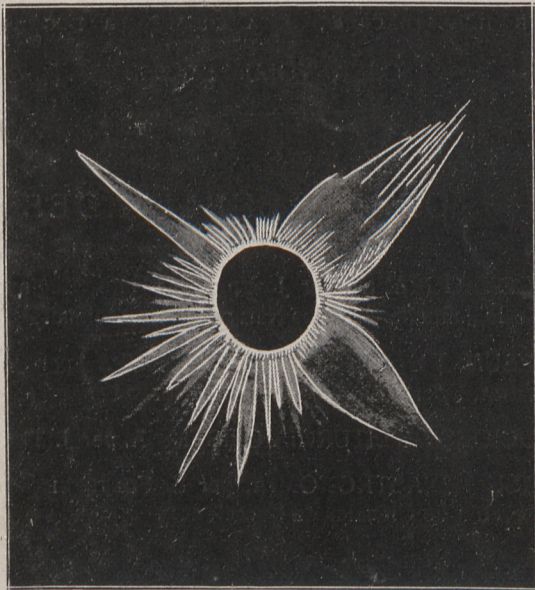


MINERVA

COL·LECCIÓ
CONEIXEMENTS



POPULAR DELS
INDISPENSABLES



RESUM D'ASTRONOMÍA

PER

E. FONTSERÈ

Professor a la Facultat de Ciències
de Barcelona

Vol. 4

35 cts.

MINERVA

COL·LECCIÓ POPULAR
DELS CONEIXEMENTS INDISPENSABLES
EDITADA PEL CONSELL DE PEDAGOGÍA
DE LA DIPUTACIÓ DE BARCELONA

SERIE DE PETITS VOLUMS CONTENINT CADA UN D'ELLS UN
RESUM COMPLET DE LA MATERIA RESPECTIVA I DOCUMENTATS
AMB IL·LUSTRACIONS, SOTA COBERTA A DUGUES TINTES

CADA VOLUM : 0'35 PTES.

OBRES PUBLICADES

1. — OCEANOGRAFÍA, per JOSEP MALUQUER, Enginyer, Secretari de la Junta de Ciències Naturals de Barcelona.
2. — RESUM DE GEOGRAFÍA D'EUROPA, per JOÀN PALAU VERA, Doctor en Filosofia i Lletres.
3. — NOCIONS DE LITURGÍA CRISTIANA, per J. TARRÉ, prevergent.
4. — RESUM D'ASTRONOMÍA, per E. FONTSERÈ, Professor a la Facultat de Ciències de Barcelona.

MINERVA

COL·LECCIÓ POPULAR DELS CONEIXEMENTS INDISPENSABLES
EDITADA PEL CONSELL DE PEDAGOGÍA
DE LA DIPUTACIÓ DE BARCELONA

VOLUM 4

RESUM D'ASTRONOMÍA

PER

E. FONTSERÈ

Professor a la Facultat de Ciències de Barcelona



R. 14810

BARCELONA

DIPÒSIT GENERAL: BONAVÍA & DURÀN, BOQUERÍA, 20

INDEX

	Pàgs.
I. — La Terra	5
II. — El Sol	7
III. — La Lluna	15
IV. — Planetes i Cometes	21
V. — Estrelles i Nebuloses	29
Bibliografia	32

Es propietat del Consell de Pedagogia de la Diputació de Barcelona
Reservats els drets de traducció i reproducció

I

LA TERRA

La figura de la Terra.—L'estudi geogràfic de la Terra i en particular els viatges de circumnavegació i els d'exploració de les comarques més llunyanes, portaren ja fa temps als esperits la convicció profunda que el món on vivim és molt limitat, malgrat la seva importància relativa. A més, els treballs de les comissions geodèsiques, la finalitat immediata de les quals és la formació dels mapes dels diferents països i de pas l'exacta determinació de la forma i de les dimensions del nostre planeta, han perfeccionat els procediments de mesura fins al punt que avui és conegut tot ço que fa referència a la figura de la Terra amb una precisió verament meravellosa.

Resultat d'aquests treballs ha estat una plena confirmació que el nostre món és rodó com una bola; una bola, la circumferència de la qual és d'uns 40,000 kilòmetres, ço que correspon a 12,700 kilòmetres de diàmetre, de manera que una mina que foradés la Terra de part a part, hauria d'ésser quaranta cinc vegades més llarga que la distància que va del Cap de Creus a les boques de l'Ebre.

Grans han estat les dificultats amb què s'ha hagut de lluitar per a assolir un resultat aparentment tan senzill. Les escabrositats de les serres i dels barrancs, les pendents de les valls, les fosses i les muntanyes submergides que les aigües de la mar ens oculten, formen un conjunt complicat impossible d'assimilar a una figura geomètrica, i per això ha estat precís convenir en considerar com a superfície ideal de la Terra, no la que nosaltres trepitgem, sinó la de les aigües de la mar, molt més llisa que la superfície rocosa, i admetre, a més, la suposició que aquelles aigües es perllonguessin per l'interior dels continents i de les illes. Considerada així la forma de la Terra, resulta ésser la d'una esfera lleugerament aixafada per dos punts oposats, que es diuen pòls del planeta. El pol més proper de Catalunya és el *pol nord*, situat a uns 5,000 kilòmetres del nostre país, cap a tramontana. L'altre és el *pol sud* i es troba a 15,000 kilòmetres per la part oposada, o sigui cap a mitjorn. L'aplanament terrestre

és molt petit; el diàmetre polar és solament 42 kilòmetres més curt que el diàmetre equatorial o de la part més ampla, ço que fa un aplanament de $\frac{1}{300}$ en xifres rodones.

Les aspreses de la part sòlida de la Terra, no són molt grans, en comparació amb aquesta superfície ideal que es diu *nivell de la mar*. Les muntanyes més altes, que es troben a l'Àsia, no passen de 8,840 metres per damunt d'aquest nivell, i les fosses marines més fondes, també situades en l'extrem Orient, difícilment arriben a 9,500 metres, lo qual representa solament unes tres mil·lèsimes del radi de la Terra o sigui, en proporció, una rugositat menys accentuada que la de la pell d'una taronja. A Catalunya, tot i tractar-se d'un país accidentat, les muntanyes més altes no passen de 3,400 metres (Muntanyes maledes); el Montseny, tot i semblar tan alt, no té més que 1,800 metres damunt de la mar, i el Montserrat 1,200. Tampoc la nostra mar és de gran fondaria, i és precís allunyar-se molt de la costa catalana perquè l'escandall pugui baixar a més de 2,000 metres.

La Terra en l'Univers. — Aquestes descobertes, així com les enyances que els viatgers i marins han reportat de llurs empreses, han conduït a aquesta conseqüència, filosòficament més important que la de la forma rodona de la Terra: el món que l'home habita està completament isolat. No hi ha enlloc ni aquella línia d'unió entre la terra i el cel que tots contemplàvem en les hores plàcides de la infantesa, ni aquelles columnades que sostenien el món, al dir dels savis dels temps antics. I lo que és més; per tot arreu, com obeint a una força d'atracció per part de la Terra mateixa, els objectes cauen vers ella, dirigint-se al centre de l'esfera terrestre en llur caiguda; i per tot el món, els homes, els animals i les coses es sostenen amb llurs peus o llur base cap al centre de la Terra, tenint per *abaix* la direcció del centre i per *amunt* la direcció oposada, vers l'espai infinit, on sura, com bolva de pols en un raig de sol, la bala de roques que ens sustenta.

Aquest isolament de la Terra, el caràcter purament relatiu i local de les direccions de *dalt* i *abaix* que semblen absolutes a l'home que no coneix més que el tros de terra on va néixer, la limitació mateixa de les dimensions del nostre planeta, que els moderns enginys de la

Mecànica permeten de recórrer en poques jornades, tot porta a l'esperit el sentiment de la petitesa del món. Mes, al mateix temps, es vaïda la fantasia infantina d'una Terra afermada damunt de sos puntals de marbre, d'un univers governat per lleis terrenes, l'home es sent en contacte amb l'espai infinit, que no té vores, ni direccions, només que la seva capacitat immensa per a hostatjar, en nombre inacabable, altres mons diferents del nostre, sotmesos a forces universals de les quals les que nosaltres observem damunt la Terra no són més que manifestacions locals i passatgeres.

La nostra concepció de l'Univers, així, s'amplia en proporcions gegantines, i l'esperit aspira a enlairar-se fins al coneixement d'aquests mons, germans del nostre, que poblen les regions de l'infinit.

Les nostres relacions físiques amb el cel. — Isolats, com hem dit, de la Terra, es troben els astres del cel. I aquests astres no són res substancialment distint del nostre món, que és un astre del cel com qualsevol altre.

Amb ells ens lliguen relacions físiques i mecàniques de natura molt diversa, moltes d'elles desconegudes encara; mes, sota el punt de vista de l'observació ordinària, es pot dir que el nostre coneixement dels altres astres té per fonament quasi exclusiu ço que la vista ens revela, ja que els altres sentits humans són tan obtusos en quant a la percepció dels objectes llunyans, que foren difícilment impressionables a tan llarga distància. És, doncs, la llum que ens arriba dels astres ço que en primer lloc i quasi en exclusiu lloc podem sotmetre directament a estudi, i així les relacions de forma, de magnitud, de color i de moviment observables visualment, han estat les primeres en descobrir-se. Mes d'elles han arribat els savis a deduir altres relacions més complexes, fins a posar de relleu les forces amb què els cossos de l'espai s'atrauen els uns als altres, a analitzar la composició química de molts d'ells, a descobrir astres desconeguts o invisibles i a mesurar les seves velocitats esfereïdores a través dels abims del cel.

Rotació de la Terra. — És cosa que ningú ignora: el Sol i la Lluna surten per llevant, i es ponen pel lloc oposat de l'horitzó, que per això nomenem ponent. Si observem les posicions de les estrelles, veiem que per llevant en van sortint unes, mentre per ponent en desapa-

reixen d'altres sota l'horitzó, succeint les coses com si el cel constituís una gran esfera buida, en el centre de la qual ens trobéssim, donant aquella esfera la volta, en el terme de vint-i-quatre hores, entorn d'un dels seus diàmetres. Aquest diàmetre, o eix de rotació de l'*esfera celesta*, és dirigit de nord a migdia, i aixecat, per la part del nord, de 41 a 42 graus damunt del pla del nostre horitzó. Molt prop de l'extrem nord d'aquest diàmetre hi ha l'*estrella polar*, que amb prou feines es mou de la seva posició i està voltada d'estrelles que descriuen cercles a l'entorn d'ella; cap a l'extrem sud, que està sota de l'horitzó, s'hi troben estrelles que no es veuen mai des del nostre país.

El cercle màxim de l'esfera celesta que és perpendicular a l'eix de la mateixa, és l'*equador celest*.

Durant molts segles s'ha admès que aquestes apariències eren degudes a la rotació del cel al voltant de la Terra, de llevant a ponent; mes, en els temps moderns, s'ha demostrat d'una manera indubtable que és precisament cert el contrari, o sigui que la Terra és la que gira en vint-i-quatre hores, de ponent a llevant, al voltant del seu diàmetre polar o diàmetre mínim, moviment que, per la regularitat amb què s'efectua, no ens permet donar-nos-en compte, a nosaltres, passatgers d'aquest singular vehícol. Tan suau és el moviment, que si una massa permanent de núvols ens impedís veure els objectes extraterrestres, únic punt de referència dels nostres canvis de posició en l'espai, amb molta dificultat hauríem arribat mai a sospitar-lo.

Aquest moviment fa, com és senzill de comprendre, que els astres passin successivament pel *pla meridià*, o pla vertical dirigit de nord a sud, una vegada cada dia, assolint la seva més gran altura al passar per ell, que és quan té lloc ço que es nomena la *culminació* de l'astre. Els que estan poc lluny de l'estrella polar es veuen passar dues vegades per aquest pla: una de llevant a ponent, pel punt més alt de la seva cursa; i una altra, de ponent a llevant, dotze hores més tard, al passar pel punt més baix.

Latituds i longituds geogràfiques. — El pla del meridià d'un punt qualsevol de la Terra, determina en la mateixa un cercle màxim que passa pels dos pòls, i que es nomena meridià terrestre. Així tenim tants meridians com punts poguem suposar en la Terra, i tots ells van a trobar-se en el pol nord i en el pol sud del planeta. S'ha donat

el nom de *latitud geogràfica* d'un punt a la distància, en graus de meridià terrestre, que va d'aquell punt a l'equador; en l'equador mateix, la latitud és de 0 graus; en els pòls, és de 90°, i a Barcelona, és de 41° 23'.

L'angle del meridià d'un lloc amb un meridià que es pren com origen (avui, per convenis internacionals, aquest meridià inicial és el que passa per l'observatori de Greenwich) es nomena *longitud geogràfica* d'aquell lloc. La longitud pot mesurar-se en graus d'equador; mes també s'estila mesurar-la *en temps*, tenint en compte que, en virtut del moviment de rotació de la Terra, van passant per davant del Sol o d'una estrella qualsevol els successius meridians, un després de l'altre, de tal manera, que els 360 graus que comprèn el tom complet de la Terra tarden en passar davant del Sol vint-i-quatre hores, i que, per consegüent, cada hora passen 15 graus de longitud. Aquesta última, doncs, pot mesurar-se pel temps transcorregut entre els passos del Sol pels dos meridians, l'inicial i el del lloc considerat. Així és com es compta, per exemple, com a longitud de Barcelona, vuit minuts i quaranta un segons de temps.

II

EL SOL

El Sol. — Entre tots els astres cal ocupar-nos, en primer lloc, del Sol, el qual, per ses dimensions, per sa relativa proximitat, i, sobretot, per la seva influència en la vida terrestre, ha d'ésser considerat com l'objecte capdal de les nostres investigacions astronòmiques.

Una observació superficial del Sol no és cosa complicada, i pot fer-se amb senzills recursos. Si es mira directament, ja sigui a l'ull nu o bé amb una ullera, és condició indispensable defensar la vista amb un vidre de color fosc. El no tenir en compte aquesta precaució pot donar lloc a un accident lamentable. Si es disposa d'una ullera, pot resultar molt més pràctic per un observador novell *projectar* la imatge del Sol damunt d'un paper blanc posat darrera de l'instrument, a qual objecte, apuntada l'ullera al Sol, cosa que es veurà en el paper

per la forma circular de l'ombra de l'instrument, bastarà enretirar l'ocular un xic més enfora de l'ordinari, fins que la vora de la imatge del Sol damunt del paper quedi ben clara i definida.

Les taques i les fàcules. — Per poc que engrandeixi l'aparell d'observació, es comprovaràn desseguida els següents fets, que són fonamentals en els nostres coneixements referents al Sol: 1.^o, la forma d'aquest, és perfectament rodona; 2.^o, la superfície de l'astre no és llisa, sinó sembrada d'unes *granulacions* característiques en tota sa extensió; 3.^o, en alguns punts de la superfície s'hi veuen unes *taques* fosques, generalment molt petites, mes a vegades prou grans perquè s'hi distingeixin detalls ben marcats; 4.^o, cap a les vores del disc solar, s'hi veuen unes taques brillants, nomenades *fàcules*, semblants a flocs de materia més blanca que la resta. Les taques fosques i les fàcules poden mancar alguna vegada, mes la granulació no hi manca mai.

Condicció peculiar de les taques i de les fàcules és la seva variabilitat. Les taques solen néixer molt petites, i a vegades creixen d'una manera prodigiosa, fonent-se'n varies en una, fins que, finalment, per un procés invers, minven i desapareixen. Poques són les que arriben a durar trenta o quaranta dies. Les més esplèndides, vistes amb bons instruments, presenten un aspecte semblant al de la figura 1.^a, on estan resumides les característiques més interessants d'una llarga serie d'observacions meves de taques solars.

Com pot veure's en aquesta figura esquemàtica, les taques estan formades d'una part central, el *nucli*, més obscur que la resta, i aparentment de més fondaria, voltat d'una zona d'intensitat intermitja que es nomena *penumbra*. La contextura d'aquesta, sol ésser variadíssima, acusant sovint moviments de remolí, o bé de conveixió cap al nucli, solcada en molts punts per *ponts* de llum brillant i donant el conjunt la impressió d'un formidable desequilibri en la massa de l'astre.

Per procediments molt diversos, els astrònoms han mesurat la distancia que ens separa del Sol. En xifres rodones, aquesta distancia és de 150 milions de kilòmetres, o sigui 11,700 vegades el diàmetre de la Terra. Sabent que el diàmetre aparent del Sol és de 32 minuts d'arc, se'n dedueix que el seu diàmetre efectiu és 109 vegades més gran que el de la Terra, o ço que és el mateix, que dins del Sol hi



FIG. 1.^a — UNA TACA SOLAR

Resum d'una serie d'observacions per E. Fontserè

podria cabre 1.300,000 vegades tot el volum del nostre món. Si ara prenem la relació entre les taques solars més grans que han estat observades i el disc total del Sol, resulta que la llargaria d'algunes d'elles ha estat una quinzena de vegades més gran que el diàmetre de la Terra, i que el nostre planeta podria ésser engolit dins d'aquells abims sense que llur contingut variés en quantitat d'una manera apreciable.

Un dels descobriments més importants referent a la vida del Sol, és que el nombre i la superfície total de les taques observables segueix un ritme o període de deu anys i mig, durant el qual hi ha una època de mínima, que es passen a vegades alguns dies sense que es vegi ni una sola taca, i una altra de màxima, que les taques són molt abundants i de grans dimensions, fins al punt d'ésser visibles a l'ull nu, sense més instruments que un vidre fosc o fumat.

Observant els moviments de les taques i de les fàcules, no es triga a notar un fet importantíssim: el Sol és una esfera que gira a l'entorn d'un dels seus diàmetres, en un temps poc diferent d'un mes. Fetes totes les reduccions, i referida aquesta rotació al conjunt de les estrelles, s'ha trobat que el temps que el Sol dona una volta completa és de vint-i-cinc dies quatre hores. Té, doncs, el Sol, un eix de rotació i un equador, amb la particularitat que les taques fosques no es presenten mai molt lluny d'aquesta última línia, sinó que estan compreses en una faixa d'uns 30 graus d'amplada a banda i altra.

En virtut d'aquest moviment, les taques i les fàcules surten per una vora del Sol (la que nosaltres veiem cap a llevant), passen per la part central del disc, i s'amaguen per l'altra vora (la que veiem a ponent). Si les taques són molt grans o molt regulars, poden durar el temps necessari per reaparèixer una vegada, i fins dugues, per la vora oriental, abans de fondre's d'una manera definitiva.

Les protuberàncies del Sol. — Amb els aparells i en les circumstàncies ordinàries, l'observació del Sol ens mostra poca cosa més que aquests accidents que acabem de nomenar. Mes quan la part brillant del Sol, la part que ens enlluerna, és ocultada per la Lluna que passa davant d'ell en el moment d'un eclipsi, es poden observar altres

detalls menys lluminosos, íntimament relacionats amb el funcionisme físic de l'astre del jorn. En aitals circumstàncies, per fóra del disc negre de la Lluna apareixen dugues menes de prominències; unes més vives, però més baixes, de color rosat, com flames que surtin del Sol, i unes altres molt més tenues, blanquinoses, la porció més visible de les quals, s'estén fins a distàncies de cinc o sis vegades el radi del Sol, formant com una gloria de llum tèrbola al entorn de l'astre.

Les primeres formen al voltant de la superfície brillant o *fotosfera*, un petit envolcall de color, nomenat, per això, *cromosfera*, de la qual emergeixen aquí i allà flames més altes nomenades *protuberàncies*; les segones formen a l'entorn de la cromosfera un immens envolcall de gasos molt enrarits que es nomena *corona*. De l'aspecte d'aquesta en donarà idea el dibuix que es reproduïx en la coberta d'aquest opúscol i que representa la corona solar durant l'eclipsi del 6 de maig de 1883, segons el P. Moreux.

Malgrat els esforços dels savis, no s'ha conseguit veure la corona fóra de les condicions d'un eclipsi. Mes la Física ha donat recursos, no sols per a veure en totes ocasions les protuberàncies i la cromosfera, sinó també per a seguir aquesta observació damunt del disc mateix del Sol, fotografiant-ne, amb aparells adequats, totes les característiques de sa variable estructura. A més, els aparells amb què aquestes observacions són possibles, denominats *espectroscops* i *espectroheliografs*, permeten analitzar un per un els diferents raigs de color de què la llum de les protuberàncies és formada, i així determinar la composició química i fins la temperatura aproximada de moltes de les substàncies que constitueixen les capes més externes del Sol. D'aquesta manera, s'ha vist que gran part de les protuberàncies està formada d'hidrogen, i que en llur base hi voleien vapors de nombrosos metalls coneguts, com el ferro, el cobalt, el tità, i en particular, el calci o metall de les nostres pedres de calç, la llum del qual és precisament la que dóna les més admirables fotografies fins avui obtingudes de les flames del Sol.

Estudiades amb deteniment les imatges que així obtenen els observatoris que, com el de Roquetes, prop de Tortosa, es dediquen a aquests treballs, es veu que prop de les taques del Sol les protuberàncies són tumultuoses i a vegades presenten aspecte eruptiu o d'ex-

plosió, com indicant un estat de pertorbació intensa en aquells indrets.

La calor del Sol; sa constitució física.—El problema de la calor del Sol és el problema de la nostra vida, de la vida de tot ço que ens volta, i amb tota probabilitat de la vida que pugui haver-hi en altres mons del sistema solar. Una fluctuació una mica gran en la temperatura del Sol, en més o en menys, representaria la desaparició absoluta de totes les espècies de sers vivents, així animals com plantes, que existeixen avui damunt la Terra.

Mes les observacions més minucioses semblen comprovar que aquesta temperatura, avui per avui, es conserva sensiblement constant. Cert que és molt difícil mesurar directament la temperatura del Sol, temperatura que, per altra part, ha d'ésser altíssima, si hem de jutjar pel fet que substàncies tan refractàries com les que abans hem enumerades es troben a l'estat de vapors candents, lo qual representa temperatures per damunt de 6,000 graus; més indirectament, per la consideració del calor que nosaltres rebem d'aquell astre, s'ha arribat a conclusions que semblen definitives.

Els físics han acudit amb aquest objecte a ço que ells anomenen *constant solar*, és a dir, la quantitat de calor que una determinada extensió de la superfície de la Terra reb del Sol durant un minut, i fetes les observacions en diversos llocs i en molt variades circumstàncies, han trobat que aquesta constant ho és realment, dins dels límits d'aproximació que els experiments comporten, de manera que es pot donar per segur que, *per ara*, la temperatura del Sol es manté quasi invariable.

¿Com és possible, doncs, que, malgrat la irradiació del calor solar que constantment té efecte, no es refredi en poc temps aquell astre? Cert que la consideració del gran volum del Sol, i la dificultat consegüent que la calor de les capes més profundes es perdi depressa en l'espai, és un argument envers la durada de l'energia calorífica d'aquell; mes no hi ha pas dubte que altres causes contribueixen al mateix resultat. Entre elles s'han indicat la progressiva disminució del diàmetre de l'astre, que representa per ella sola un treball mecànic capaç de produir grans quantitats de calor, i l'actual existència d'un punt crític de la química del Sol, que faria romandre en un estat de

temperatura invariable la massa del mateix, fins que la reacció a què correspon fos agotada, ... mes tot això entra ja dins del camp de les suposicions més o menys encertades, que els nostres coneixements no arriben per ara a poder sotmetre a un irrefutable control.

Mes la perduda efectiva de la *calor* del Sol per irradiació cap a l'espai, sembla lògicament indubtable. Si la seva *temperatura* es sosté malgrat aquella irradiació, aquesta constància ha d'ésser necessàriament circumstancial i passatgera. L'acció dels segles no passa, certament, en va, i el refredament final de la massa solar és admès per tothom com el límit definitiu dels fenòmens que actualment s'hi produeixen.

Moviment aparent del Sol. — A l'estudiar el moviment d'un astre qualsevol, hem de començar per descartar les apariències produïdes per la rotació de la Terra. És, doncs, necessari que fem abans de tot abstracció del moviment diurn de l'esfera celesta, del fet que el Sol cada jorn surt, culmina i es pon, i que procurem relacionar-lo amb els altres astres observables.

Mes a les hores de claror, que és quan el Sol és visible, el seu resplendor il·lumina tota l'atmosfera que ens envolta, i ens priva de veure gran cosa més en el cel. Aquesta dificultat, que fóra insuperable per a un observador desproveït de recursos instrumentals, ha estat fàcilment vençuda pels astrònoms, els quals, amb llurs aparells, han catalogat d'una manera minuciosa les estrelles, fent una llarga llista del lloc que cadascuna d'elles ocupa en relació amb les altres, l'altura a què arriba en virtut de la rotació aparent de l'esfera, i l'hora justa a què li toca passar pel punt més alt de la seva cursa, que és ço que ells han anomenat hora del pas pel meridià. Mercès a aquesta catalogació, se sab per endavant cada estrella on es troba, tant si és visible, com si els núvols o la llum del dia ens priven d'observar-la.

Si, doncs, s'observa diàriament l'hora i el punt on el Sol es troba al passar pel meridià, malgrat la claror de mig dia podem afirmar quines són les estrelles que es troben darrera del Sol. Seguint aquest procediment podem assenyalar en un mapa d'estrelles el lloc ocupat cada dia pel Sol, i estudiar amb deteniment les circumstàncies del seu moviment.

El resultat d'un estudi semblant és que el Sol no està fixe amb relació a les estrelles, sinó que segueix un arc de cercle màxim de l'esfera, movent-se de ponent a llevant a raó d'un grau diari amb poca diferen-

cia, o més exactament, donant la volta completa al cel en tres cents seixanta cinc dies i sis hores. A aquest període se li dona el nom d'*any*.

La línia recorreguda d'aquesta manera pel Sol, es nomena *eclíptica*, i està lleugerament inclinada amb relació a l'equador celest, amb el qual forma un angle de 23 graus i mig, ço que fa que en el transcurs de l'any el Sol passi molt alt durant sis mesos (de 21 de mars a 22 de setembre), i molt baix els sis mesos restants.

A aquesta línia aparent o de perspectiva correspon una trajectòria al voltant de la Terra; trajectòria que és pròximament circular, com ho prova la poca variació que sofreix el diàmetre aparent del Sol durant l'any. El pla d'aquesta trajectòria és el *pla* de l'eclíptica, i passa pel centre de la Terra.

Moviment efectiu de la Terra a l'entorn del Sol. — Les apariències del moviment del Sol per davant de les estrelles poden tenir d'algunes explicacions, geomètricament d'igual certesa: o el Sol gira a l'entorn de la Terra, o és aquesta la que gira a l'entorn del Sol, produint-se, en aquest darrer cas, per un efecte de perspectiva fàcil de comprendre, el moviment eclíptic de què abans hem parlat.

Descobriments relativament moderns respecte de certs fenòmens de la llum, així com petitíssims moviments aparents d'algunes estrelles per efecte dels canvis de posició de la Terra, han vingut a comprovar que és aquesta la que realment gira al voltant del Sol, com ja havia estat sospitat per Pitàgores i més tard repetit per Copèrnic i sos continuadors.

L'òrbita que així descriu la Terra és una elipse, molt poc diferent d'un cercle de 150.000.000 de kilòmetres de radi, i no és difícil calcular, coneguda la duració de l'any, que la velocitat del nostre globe en aquest viatge és d'uns 30 kilòmetres per segon, molt superior a la dels projectils més ràpids que hagi inventat la indústria humana.

De ço que acabem de veure, i de lo dit abans referent al moviment diurn, se'n dedueix que la Terra no està fixa, sinó que volta en un any entorn del Sol, i en un dia entorn del seu propi centre. D'ordinari, del primer d'aquests moviments se'n diu *traslació*, i del segon *rotació*.

El dia solar i el dia sideral. — Al parlar del moviment de rotació de la Terra, cal fer distinció respecte al punt de referència que prenem

com a punt fixe en el cel. Si per *dia* entenem el temps que transcorre entre dos passos consecutius d'un meridià terrestre per davant d'una estrella, tenim el *dia sideral*, que es divideix en *vint-i-quatre hores siderals*. Mes si, com és convenient pels usos civils, contem per *dia* el temps transcorregut entre dos passos consecutius del mateix meridià per davant del Sol, com aquest astre canvia de posició respecte de les estrelles, avançant diàriament d'un grau cap a llevant, és a dir, en el mateix sentit de la rotació de la Terra, tindrem que el *dia solar*, així comptat, és més llarg que el dia sideral. Si també el dividim en vint-i-quatre hores, resulta que vint-i-quatre hores solars equivalen a vint-i-quatre hores, tres minuts i cinquanta sis segons de temps sideral.

A més, no essent perfectament uniforme el moviment angular aparent del Sol respecte de la Terra, el dia solar no és una unitat constant; uns dies són més llargs que altres, i la durada que acabem d'establir és la del *dia solar mig*, o sigui del promig de tots els dies solars de l'any.

Estacions. — La inclinació o *obliquïtat* de l'eclíptica respecte de l'equador, dóna origen a un fet molt interessant: la desigualtat entre el temps que el Sol està damunt o devall de l'horitzó. Quan el Sol s'allunya de l'equador cap al nord, acostant-se al cercle de les estrelles de perpetua visibilitat, les hores de claror augmenten, a despeses de la durada de la nit. Hi ha països, les regions polars, que tenen l'estrella polar molt prop del zenit, — i, per consegüent, el cercle de perpetua visibilitat hi és molt extens, — per als quals el Sol arriba a entrar dins d'aquest cercle; aleshores, el Sol no es pon per ells, sinó que va donant voltes a l'horitzó, il·luminant-los durant molts dies sense interrupció, mentre les regions polars de l'hemisferi oposat tenen nit permanent. Al cap de mig any s'inverteixen les coses: per nosaltres la nit és més llarga que el dia, i en el pol sud s'hi veu el Sol sense pondre's, mentre el pol nord està negat en una nit de sis mesos.

A les latituds mitjanes, aquesta alternança d'il·luminació màxima i mínima durant l'any, té per efecte diferències periòdiques d'escalfament de l'aire i del terreny, que donen com a resultat, alternatives també periòdiques de tots els fenòmens relacionats amb la temperatura.

Per millor definir aquests períodes de fret i de calor, s'ha dividit l'any en quatre *estacions*: la primavera, que comença cap al 21 de mars, quan el Sol travessa l'equador celest cap al nord; l'estiu, que comença el 21 de juny, a l'arribar l'astre al punt més boreal de l'eclíptica; la tardor, des del 22 de setembre, al passar novament el Sol l'equador cap a l'hemisferi sud, i l'hivern, des del 21 de desembre, quan ja ha arribat al punt més austral de la seva trajectoria aparent.

III

LA LLUNA

La Lluna. — Un espectacle totalment oposat al que ens ofereix el Sol, contemplem quan dirigim la vista a la Lluna. Una petita ullera bastarà per a una primera observació, i fins un bon binocle de teatre o de campanya permetrà ovirar lo més característic de la superfície d'aquest astre. Amb instruments més potents, arriba la percepció de detalls a tal grau, que entusiasma per igual, i amb sobrada raó, al savi i l'ignorant.

La primera impressió que ens fa l'aspecte de la Lluna, vista en condicions apropiades, és que es tracta d'un astre completament fret. Es rodó com el Sol, mes el seu disc sols en determinats moments es veu complet. D'ordinari, part d'ell es troba obscur, cobert d'ombra; sols de la part que mira cap al Sol, o, més ben dit, de la part *on hi toca el Sol*, s'hi veu llum. La superfície llunar està plena d'aspreses: unes, en forma de muntanyes; altres, semblants a valls més o menys rugoses; les més, constituint *circs* o cingles de forma circular; i tots aquests accidents «selenogràfics», quan reben la llum solar de costat, projecten, cap a la part no il·luminada, ombres vigoroses, negres i destacades, donant al conjunt un aspecte de cagaferro que en alguns punts és particularment impressionant. La figura 2.^a, que és reproducció d'una fotografia directa que l'Observatori de Mount Wilson va enviar per a l'exposició d'Estudis llunars celebrada a Barcelona l'any 1912, dóna una encisadora visió d'un d'aquells originals paisatges. (1)

(1) Aquesta figura i les següents són reproduccions d'originals existents a l'arxiu de la Societat Astronòmica de Barcelona.

Tots aquests detalls són permanents; tan permanents, que sols amb molts dubtes i reserves han indicat alguna vegada els astrònoms l'observació de canvis insignificants. Mercès a aquesta rigidesa de l'astre, s'han pogut fer i publicar mapes de la Lluna, pendre mides, calcular distàncies i altures, i arribar a un coneixement tan perfecte de la topografia llunar, com no el tenim sens dubte de moltes conrades dels continents terrestres.

La conseqüència més immediata que ressurta d'una observació continuada de la Lluna, és que d'ella no en podem veure més que una meitat: «la Lluna ensenya sempre la mateixa cara a la Terra». L'altra meitat, mai ningú no l'ha vista, i fóra precís anar més enllà de la distància que ens separa de l'astre que parlem, per a poder contemplar en conjunt aquesta meitat que és invisible des dels observatoris terrestres. Per aquesta raó, els mapes de la Lluna no contenen més que un hemisferi; el dibuix de l'altre hemisferi, haurà de fer-lo, si és que existeixen, els habitants d'algún altre món.

Les fases. — Un altre fet d'observació, conegut pels homes de tots els temps i de tots els pobles, és que l'extensió de la part il·luminada de l'hemisferi visible de la Lluna és variable, començant per una falç molt estreta, que creix, segons frase vulgar però molt gràfica, en forma de tallada de cindria, fins a invadir la llum la totalitat del disc llunar, a partir de qual moment comença l'ombra a obscurir la vora que abans era lluminosa, i així disminueix novament l'extensió on toca el Sol, fins acabar en falç estreta, que per fi s'esvaeix del tot.

Aquestes diverses il·luminacions s'han nomenades *fases* de la Lluna; i, ordinàriament, se'n prenen com típiques quatre: la Lluna nova, o fase completament obscura; el quart creixent, en què està il·luminat el mig disc de cap a ponent; el ple o Lluna plena, o sigui quant tot el disc està cobert de llum; i el quart minvant o Lluna vella, en què és el mig disc de llevant el que està exposat als raigs del Sol, mentre l'altre mig disc està esvaït dins de l'ombra.

Tant la forma del disc de la Lluna, perfectament circular, com la del *terminador*, o línia de separació entre la part brillant i la part fosca, com la dels cercs llunars cap a la vora de l'astre, on en lloc de cercles prenen l'aspecte d'elipsis molt excèntriques, donen a entendre



FIG. 2.^a — REGIÓ LLUNAR PROPERA AL CIRC DE TOLEMAUS
Fotografia obtinguda a l'Observatori de Mount-Wilson amb un
telescopi de 33 cm.

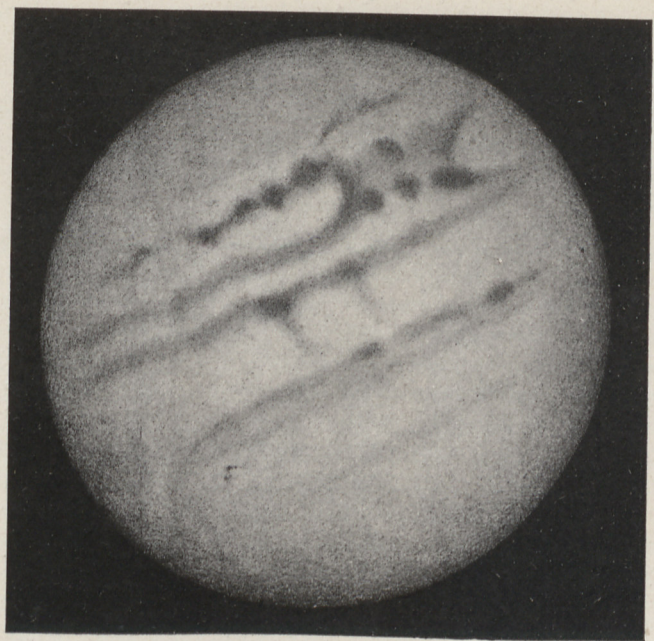


FIG. 3.^a — EL PLANETA JÚPITER
Dibuix de M. Antoniadi, amb el gran equatorial de Meudon
el 18 de juny de 1910

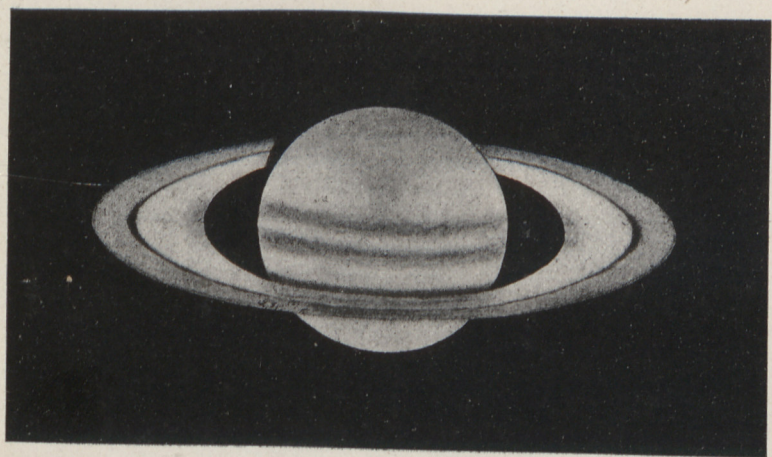


FIG. 4.^a — EL PLANETA SATURN
Dibuix de S. Raurich, amb un refractor de 12 cm., el 18 d'agost de 1910

que també la Lluna, com el Sol, és de forma poc diferent de la d'una esfera, qualitat que, com veiem, va resultant comú a la Terra i als astres de més tamany aparent.

Moviment de la Lluna al voltant de la Terra. — La successió de les fases de la Lluna té lloc d'una manera rítmica i ordenada, complint-se llur evolució en l'espai aproximat d'un mes; en xifres més exactes, en vint-i-nou dies, dotze hores i quaranta quatre minuts. En el transcurs d'aquest temps, passa la Lluna molt prop del lloc del cel ocupat pel Sol, quan és nova; se n'aparta en direcció a llevant i arriba al quart creixent, quan en dista un quart de cel; és plena quan està en la part oposada, o sigui, quan surt en el moment de la posta del Sol, ponent-se quan aquest surt, i, finalment, està en quart minvant quan, donats tres quarts de volta al cel, s'acosta novament a l'astre del dia, assolint-lo per la banda de ponent. Això ja prova un fet important: la Lluna es més prop de la Terra que no el Sol, perquè és fàcil comprendre que si fos més lluny, la Lluna nova no es produiría, i sempre tindriem Lluna plena o gairebé plena.

En el període complet d'una Lluna nova a la següent, tenim, doncs, que l'astre va recorrent de dreta a esquerra (vist des dels nostres països) el cel estrellat, la volta completa del qual, comparada a la posició del Sol, s'efectúa en els vint-i-nou dies i mig que abans hem dit. Els astrònoms han fixat aquest fet dient que la Lluna descriu una òrbita al voltant de la Terra, és a dir, que és un satèl·lit d'aquesta, durant la *revolució sindíaca* vint-i-nou dies i mig. Si corregim aquest resultat del moviment aparent del Sol, i el comparem amb les estrelles, s'obté la *revolució sidèria* de vint-i-set dies, set hores i quaranta tres minuts. Aquesta òrbita és pròximament un cercle, situat en un pla que passa pel centre de la Terra i que va oscil·lant amb el temps, mes sense apartar-se mai gaire d'una posició mitja continguda en la faixa de cel nomenada *zodiac*, de la qual ens ocuparem en un dels paràgrafs que segueixen.

Rotació de la Lluna. — Si el nostre satèl·lit no girés sobre d'ell mateix, al donar la volta a l'entorn de la Terra, en veuríem successivament tota la superfície, com veuríem per tots costats a una persona que

donés una volta a l'entorn d'un de nosaltres conservant-se sempre de cara cap al mateix indret de l'horitzó. Mes esdevé el contrari; i la Lluna, tant com avença en la seva trajectoria mensual, va girant al voltant d'un dels seus diàmetres. Quan ha donat la volta a l'entorn de la Terra, l'ha donada també al voltant d'ella mateixa; o en altres termes, « els períodes de rotació i de traslació de la Lluna són iguals ».

Distància i dimensions de la Lluna. — Mesurar aproximadament la distància de la Lluna, constitueix un dels punts senzills de l'Astronomia de precisió. El procediment que a l'efecte es segueix, no difereix gran cosa del que segueixen els agrimensors per a mesurar la distància d'un objecte llunyà: aquests mesuren abans una *base* o línia de referència, i dels extrems de la mateixa dirigeixen visuals a l'objecte, deduint la distància d'ell mitjançant la resolució d'un senzill triangle. Els astrònoms han fet el mateix amb la Lluna; posats previament d'acord dos d'ells, residents en llocs diferents de la Terra — extrems d'una *base*, la llargaria de la qual pot arribar, com sabem, a alguns milers de kilòmetres, — observen un dia determinat la posició de la Lluna, i de la diferència entre les direccions de les dues visuals en dedueixen, per un càlcul apropiat, la seva distància. Així s'ha trobat que aquesta no és perfectament constant, sinó que varia dins de certs límits; per terme mig, és de seixanta vegades el radi de la Terra, comptada de centre a centre dels dos astres, distància relativament petita dins dels càlculs de la Astronomia, tant, que són molts els homes que en llurs viatges han recorregut damunt la Terra una distància total molt més llarga.

D'aquesta mesura és ja factible passar al coneixement del diàmetre efectiu de l'esfera llunar: un senzill càlcul diu que, essent de 31 minuts d'arc el diàmetre aparent promig de la Lluna en el cel a la distància trobada, el diàmetre efectiu ha d'ésser de 3,482 kilòmetres, o sigui 27 centèsimes del diàmetre de la Terra. El *satèl·lit* és, com veiem, un bon xic més petit que l'*astre primari*.

Posats a pendre mides, els astrònoms s'han preocupat de mesurar les llargades de les serralades llunars, el diàmetre dels circs, i, mesurant l'extensió de les ombres en condicions apropiades, han determinat les altures de les muntanyes més importants de la Lluna, trobant-ne d'altíssimes, fins a més de 8,000 metres.

Constitució física de la Lluna. — Els cossos sòlids no donen, com els gasos incandescents, manera fàcil d'anàlitzar llur composició per l'anàlisi de la llum. Per això la composició de les roques que constitueixen la superfície llunar és encara un punt molt obscur de l'Astronomia física. Més eloqüent és ço que resulta de comparar d'una manera global l'aspecte dels accidents llunars amb els que veiem en la Terra.

La més lleugera inspecció d'un mapa qualsevol d'una de les regions volcàniques terrestres, porta immediatament a la memòria les muntanyes de la Lluna. La forma rodona d'amdues menes de relleus, la manera com a vegades interfereixen unes amb altres les formacions circulars, tant en un astre com en l'altre, la presència de montfocls centrals al mitg de molts dels cingles, tot porta a l'esperit la idea que en gran part les muntanyes de la Lluna són d'origen volcànic. Per aquesta raó s'han nomenat «cràters» els cercles rocosos dels quals hem fet esment, i és molt probable que la hipòtesi volcànica no estigui molt lluny de la veritat.

Segons aquesta manera d'envisatjar les coses, foren gran part de les roques llunars semblants a les laves, als pòrfids, als basalts i a la multitud de roques que en la Terra tenen evident origen en el foc central, eixit per les obertures dels nostres volcans, amb la diferència d'haver estat en la Lluna el volcanisme un fenomen més potent i més general que no ho és avui en la Terra.

Companyes inseparables dels cataclismes que han produït aquesta activitat volcànica, hauràn estat les brusques deformacions de la superfície llunar, i, en conseqüència, la formació de llargues i profundes esquerdes i eslleivissades com les que en diuen *falles* els geòlegs; i, efectivament, les observacions i les fotografies revelen en la Lluna l'existència d'esclatxes considerables, nomenades *ranures*, algunes de prop de dos kilòmetres d'amplada i de 70 o 80 kilòmetres de llargada, mostra permanent d'aquell cruixir del nostre satèl·lit.

Mes avui, tot sembla acabat. La més escrupolosa atenció dels selenòlegs no arriba a comprovar la producció de fenòmens actuals, i tot ço que de tant en tant se sent dir de variacions d'aspecte d'alguns petits detalls, pot perfectament explicar-se per canvis aparents deguts a la manera com els il·lumina el Sol.

Es més: no solament les forces internes semblen acabades, sinó que els agents externs d'alteració, com són les aigües, les gelades, els

vents i l'embat de les ones, que a la Terra fan un important paper en la modificació dels relleus, manquen a la Lluna en absolut. Delicades observacions han demostrat que l'aire i l'aigua no hi existeixen. A les roques llunars segueix en immediata successió el buit de l'espai, sense la interposició d'atmosfera, ni oceans, ni res que pugui alterar l'aspra de la superfície, conservada així de la destrucció en el buit absolut com les mostres d'algunes substàncies que els químics guarden hermèticament tancades a l'abric de l'aire i de l'humitat.

Manquen, doncs, també, tots els fenòmens secundaris que els gasos i l'aigua produirien; els crepuscals, i les nuvolades, i la relativa uniformitat de les temperatures del terreny, temperatures que allí hauràn de succeir-se passant d'extrem a extrem, des de la roenta escalfor dels penyals asoleiats per la llum directa de migdia, fins al momentani refredament d'una nit sobtada i sense resguard.

No cal dir que en semblants condicions, la vida, tal com nosaltres l'observem, no és possible a la Lluna, i que molt probablement es tracta d'un astre totalment mort.

Els eclipsis. — El pla de l'òrbita de la Lluna forma, amb el de l'òrbita de la Terra (o sigui el de la trajectoria aparent del Sol), un angle de cinc graus, que és la «inclinació» del primer pla. Durant la seva revolució, el nostre satèl·lit travessa dues vegades l'eclíptica: una, de sud a nord, passant pel «nodus ascendent»; i l'altra, de nord a sud, pel «nodus descendent». Si molt prop d'aquests passos de la Lluna per un de sos nodus s'hi troba el Sol, té lloc un *eclipsi de Sol*, és a dir, el disc del Sol és tapat pel de la Lluna. L'eclipsi és total, quan des d'alguns punts de la Terra deixa en absolut de veure's la fotosfera solar; mes són tan semblants els diàmetres aparents dels dos astres, que d'ordinari les protuberàncies rosades de la cromosfera solen eixir per fora del disc opac de la Lluna, essent aleshores visibles sense necessitat d'espectroscop. En tals circumstàncies, és quan és visible la corona del Sol de què abans hem parlat. A vegades, per trobar-se la Lluna en una de les posicions més llunyanes a la Terra, no arriba a interceptar tota la imatge del Sol, i l'eclipsi és «anular», o sigui que deixa visible un anell de Sol al voltant del disc del satèl·lit. Per fi, l'eclipsi és «parcial» si sols queda oculta una part del Sol; l'observació

d'aquests eclipsis té un interès molt secundari. No cal dir que els eclipsis de Sol tenen sempre lloc en Lluna nova.

Si al passar la Lluna per un de sos nodus, el Sol ocupa el nodus oposat, la Terra fa ombra a son satèl·lit, i té lloc un eclipsi de Lluna. Aquests eclipsis ocorren, com és natural, en Lluna plena, i d'ordinari es corresponen amb algún altre de Sol en la Lluna nova precedent o següent. Aquests eclipsis consisteixen en un obscuriment total o parcial del disc llunar, segons que el fenomen sigui total o parcial; l'astre eclipsat es veu d'un color rojenc o purpurí, sense que la seva foscor arribi a ésser absoluta, a causa de l'atmosfera de la Terra que, exercint de llentella convergent, deixa arribar alguna claror fins a la superfície llunar. Des d'aquesta es veuria en aquells moments un eclipsi de Sol produït per la Terra.

La predicció dels eclipsis no és més que una senzilla conseqüència del coneixement que avui tenim dels moviments de la Terra i de la Lluna. Com més exactes van essent els càlculs astronòmics, més ho són també les prediccions que se'n dedueixen, la precisió de les quals és una formosa demostració de les teories científiques en què es funden. En el fons, la predicció dels eclipsis és ja antiga, i els astrònoms caldeus havien ja descobert que els eclipsis es reproduïen al cap d'un període de divuit anys, o més exactament, al cap de 223 llunacions completes, que és precisament, i d'una manera aproximada, el temps necessari per què el Sol i la Lluna tornin a passar junts per la línia nodal.

IV

PLANETES I COMETES

Els planetes inferiors. — El Sol i la Lluna són, per dir-ho així, els reis de l'Astronomia vulgar. Tan diferents en llur constitució, en llur volum, en llur aspecte, tenen de comú per nosaltres dugues qualitats molt importants sota el pobre punt de vista humà: que semblen igualment grans vistos des del nostre món, i que ambdós il·luminen la Terra. Mes com ja hem vist, el primer és de dimensions considerables i porta en ell una gran suma d'energíes, mentre l'altra és petita i freda, constituint doncs aquesta parella, malgrat l'analogia que l'opi-

nió vulgar de tots els segles els hagi atribuïda, dos extrems diametralment oposats de l'escala d'importància dels altres.

Les descobertes de l'Òptica i la perfecció sempre creixent dels aparells astronòmics, ens permeten avui observar amb relativa perfecció la superfície d'altres astres intermitjos dins d'aquesta escala, que es nomenen *planetes*. La distància que ens separa d'elles, és molt més gran que la que va de la Terra a la Lluna, i això fa que a l'ull nu tinguin l'aspecte de simples punts lluminosos, com estrelles, i que no siguin, en general, visibles sinó durant les hores de nit.

Dels planetes, dos, que es diuen planetes *inferiors*, tenen una propietat molt notable: no s'allunyen del Sol més enllà d'un cert angle, oscil·lant a un costat i a l'altre d'ell i presentant *fases* com la Lluna; quan es veuen prop del Sol són molt petits i *plens* (tots il·luminats), o bé més grans i reduïts a una falç molt estreta, com la de la Lluna nova, mentre que quan assoleixen la major distància aparent al Sol (màxima elongació) per llevant o per ponent, tenen l'aspecte dels quarts de la Lluna, essent il·luminada precisament la meitat del disc que mira cap al Sol. Això prova que aquests dos planetes són obscurs, que es veuen perquè el Sol els il·lumina, i que volten a l'entorn d'ell en òrbites el radi de les quals és més petit que la distància de la Terra al Sol.

D'aquests planetes, el d'òrbita més petita porta, des del temps dels astrònoms grecs, el nom de *Mercuri*, i el d'òrbita més gran es diu *Venus*. Tant l'un com l'altre són alternativament estel del matí i estel del vespre. En particular, aquestes darreres denominacions es donen a Venus, que és el més esplendent de tots els planetes, l'astre que al cap-vespre domina per sa brillantor en el cel de ponent després de post el Sol, o al matí en el cel de llevant, poc abans de l'aurora.

Mercuri és un astre molt petit. Son diàmetre és 37 centèsimes del de la Terra; és a dir, poc més gran que la Lluna. Volta a l'entorn del Sol a una distància tres vegades més petita que la que va del Sol a la Terra, i la revolució completa la fa en vuitanta vuit dies. Venus és més gran; gairebé com la Terra (diàmetre = 0,999 del diàmetre terrestre); la seva òrbita és poc diferent d'un cercle de radi igual a 0,72 de la distància del Sol a la Terra, i completa la revolució a l'entorn del Sol en 225 dies. D'ordinari, Mercuri i Venus no passen exactament per davant del Sol a cada revolució, sinó més alts o més baixos; mes

de tant en tant, en èpoques que els astrònoms calculen amb molta precisió, algú d'ells ve a passar exactament per davant del disc solar, on es projecta aleshores com una petita taca negra i rodona, que travessa el disc de llevant a ponent; essent això una demostració més que, efectivament, l'astre del dia és el centre de llur moviment en l'espai.

Malgrat l'ampliació que permeten els moderns telescopis, i el gran tamany que pot donar-se a la imatge telescòpica de Venus en particular, ben poca cosa sabem de ço que hi ha en la superfície d'aquests dos astres. Els detalls són d'observació molt difícil i difusos, i més tenen aspecte de núvols que d'accidents semblants als nostres continents i als nostres mars. L'únic que d'ells sembla treure-se'n en clar, és que cadascun d'aquests dos planetes està envoltat per una atmòsfera molt densa, que ens oculta, amb sos vapors, la veritable superfície de l'astre. Aquesta indecisió dels detalls, porta, com a conseqüència, un desconeixement gairebé total de ço que fa referència a la rotació de Mercuri i de Venus, essent molt aventurat decidir en definitiva si giren sobre ells mateixos en poques hores, com unes series d'observacions fan creure, o si ensenyen sempre el mateix hemisferi al Sol, de la mateixa manera que fa la Lluna amb la Terra, com altres series d'observacions permeten suposar.

Els planetes superiors. — Una altre mena de planetes, dits *superiors*, es caracteritzen per una propietat que Mercuri i Venus no tenen: la de poder-se trobar en *oposició*, o sigui en la part del cel oposada a la que el Sol ocupa. Aquests planetes descriuen, al través del cel estrellat, línies un xic complicades, ara cap a llevant, ara cap a ponent; mes, a la fi d'aquestes anades i vingudes, el moviment resultant al través de les constel·lacions és sempre de ponent a llevant, en un temps més o menys llarg, segons el planeta que es tracti. Totes aquestes línies descrites aparentment pels planetes superiors estan compreses dins d'aquella faixa del cel que ja hem parlat, que s'estén a 8½ graus, a un costat i altre, de la eclíptica o línia aparentment descrita pel Sol en un any; aquesta faixa és el *zodiàc*, i en ella es troben també constantment, com ja sabem, els planetes inferiors i la Lluna.

Un estudi profunde d'aquests moviments dels planetes superiors ha fet veure que es poden explicar perfectament com resultat d'un

moviment propi dels mateixos al voltant del Sol, en òrbites gairebé circulars, juntament amb un efecte de perspectiva produït pel moviment de la Terra, essent aquest darrer el que fa que siguin alternativament en un o altre sentit els moviments aparents. El sol fet que els planetes superiors poden estar en oposició amb el Sol, ja indica que les seves òrbites són més grans que la de la Terra.

A l'ull nu es poden veure tres planetes superiors; Mars, Júpiter i Saturn; mes, amb els aparells dels observatoris, se'n descobren dos de més llunyans, Uranus i Neptú, i més de molt petits nomenats asteroides o planetoides, que constitueixen un veritable eixam del que cada dia se'n descobren nous exemplars i que està contingut en sa quasi totalitat entre les òrbites de Mars i de Júpiter.

El més proper a la Terra és un planetoides nomenat Eros, molt menut, i per consegüent difícilment observable. Poc més enllà, hi ha l'òrbita de Mars, astre que a l'ull nu sembla una estrella de color roig bastant intens, i que, contemplat amb un telescopi, presenta un disc ben aparent, indicant que es tracta d'un altre astre globular com la Terra i la Lluna. Aquest planeta té un diàmetre que no és més que la meitat del de la Terra, i dona la volta completa a l'entorn del Sol en un any i tres cents vint-i-un dies, a la distància mitja de 1'5 (prenent com unitat el radi mig de l'eclíptica) de l'astre central. Observat amb algú augment, es veuen en la seva superfície unes regions rogenques i altres d'un gris verdós, ço que ha fet que de les primeres se'n digués *terres*, i de les segones *mars*. Aquests mars estan en comunicació per unes línies fosques anomenades *canals*, la natura de les quals és molt aventurat definir. Alguns observadors, portats per una imaginació potser excessiva, han arribat a interpretar les variacions d'aquelles taques, suposant canvis de vegetació i d'altres circumstàncies vitals en la superfície de Mars; mes cal posar-se en guarda respecte de descobriments d'aquesta mena, massa prematurs, donada la insuficiència dels nostres mitjans actuals d'observació.

En ço que no hi ha cap dubte, és en la constància d'aquelles taques en llurs línies generals, com tampoc en un fet que es dedueix desseguida dels seus successius aspectes, i és una rotació del planeta en vint-i-quatre hores i trenta set minuts. Si a més es té en compte que totes les apariències són de l'existència d'una atmòsfera que envolcalla l'astre, i que en aquest s'hi veuen amb tota seguretat dugues ta-



FIG. 5.^a — LA GRAN NEBULOSA D'ORIÓ

Fotografia obtinguda per E. Calvet el 28 d'octubre de 1910

ques blanquíssimes en les seves regions polars, semblants als casquets de glaç de les regions polars de la Terra, pot, sense inconvenient, admetre's que deu haver-hi una gran semblança física entre els dos astres, i tal volta una llunyana semblança de condicions de vida, que fins a cert punt justifica les atrevides i gratuïtes comparacions que s'hagin pogut fer entre els habitants de l'un i de l'altre món.

Dos satèlits molt menuts giren a l'entorn de Mars, essent impossible veure'ls sense instruments molt potents.

Segueixen, en distancia al Sol, la majoria dels asteroides, i ve després *Júpiter*, el planeta gegant del nostre sistema. El seu diàmetre, a l'equador de l'astre, és onze vegades més gran que el de la Terra, i, no obstant, el planeta gira al voltant del seu eix polar en nou hores i cinquanta sis minuts, ço que representa en la superfície una velocitat vertiginosa. La revolució a l'entorn del Sol la compleix en onze anys i tres cents catorze dies, a una distancia $5\frac{1}{2}$ vegades més gran que el radi de l'òrbita terrestre.

Vist amb un bon telescopi, apareix la superfície de *Júpiter* com cuberta de llargues faixes de núvols (fig. 3.^a), distribuïdes paral·lelament a l'equador. Tot fa creure que d'ell no veiem més que una espessa atmòsfera que ens oculta la superfície efectiva, sòlida o líquida, del planeta.

Quatre satèlits, visibles fins amb un bon binocle de campanya, giren a l'entorn de *Júpiter*; el més proper d'ells, *Io*, en un dia i divuit hores; el més llunyà, *Calixte*, en setze dies i setze hores. A més d'aquests, se n'han descobert cinc més, l'observació dels quals està reservada solament als que posseeixen grans instruments.

A 1,400 milions de kilòmetres del Sol, és a dir, a nou vegades i mitja el radi de l'òrbita de la Terra, descriu la seva trajectòria *Saturn*, en vint-i-nou anys i cent seixanta sis dies. És molt semblant a *Júpiter*, encara que més petit; com ell presenta faixes o bandes núvuloses paral·leles a son equador, i com ell té una rotació rapidíssima, que es completa en deu hores i catorze minuts. Mes, una particularitat notable distingeix a aquest planeta, i és un anell pla i bastant extens que el volta a certa distancia, en el pla mateix del seu equador. Segons les opinions més autoritzades, l'anell de *Saturn* no és més que un espès eixam de petits satèlits, prou pròxims els uns als altres perquè des de la Terra no sigui possible veure'ls separats.

Per fóra de l'anell, altres satèlits donen voltes a l'entorn del planeta primari; se'n coneixen vuit de ben observables; dos de més petits ja no són visibles amb els instruments de mitja força, i sens dubte se'n aniràn descobrint de més diminuts (fig. 4.^a).

A Saturn segueix en distancia Uranus, el qual, malgrat el seu diàmetre (4'2 vegades el diàmetre de la Terra) està ja en la categoria dels astres telescòpics a conseqüència del seu gran allunyament. (Distancia al Sol, 19'1 vegades el radi de l'òrbita de la Terra; temps de revolució, vuitanta quatre anys i set dies). Per fi, tanca la serie dels planetes coneguts Neptú, també telescòpic, que dona la volta al Sol en 165 anys.

El sistema solar i son moviment en l'espai. — Resumint ara tot ço que fins aquí hem vist, podem ja fer-nos una idea de conjunt del nostre *sistema solar*. Un astre central de grans dimensions, el Sol, amb llum propia i temperatura elevadíssima, resplandeix al mig del sistema. Al seu voltant, de ponent a llevant (tal com nosaltres entenem aquestes direccions, o en sentit directe, com diuen els astrònoms), giren els planetes, que són, en ordre de distancia, Mercuri, Venus, la Terra, Mars, els asteroides, Júpiter, Saturn, Uranus i Neptú, astres apagats que no s'aparten molt del pla de l'eclíptica i que triguen tant més en donar la revolució completa, com més lluny es troben de l'astre central. Tots ells giren entorn del seu propi centre amb un moviment de rotació, la durada del qual varia dels uns als altres, i alguns constitueixen el centre d'altres sistemes secundaris, formats pels seus *satèlits*; dins d'aquests sistemes, també el temps de revolució creix amb la distancia al planeta que li serveix de centre.

El Sol, no per constituir el punt central de tot el sistema, és cap astre fixe. També ell viatja per l'espai describint una trajectoria desconeguda en son conjunt, mes la direcció actual ha estat ja establerta per l'Astronomia de precisió, que ha determinat el punt del cel cap on el Sol es dirigeix en l'actualitat, així com la velocitat aproximada (17 kilòmetres per segón) d'aquesta trasllació de l'astre. Seguint-lo a tot arreu, els planetes i els satèlits prenen part en aquest viatge a través de l'espai infinit. La composició de les òrbites quasi circulars, que abans hem parlat, amb el moviment comú al Sol i a tot el sistema, fa que les trajectories efectives dels planetes siguin unes curves

helicoidals, veritables bucles, molt més complicades de ço que al primer cop de vista hauríem pogut suposar.

La gravitació universal. — Diu un dels principis fonamentals de la Mecànica, el «principi d'inèrcia», que un cos llençat en l'espai amb una velocitat qualsevulga, seguiria eternalment una línia dreta si cap força vingués a desviar-lo. És, doncs, una força actuant sobre els planetes la que fa que s'apartin constantment de la seva direcció rectilínia per a girar a l'entorn del Sol, i una força actuant damunt dels satèlits la que fa que aquests voltin a l'entorn dels seus planetes primaris. Aquesta força s'ha nomenat *gravitació universal*, perquè s'ha vist que actúa de manera que tots els cossos de l'espai s'atrauen els uns als altres. Aquesta atracció és proporcional a la *massa* o quantitat de matèria; així el Sol exerceix una gran atracció, perquè té gran massa; en canvi, dos trossos de fusta no arriben a atraure's d'una manera apreciable. La Lluna és atreta per la Terra, i en conseqüència gira a l'entorn d'ella; la seva adaptació al moviment curvilini equival a que està *constantment caient* cap al centre del nostre planeta, a l'igual que cau la pedra sortida de la fona, al descriure al voltant del mateix centre una òrbita més petita, bruscamment interrompuda quan la pedra topa contra la terra mateixa que la priva de continuar. La Lluna, per part seva, atrau també a la Terra; mes com té massa més petita, produeix solament perturbacions en el moviment del planeta on vivim. A més, les aigües de la mar, sotmeses a les atraccions simultànies del Sol i de la Lluna, verifiquen ascensos i descensos periòdics de nivell molt sensibles en els grans oceans; mes en la nostra costa són difícilment observables, fins al punt d'ésser desconeguts per una bona part de la gent de mar que no han viatjat més enllà del Mediterrani.

La gravitació no actúa solament dins del nostre sistema planetari; les observacions d'estrelles han demostrat que és una força verament universal, a la qual cap molècula de l'Univers està substreta.

Els cometes. — De tard en tard, apareixen en el cel cometes o *estrelles amb cua*. Alguns són d'apariencia vistosa, i sobressurten en el cel com una gran ratxa de llum, que comença en un punt o *nuchi*

més brillant seguit d'una llarga *cua* difusa dirigida sempre cap el costat oposat d'allí on es troba el Sol. Altres, els més, són petits cometes que sols es distingeixen amb instruments apropiats. El seu moviment aparent, sol ésser rapidíssim; en pocs dies recorren a vegades grans extensions del cel, fins que s'esvaeixen. No es troben precisament en el zodíac, sinó que poden ocupar diverses regions del firmament.

Estudiats els seus moviments, s'ha descobert que les seves trajectories són línies molt excèntriques. Algunes d'elles són completament obertes, de manera que l'astre passa una sola vegada prop de nosaltres; mes, la majoria d'elles va veient-se que són elipsis molt allargades al voltant del Sol, i d'alguns cometes es coneix amb molta exactitud el veritable període de revolució, observant-se'ls periòdicament en èpoques que es calculen d'avencç, com si es tractés d'un planeta.

Els cometes són astres de molt poca massa; al través d'ells s'hi veuen les estrelles, i com, a més, l'anàlisi de llur claror revela l'existència de gasos lluminosos, es suposa que ço que nosaltres veiem dels cometes no és més que una matèria gasosa molt rarificada.

Les estrelles filants. — Moltes són les nits que, tot de sobte, sembla com si alguna estrella caigués, descrivint en el cel una llarga línia lluminosa. A vegades, són dugues, tres, una infinitat les que cauen, constituint una *pluja d'estrelles*. Lo curiós és que després de caure'n tantes, totes les que nosaltres coneixem de sempre continúen ocupant llurs llocs respectius en el cel. No ha caigut, doncs, cap estrella, i es tracta d'uns objectes completament diferents.

Un resultat notable, al qual ha arribat l'enginy dels astrònoms i dels matemàtics, després de llargues estadístiques d'aquest fenomen, és que les «estrelles que cauen» surten d'uns quants *punts radiants* del cel, escampant-se des d'ells en totes direccions, i que això és precisament un efecte de perspectiva, degut a què totes elles segueixen en l'espai òrbites semblants a les dels cometes, i moltes vegades idèntiques a les d'alguns cometes coneguts. Quan la Terra, en son moviment, travessa una d'aquestes òrbites d'*eixams meteòrics*, alguns d'ells es fan visibles tan prompte com s'introdueixen en la atmòsfera terrestre, on molts s'encenen i es fonen, mentre els més

grans i lluminosos, nomenats *bòlits*, arriben fins a terra amb gran fressa, trobant-se després els seus fragments, consistents en unes pedres que els mineralogistes en diuen *aerolits*.

V

ESTRELLES I NEBULOSES

Les estrelles. — El sistema solar és, podríem dir, assumpte de veïnat. Gran i tot com és, llunyans i tot com són els seus límits, estesos, més enllà de l'òrbita de Neptú, fins on arriben les dels cometes de més llarga cursa, no és més que un primer graó de la immensa serie dels astres visibles.

La distancia que ens separa de les estrelles més properes, és enormement gran comparada amb les majors distancies que es compten dins del sistema solar, i les més llunyanes ho són tant, que respecte d'elles, les més precises medicions no ens condueixen més que a conjectures. Els astrònoms han adoptat una curiosa unitat per a mesurar unes distancies tan llargues sense haver d'escriure un raguitzell de xifres que res diria a la imaginació. Tenint en compte que la llum es propaga per l'espai a raó de 300,000 kilòmetres per segon, la unitat adoptada ha estat *els anys que està la llum en venir de cada estrella*; així, d'entre les més pròximes, n'hi ha que està a tres o quatre anys de llum; en quant a les més remotes, està a qui sab-los.

Treballs meritíssims s'han fet i venen fent-se per analitzar la llum de les estrelles, per tal de conèixer la seva constitució física i química. Una primera conseqüència d'aquest anàlisi ha estat la *unitat de composició de l'Univers*, és a dir, que les mateixes substancies que trobem a la Terra es troben en tots els astres de l'espai; i si bé és veritat que aquesta conseqüència sols és aplicable amb seguretat a algunes de les substancies esmentades, tot fa creure que la identificació dels components químics de les estrelles anirà creixent cada dia més.

En son conjunt, la llum de les estrelles presenta una gran semblansa amb la del Sol; són, doncs, comparables a aquest. I si considerem que el nostre Sol, si s'allunyés a les distancies estelars, es veuria

petit com les estrelles, és lícit afirmar que aquestes són sols extremadament llunyans. Algunes d'elles, les que es veuen de color blanc groguenc, tenen amb el nostre Sol analogia extraordinària; altres, com les estrelles de color blau o blavós, semblen estar a temperatura més alta, són sols més joves; i per fi, les de color taronjat, semblen sols en vies d'extinció, la darrera fase dels quals està representada per les estrelles d'un roig intens, astres que estan en camí d'apagar-se per sempre més.

Formen les estrelles, grans agrupacions en el cel, produïdes per mera proximitat de perspectiva, i que s'han nomenat *constel·lacions*. Les figures i els noms de les constel·lacions — noms de deus mitològics i de besties — tenen més de pintoresc que de científic; els astrònoms d'avui no se'n preocupen gaire; mes, en llur llenguatge corrent, faciliten encara la designació de les estrelles més brillants, designant-les per lletres o per nombres dins de cada constel·lació.

Més interessants són les agrupacions naturals, gairebé sempre compostes de dugues, tres o poques més estrelles molt pròximes, tant, que la major part de les vegades sols se les pot veure separades amb ajuda d'un bon telescopi. Aquestes estrelles constitueixen *sistemes binaris*, ternaris, etc., i, dins de cadascun, l'estrella més dèbil sol girar a l'entorn de la més gran. Altres agrupacions constitueixen els *eixams estelars*; en aquests, el nombre de components pot arribar a centenars, fins a milers, lo qual dona al conjunt l'aspecte d'un núvol lluminós, que el telescopi resol en estrelles. Per a nosaltres, el més important d'aquests eixams és la Via làctea o carretera de Sant Jaume, llarga faixa lluminosa que dona la volta a tot el cel, essent verosímilment el nostre Sol una de les numerosíssimes estrelles que la componen.

Altres agrupacions més fonament científiques s'estudien avui, com, per exemple, les que tenen per base moviments de conjunt al través de l'espai. Cada nou descobriment porta a noves concepcions teòriques, i així els coneixements humans s'eixamplen, perseguint la comprensió de la idea fonamental de l'Univers, mentre a cada pas que es dona, nous i més grans enigmes es presenten.

Les nebuloses. — Acabem aquesta lleugera ressenya per on podríem haver-la començada. Dins de l'ordre cronològic de la vida dels astres, trobem, en primer terme, les nebuloses; mons en la primera

infantesa, masses de gasos en un estat de difusió tan gran, que pot comparar-se a la dels tubus de materia radiant dels nostres laboratoris. La majoria d'elles tenen grans dimensions; en son interior hi caben multitud de sistemes d'estrelles, i algunes en contenen efectivament. Se suposa que són les nebuloses el primer estatge de la condensació de la materia, abans que s'acumuli en nuclis prou densos per a constituir estrelles ben distintes (fig. 5.^a).

Alguns eixams d'estrelles molt tupits tenen aspecte de nebuloses; mes l'observació amb grans augments, i en particular l'estudi del seu espectre, posa fàcilment en evidència el seu caràcter, i permet distingir-los de les nebuloses veritables.

La idea que les nebuloses constitueixen la primera fase de la formació dels astres, és tan estesa entre els savis, que totes les teories cosmogòniques actuals tenen precisament per objecte explicar el procés evolutiu que hagi seguit la materia còsmica per passar de l'estat de nebulosa difusa al d'astre globular incandescent. La Natura, si no la facilitat de reproduir el fet experimental, ens presenta, per a reconstituir aquell procés, un esplèndid mostruari, el primer estatge del qual és la materia de les nebuloses, essent-ne el darrer exemplar els còssos apagats que, com la Lluna i els asteroides, simbolitzen l'esdevenir més pròxim o més llunyà de tots els astres de l'Univers.

BIBLIOGRAFIA

Les següents obres, escrites per a divulgació elemental, podràn introduir al lector en un ordre de coneixements més detallat, o li donaràn punts de vista més amples que els que li hagi pogut suggerir el present Resum.

SIR NORMAN LOCKYER. *Elementary Lessons in Astronomy*. (Londres, Macmillan, editor.) N'hi ha una traducció lliure a l'italià pel Professor G. Cerialia, (Milàn, Hoepli, editor.)

A. T. ARCIMIS. *El Telescopio moderno*. (2 vols., Barcelona, Montaner i Simón, editors.) Una transcripció un xic modernitzada d'aquest llibre és l'*Astronomia popular* dels mateixos autor i editors.

F. TISSERAND ET H. ANDOYER. *Leçons de Cosmographie*. (París, Armand Colin, ed.)

S. ARRHENIUS. *Lehrbuch der kosmischen Physik*. (1.^a part.) (Leipzig, S. Hirzel, ed.)

C. FLAMMARION. *Les étoiles et les curiosités du ciel*. (París, Marpon et Flammarion, ed.) N'hi ha una traducció castellana. Es preferible l'edició original.

J. SCHEINER. *Der Bau des Weltalls*. (Leipzig, Teubner, ed.)

V. SCHWEIGER-LERCHENFELD. *Atlas der Himmelskunde*. (Viena, Hartleben, ed.) Obra tan notable per la il·lustració com pel text.

TH. MOREUX. *Quelques heures dans le ciel*. (París, Fayard, ed.)

B. H. BÜRCEL. *Aus fernen Welten*. (Berlín, Ullstein u. Co., ed.)

WISLICENUS-LUDENDORFF. *Astrophysik*. (Leipzig, Göschen, ed.)

MÖBIUS-KOBOLD. *Astronomie*. (Leipzig, Göschen, ed.)

F. NOVELLAS. *Mapa de la Luna*. (Barcelona; editat per la Societat Astronòmica de Barcelona.)

Com efemèrides més relacionades amb la nostra situació geogràfica poden recomanar-se les següents publicacions anuals:

Annuaire du Bureau des Longitudes. (París, Gauthier-Villars.) Conté interessantíssimes dades d'Astronomia, Meteorologia, Física i ciències afins.

Almanaque Náutico del Observatorio de San Fernando, publicat pel mateix centre. Es una de les efemèrides més universalment estimades, i els volums es publiquen amb un any al menys d'anticipació.

A PUNT DE SORTIR

5. — EL RADI I LA RADIOLOGÍA, per ESTEVE TERRADES, Membre de l'Institut.

EN PREMSA

6. — LES MALALTÍES DE LA MENT, per J. ALSINA I MELIS, Director del Manicomi provincial de Barcelona.
7. — LA PREHISTORIA, per P. BOSCH GIMPERA, Professor a la Facultat de Filosofia i Lletres de Barcelona.
8. — NOCIONS DE LITERATURA LLATINA, per CARLES RIBA, Doctor en Filosofia i Lletres.
9. — UNA VISITA AL MUSEU DE BARCELONA, per J. FOLCH I TORRES, Bibliotecari del Museu.

EN PREPARACIÓ

- HIGIENE DE L'ALIMENTACIÓ, per J. TORROELLA, Doctor en Medicina.
- RESUM D'ANATOMIA I FISILOGIA HUMANES, per A. PI I SUÑER, Membre de l'institut.
- LES FRASES FAMOSES, per LLUÍS SEGALÀ I ESTALELLA, Membre de l'Institut.
- LES DOCTRINES SOCIALISTES CONTEMPORANIES, per MIQUEL VIDAL I GUARDIOLA, Professor a l'Escola de Funcionaris.
- LES DOCTRINES NACIONALISTES CONTEMPORANIES, per MANEL REVENTÓS, Professor a l'Escola de Funcionaris.
- MANUAL D'ELECTRICITAT, per RAFAEL CAMPALANS, Professor a l'Escola d'Agricultura.
- LA PEDAGOGIA EN LES ARTS DEL DIBUIX, per FRANCESC GALÍ, Director de l'Escola dels Bells Oficis.
- RESUM D'ARQUEOLOGIA CRISTIANA, per JOSEP GUARDIA, prevere, Conservador del Museu diocesà de Vich.
- COM S'ORDENA I CATALOGA UNA BIBLIOTECA, per JORDI RUBIÓ, Director de la Biblioteca de Catalunya.
- INTRODUCCIÓ A LA FILOSOFIA, per EUGENI D'ORS, Membre de l'Institut.
- HISTORIA DE LA MÚSICA, per J. PENA, Director de l'Associació Wagneriana de Barcelona.
- HISTORIA DE LA POESIA CATALANA, per JAUME MASSÓ I TORRENTS, Membre de l'Institut.
- RESUM DE BOTANICA, per P. Barnola, S. J
- HIGIENE DOMÈSTICA, per JESÚS M.^a BELLIDO, professor a la Facultat de Filosofia de Saragossa.
- & . & . & .