar-se, inversament, a la determinació de l'anió cròmic pel catió plom; però no pot ésser emprat quant l'analista es troba en presència del catió bismut, que es precipitaria a l'ensens que el plom, ni en presència d'anions arsènic que donarien arseniat de plom difícilment descomposable pel cromat alcalí.

Com sigui que el cromat de plom és soluble en l'àcid nítric i els lleugers alcalins, cal operar en solució neutra o acètica.

Aquest mètode trobaria, també, aplicació en la recerca del plom en química biològica i en la sang i en els orins dels atacats de saturnisme.

R. P.

El fading en la ràdio-difusió.

En una altra ocasió publicarem ¹ un treball interessant relatiu a la causa i reducció del *fading*. Extractem ara un treball relatiu al mateix tema, en el qual hom dona els resultats assolits en l'estudi sistemàtic de l'afebliment de recepció en els aparells de ràdio-difusió ².

Fa alguns mesos que l'Oficina de Patrons, als Estats Units de N. A., inicià una investigació per determinar els factors que contribueixen al fenomen conegut per "fading". Hom utilitzà aparells especials en combinació amb aparells receptors. Aquests aparells asseguraven el registre gràfic del creixement i decreixement de la força dels senyals tal com són habitualment experimentats quan es reben estacions llunyanes durant la nit. Aquests aparells, suficientment sensibles per indicar variacions més petites que les que pot decellar l'orella, varen ésser emprats amb sistemes receptors que tenien diferents tipus d'antena, per tal d'analitzar la manera d'arribar les ondes emeses per l'antena difusora a l'antena receptora.

Els factors que poden causar variació en la intensitat de les ondes radiades són complexos i llur estudi crític ha suggerit diverses explicacions.

Els registres gràfics d'una transmissió seleccionada es féu emprant idèntics aparells receptors, exceptuant l'antena. Els sistemes d'antena emprats en el curs de la investigació eren: 1) Antena vertical. 2) Antena circular dirigida vers l'estació emissora. 3) Antena circular amb plans en angle recte a la direcció de la transmissió.

¹ CIENCIA, Vol. I (1926), pàg. 173 a 177.

² U. S. Bureau of Standards Notes, agost 1928.

4) Combinació d'antena circular i antena vertical connectades de forma a eliminar les ondes rebudes directament de l'estació. Hom féu registres simultanis utilitzant dos aparells receptors amb diferents tipus d'antena.

L'examen de les dades de mesuraments simultanis fets amb una antena circular en la posició de màxima i amb una antena vertical, respectivament, indica que, per a estacions de 165 a 1500 quilòmetres lluny, esdevenen en ambdues antenes la mateixa mena d'afebliments, però que, per a estacions distants de 13 a 53 km. no apareixien simultàniament les característiques del fading similar.

Els registres fets amb antenes circulars en posicions de màxima i de mínima demostren que hi havien considerables períodes d'increment d'intensitat en unes antenes i de decrement en les altres. En el curs dels registres, sovint hom troba una relativament ràpida fluctuació de petita magnitud superposada al llarg període. Hom trobà que, per a una estació almenys, aquest ràpid fading superposat, de tipus periòdic, esdevé amb considerable regularitat directament després de la posta de sol i dura aproximadament mitja hora.

Els resultats poden ésser interpretats en el sentit que les ondes no encalquen l'antena receptora en la mateixa posició relativament a l'antena emissora, això és que llur pla de polarització és canviat. Aquest canvi només té lloc quan l'onda ha estat reflectida. Poden haver-hi diverses reflexions des de diferents punts; d'això resulta que dues o més ondes poden eixir de l'estació transmissora i viatjar per molt diferent camí abans d'arribar a l'estació receptora.

E. F.