

## LLUM

MANUEL SERINANELL I MIR\*

---

En aquest escrit pòstum, Mn. Manuel Serinanell i Mir, Pvre., va reunir un seguit de reflexions a l'entorn de la llum des de diverses perspectives del coneixement.

Des de la formació de l'Univers amb el «Big Bang», presenta succintament diverses teories i visions sobre la naturalesa de la llum i les moltes implicacions que aquesta té en la vida a la Terra.

L'article acaba amb unes reflexions personals sobre la seva visió de la llum des d'un punt de vista teològic.

---

---

*In this text, published posthumously, the priest Father Manuel Serinanell i Mir brings together a series of reflections, from diverse scientific and philosophical perspectives, on light. Starting with the «Big Bang» and the formation of the universe, he succinctly presents various theories and visions of the nature of light, and the many implications that this has for life on earth. The article ends with some personal reflections on light, as seen from a theological viewpoint.*

---

### DEDICATÒRIA

Al matrimoni contret oportunament entre el Sr. D. Josep Comella i Castell, enginyer de mines, ara emèrit, i na Pilar Benet i Font, i fills.

Em plau fer aquesta ofrena perquè crec que se la mereixen plenament.

L'u de maig de l'any 1966, en deixar el càrrec de director del Casal d'A.C. que jo tenia al Bisbat, en el qual tenia residència, aquesta noble família tingué la gentilesa d'oferir-me un pis que tenien lliure per allotjar-m'hi degudament.

Sempre hi havia hagut molt bona relació entre nosaltres i això ho confirma. A més a més, vaig trobar tota mena de facilitats per a muntar-hi el meu observatori, tot i que alguns problemes de degoters presagiaven la necessitat de la cobertura del terrat. Sortosament l'aplicació d'un preparat de polièster resolgué la situació i l'observatori continuà.

---

\* En el transcurs de l'edició del present article va morir mossèn Manel, deixant les galerades corregides i la dedicatòria acabada. AUSA dedicarà a la seva memòria un proper número (N.E.).

I, així, han continuat, en el transcurs dels anys, fent-me costat i animant-me sempre a seguir endavant.

Noblesa obliga, i ben merescuda dedicatòria; i a més a més espero que el Senyor de l'Univers aportarà la seva col·laboració generosa a la família que m'ha ajudat així.

Amb tota cordialitat.

Mn. Manuel Serinanel·l i Mir, pvre.

Vic, febrer 2001

**H**eus ací una paraula d'una síl·laba que no pot ser més simple i senzilla. La llum. Amb tot, la llum en l'Univers, és una espècie de motor singular que porta la vida en potència per transmetre-la on calgui. No cal dir que si aquesta potència falla, també fallarà la vida irremissiblement.

És molt curiós que aquesta expressió portada a altres idiomes tingui una forma semblant a la llatina, *lux*: *llum*, en català; *luz*, en castellà; *φως*, en grec; *light*, en anglès; *licht*, en alemany; *lume*, en italià, i *lumière*, en francès.

No tinc cap motiu per amagar que aquesta paraula, *llum*, o sigui *lux* en llatí, l'he extreta de la lectura de la Bíblia, en la qual exposant la formació de l'Univers, el Creador pronuncià en temps gramatical imperatiu: «*Fiat*». Sí, digué: «*Fiat lux*». I la llum quedà feta, amb oposició a la tenebra, existent en tot l'Univers (σκοτος = tenebra), quan encara no hi havia Sol, ni Lluna ni cap estel. Què deu ser, doncs, aquesta cosa dita llum que encara que no la vegem, la sentim i ens envolta plenament?

### Diversitat de llums

Encara que la llum sigui una cosa singular i, per tant, una cosa única, a nosaltres se'ns manifesta de diferents maneres i, per això, podem parlar de diversitats de llum.

Des de la meva infantesa, he vist que l'home havia fet una llum produïda per la combustió d'oli en un recipient amb un ble o cordó filamentós submergit en l'oli per fer llum a la llar: és el llum d'oli. Més tard, va sortir el llum de petroli amb quinqués. Va seguir millorant la il·luminació amb els llums de carbur. A l'últim, hem aconseguit la llum elèctrica amb tota la seva esplendor.

Amb tot, la llum més accessible a l'home és la llum difosa, és a dir, escampada en totes direccions, procedent del crepuscle en començar el dia, que precedeix la sortida del nostre llumener; que així mateix precedeix l'aurora i la sortida immediata i directa del mateix Sol. Aquesta llum que encara ni és definida, es produeix per l'efecte de la llum del Sol sobre les molècules dels diferents gasos que componen la nostra atmosfera amb altres molècules de pols, pol·len i altres partí-

cules, empeses pels aires vinguts de diferents direccions. Aquesta llum difosa és, doncs, la que ens acompanya i es filtra a les nostres llars, des del crepuscle matinal fins al vespertí, abans d'entrar en la foscor de la nit. En dies de pluja o solament ennuvolats segueix embolcallant-nos la mateixa llum difosa dels crepuscles. Ara bé, la plenitud de la llum que satisfà més amplament la nostra natura és certament la llum directa del nostre Sol. Tot és llum, però ja veiem que hi ha llum i llum; i no és una cosa qualsevol. Per investigar la seva, diguem-ne, essència, començarem estudiant els efectes de la seva actuació en l'Univers.

## El color

En el decurs de la nit, tot el que ens envolta és obscur, no té cap color. Arribant el dia, la llum li dóna color. Si, a més a més, hi ha la llum del Sol, els éssers vivents com les plantes, flors, etc. reben vida ultra el color. Per exemple, els gallarets o les roselles, que omplen els camps de blat abans de la sega.

No és possible entrar a discutir el perquè les espigues de blat són d'un color diferent del fort vermell de les roselles que es veu sobradament. Però que consti que una cosa i altra estan en funció de la llum. Ja hi tornarem.

Es veu també que hi ha plantes de color verd, que els antics denominaren amb el nom de «*cloro*», que vol dir verd. Moltes vegades, els colors dels objectes que veiem són deguts a la forma en què reben la llum.

La llum en la seva forma normal i natural és blanca. La primera vegada que l'home veié sense saber-ho que aquesta blancor estava formada per una sèrie de colors que s'estenien en forma de ventall i en figura d'arc, fou en veure l'arc iris o de Sant Martí, que després d'una ploguda es projecta en el cel. Fou Newton qui, cap al 1700, descompongué la llum fent-la passar per un prisma triangular de vidre projectant un «espectre» lluminós que deixà veure els colors de l'arc iris; recomponent-la seguidament amb un segon prisma capgirat, demostrà que la llum blanca del Sol no era tan pura com semblava. La realitat és aquesta i caldrà seguir veient com és tot això. De moment, es veu que aquesta cosa tan simple que es diu llum, no és tan simple com sembla, però l'home hi va aprofundint gradualment, perquè realment val la pena i és interessant de debò.

## Velocitat de la llum

Durant molts anys tota la ciència, creient que la velocitat de la llum era tan gran, la definien com a «instantània» o infinita. Anem a exposar que veritablement és molt gran, però de cap manera infinita. El primer que ho descobrí fou el dinamarquès Oläus Romer, qui l'any 1675 es desplaçà a l'observatori de París per estudiar els moviments dels satèl·lits de Júpiter. Va notar que els temps en què s'efectuaven els eclipsis no estaven d'acord amb el càlcul. Va observar que s'avançaven quan Júpiter i la Terra s'acostaven; i es retardaven, quan aquests se separaven. Aquest fet el conduí a la descoberta de la velocitat de la llum. És natural que els satèl·lits, col·locats davant del planeta o a l'altra banda descrivint la seva òrbita, variaven la distància respecte de nosaltres i la llum devia recórrer aquest espai, molt gran, posant en evidència aquest espai positiu o negatiu del

recorregut, ço és, la velocitat de la llum. El resultat de la mesura fou de 227.000 km/segon. Vers el 1850, el físic francès Foucault realitzà també un experiment per mesurar aquesta velocitat, obtenint un valor aproximat de 300.000 km/segon. En el nostre segle, i concretament en l'any 1923, el físic nord-americà Albert Abraham Michelson tornà a l'estudi d'aquesta velocitat, amb un finíssim experiment òptic des de l'observatori del Mont Wilson, fent que la llum recorregués la distància de 35 km acuradament determinada, entre dues muntanyes i el retorn al punt de sortida, amb un resultat de 299.718 km/segon.

La Conferència de Pesos i Mesures de París, davant la dificultat que el patró «metre» de platí i iridi que serva en la seva seu sigui totalment fiable per la sensibilitat a la temperatura, proposà la fracció de la longitud d'ona de la radiació emesa per l'àtom de criptó 86, en unes condicions determinades, per basar-hi la longitud del metre. Però per tal d'obtenir encara més alta precisió aquesta mateixa Conferència proposà d'utilitzar la velocitat de la llum, assignant-li el valor de 299.792 km/segon, molt poc diferent de l'obtinguda per Michelson el 1923. Amb aquesta decisió es donava una importància tal a la marxa de la llum per l'espai que es tradueix, donant-li una categoria d'unitat bàsica, en la ciència de l'Univers.

## L'any de llum

Amb aquesta designació internacional, la velocitat de la llum serà admesa a partir d'ara en fórmules matemàtiques amb la designació de la lletra *c*. Així, doncs, la *c* serà el recorregut de la llum en el temps d'un segon i, per tant,  $c = 299.792$ , que alguns arrodoneixen a 300.000 km.

Si amb un segon recorre aquest nombre,  $c = 299.792$  km; quin recorregut farà en un any? Si prenem un any julià normal de 365 1/4 dies, reduït a segons és igual a 31.557.600 segons. Multiplicant aquest valor per la velocitat de la llum dóna un resultat de 9 bilions 460.716 milions de km, que és el valor d'un any de llum. I, tot això, per què? Doncs, precisament per això: perquè és una «constant», com ho és per exemple el valor de «pi» en relació al diàmetre de la circumferència i a la seva llargària. No és estrany que a aquesta «constant» en la velocitat se li confeixi la facultat de combinar-se amb altres «constants» i variables amb diferents valors i aplicacions en el camp científic en general. En virtut d'això, per què haurem de meravellar-nos si Einstein ens diu que el producte de *c* multiplicat pel temps dóna la quarta dimensió de l'Univers?

## Dues teories

Exposat l'estudi que Newton feia amb un prisma de vidre sobre la llum, descomponent-la i recomponent-la, Christian Huygens, amb miralls, lents diverses, pantalles amb forats, esclatxes i altres enginys, feia també sobre el mateix tema el seu propi estudi. No coincidiren. Newton féu una teoria i Huygens una altra de ben diferent. El primer va concloure que la llum era una radiació rapidíssima amb emissió d'una partícula petifíssima que s'impactava sobre una pantalla. Fou la teoria emissiva de la radiació. Huygens, d'altra banda, determinà que la llum era una vibració ondulatoria que permetia explicar la refracció, la reflexió i, a més a més, altres fenòmens adjunts al tema. Resultà que tots dos tenien raó.

Això féu que hi haguessin partidaris de les dues teories fins que hi posà punt final un home que pogué reunificar les dues teories amb aplicació simultània, per dir-ho d'alguna manera. Com anirem a veure això va portar a formular una definició concreta de la llum.

## La teoria quàntica de Max Planck

Per començar cal deixar ben assentat que la llum és fonamentalment una radiació electromagnètica. Aquesta radiació és alhora emissió i vibració. Acciona en dos camps perpendiculars: vertical i horitzontal. L'un és elèctric; l'altre, magnètic. Marxa en línia recta i a la velocitat de la llum.

Una cosa tan subtil, impalpable i invisible com és la llum, resulta una cosa enormement complexa i difícil d'entendre. Seguim, però, endavant.

A començament del segle xx, el Sr. Max Planck, aplicant el segon principi de la termodinàmica, va formular una nova llei sobre la radiació, acceptant que el segon principi de la teoria termodinàmica és una llei estadística i que l'energia electromagnètica només pot ser absorbida pel cos negre en quantitats elementals que designà amb el nom de «quanta» o fotons. El seu valor és igual a la freqüència de les ones multiplicada per una «constant» universal d'acció:  $h = 6.6260755 \cdot 10^{-34}$  joules·segon, dita «constant» de Planck.

Limitacions. Tot això es fa incomprendible perquè es traspassen els límits que és necessari sobrepassar per seguir endavant. Són incomptables els límits que ens envolten en tots els aspectes i ordres. Els primers que hem de superar són els dels ulls, ja que parlem de llum. L'experiència científica que dóna el límit de la cosa més petita accessible a l'ull normal està valorada en 75 mil·lèsimes de mil·límetre. Com podrem veure una cosa més petita com és la llum, que se'n va més lluny encara de les milionèsimes de mil·límetre? L'ésser humà vers l'any 1000 va descobrir la «lupa» que aprofundia a 10 mil·lèsimes de mil·límetre. Cap al 1650 tenia ja un autèntic microscopi, i així ha seguit aprofundint gradualment fins al límit mateix de la llum, tocant a la fi.

Ara, si amb raonaments científics suplim els augments dels microscopis pels intel·lectuals, també podrem endinsar-nos en la comprensió i estructura d'aquesta ultramicroscòpica cosa que en diem llum. Hem deixat apuntat que es tracta fonamentalment de radiació electromagnètica amb poder d'emetre, transportant energia i vibrant rapidíssimament. Si ara sabem amplificar més d'un milió de vegades l'amplitud d'aquest ultramicroscòpic filat de radiació, estarem acostant-nos a la comprensió de la duplicitat de vibració vertical i horitzontal, marxant a la velocitat de 300.000 km/segon. Costa una mica de seguir-ho, però és un pas que fem endavant.

Si, per una banda, veiem que l'Univers no és infinit, sinó il·limitat (no hem arribat al límit), per l'altra, de cara al món subatòmic, encara que sigui limitat, tampoc no hem arribat al límit, però amb la nostra ànima, que posseeix aquesta llumeneta que es diu intel·ligència, ens proveïm dels mitjans indispensables per acostar-nos-hi cada vegada més.

Per això seguirem endavant.

## Utilitat de les teories

En línies generals les teories són explicacions que exposen els estudiosos sobre fets que han observat i estudiat, en la seva observació de la naturalesa per donar-ne una síntesi a l'abast general. Si aquesta síntesi resisteix el pas del temps i l'estudi d'altres científics, la teoria resta ferma; en cas contrari, desapareix. Fem-ne, doncs, l'aplicació.

En primer lloc, hom sap que de fora de la Terra rebem, sobretot del Sol, dolls i rierades de radiacions i llum que l'home recull amb tota classe d'aparells: amb telescopis de 10 metres de diàmetre recull la llum d'objectes separats de nosaltres per milions d'anys de llum; amb microscopis visuals i altres d'electrònics observa objectes totalment invisibles a l'ull humà; amb col·lectors parabòlics rep altres radiacions, i també amb els col·lectors tèrmics, a més a més dels fotovoltaics aplicats al regne vegetal. Amb això s'han posat a prova les teories dels científics esmentats.

La primera cosa que es desprèn d'aquestes teories és que la llum és una radiació que vibra, és a dir, marxa, en forma de radi de circumferència. Aquest moviment es verifica en línia recta, però ondulant. A la línia recta li correspon una longitud i a l'ondulació, una freqüència o temps per segon. Aquestes teories tenen bona aplicació i, per tant, són acceptades.

Mirem de fer-ho més senzill.

Ja s'ha exposat que Newton va descompondre la llum del Sol, fent-la passar per un prisma, en els colors de l'arc iris i la tornà a recompondre amb un altre prisma. Més tard, Fraunhofer, estudiant amb un espectroscopi la mateixa llum sola va descobrir-hi unes ratlles fosques que responien a les substàncies químiques que componen el Sol: hidrogen, heli, calci, ferro, etc. Sempre estaven en el mateix lloc. Amb calma i paciència van determinar-ne les posicions precises. Així passaren de determinar aquestes posicions a l'amplitud que corresponia al radi d'aquesta vibració, o sigui la longitud ondulatoria que corresponia a aquesta vibració. Resultat: l'espai comprès en el registre de la llum visible és molt reduït.

S'estén des de 4.000 deu milionèsimes de mil·límetre fins a deu mil milionèsimes de mil·límetre, que abasten des del roig fins al violeta. Si el nostre ull és limitat, resulta que també és limitada l'amplitud de la seva freqüència.

L'ull humà normal distingeix clarament dos punts separats entre si per un espai de 75 mil·lèsimes de mil·límetre, col·locats a una distància de 25 centímetres, o sia el punt pròxim. Però un miop de 6 diòptries aprofundeix fins a 15 mil·lèsimes de mil·límetre a una distància de 6 a 8 cm de separació. Això fou realitat per uns miops que dibuixaren en alguns llibres, com els missals, unes miniatures que avui es llegeixen amb lents d'augment vulgarment dites lupes. Aquest fet que s'escapa als ulls normals existeix i amb molta amplitud. Però la limitació de l'espai on acciona la llum, s'encaixa degudament amb la limitació de l'acció operativa de l'ull humà. A partir d'aquí, s'han fet microscopis i telescopis per eixamplar la potència visual de l'home. Fora de les vibracions lluminoses, n'hi ha d'altres com les infraroges, per un cap, i les ultraviolades, per l'altre, amb els seus corresponents aparells. Però aquest és un altre camp diferent del que aquí estudiem.

Retornant a l'amplificació de la longitud ondulatòria de la llum, que precisa el tipus variat de llums que comprèn els diferents colors descoberts amb l'arc iris i la dispersió que féu Newton amb el prisma de vidre, és cert que a cada color real li correspon una concreta i precisa longitud. Si això no fos real, els fabricants de llums fluorescents no podrien satisfer als clients la petició de llums del color que els interessa, per propaganda o enllumenament interessat i assortiment de les demandes, com es veu constantment en tota mena de publicitat.

Les teories tenen, doncs, la seva efectivitat si són correctes com convé.

Es va veient que existeixen una immensitat de camps tan importants en l'Univers com en la persona humana; que l'home ha buscat la manera de superar les dificultats, cosa que no sempre ha aconseguit. Hem de comprendre que encara que tot tingui els seus límits, no són sempre els mateixos, ni són sempre aplicables a totes les accions, en especial els que afecten a la pròpia persona, que tot i ser molt perfecta no ho és prou en tot i per tot.

Seguint en la teoria quàntica de Max Planck, resulta que en la vibració hi va compresa una minúscula partícula denominada un «quantum» o fotó.

Tot això normalment tan invisible ens obre un nou camp d'acció d'aquesta paraula «*fiat lux*» que estem esbrinant.

## Fotosíntesi

Aquí es tracta d'exposar l'acció de la llum solar, que proporciona aquest color verd a les plantes de la Terra que en penetrar-hi a través de les fulles els aporta l'energia necessària per viure. Això constitueix la part més important del procés de la fotosíntesi.

Seguint a Max Planck, el fotó o quantum de llum emet una partícula petitíssima i totalment invisible i exportadora d'energia. I d'acord amb la física l'energia és una cosa que acciona i realitza un treball. Aquest treball es converteix en una reacció química que acaba produint una acció vital.

Ja es veu que tot aquest llenguatge no és pas massa fàcil de comprendre, però amb calma i paciència hom s'introdueix en aquest camp, que pot dir-se biologia, física, química... i pot fer-se una idea de la complexitat del món en què vivim, cosa que crec que val la pena d'investigar.

Seguint una mica més per aquest viarany, s'ha de dir que això de la fotosíntesi ens permet establir una relació entre la fotosíntesi i la nostra respiració. El respir de l'home és l'expulsió del diòxid de carboni, ingerint oxigen vers el pulmó. La planta fa l'operació inversa: llença a l'aire oxigen i ingereix diòxid de carboni. En tota la vegetació de la Terra es produeix una immensitat d'oxigen per a la vida humana rebent sovint una fabulosa quantitat de diòxid de carboni expel·lida pels éssers vius. Hi ha coses que val la pena saber, encara que no les entenguem plenament. Hi ha tanta gent que no sap què fer i podria fer moltes investigacions pràctiques; hi ha biblioteques i llocs de consulta que esperen algun lector.

És ben clar que els estudis de l'home sobre la naturalesa són profitosos i agradables. Alguna vegada la cosa no surt tan bé i llavors cal treure'n experiència i

redreçar el camí. Si fins aquí hem vist que la ciència ens portava amb la vibració de la llum al seu maneig i utilització, amb la fotosíntesi descobrim un gran magatzem de verdures en tota la Terra, de les quals també en menja l'home, i l'oxigenació que es renova gràcies a la fotosíntesi. Ara hem de veure alguna troballa real que no serà tan plaent.

Seguint amb el fotó.

Ja s'ha dit que el fotó, paquet petitíssim, és portador d'energia, que es transforma en treball. Certament.

Al principi del segle xx el Sr. Einstein presentava la seva teoria de la relativitat en la qual oferia amb una fórmula molt senzilla l'equivalència de l'energia i la matèria multiplicada per la velocitat de la llum al quadrat, així:

$$E = m c^2$$

Fent-ho més senzill. La llum recorre 300.000 km en un segon. Elevant aquest número al quadrat tindrem  $(300.000)^2 = 90.000.000.000$ . Si a la  $m$ , o sigui, a la massa, li donem el valor d'un gram, resulta que  $90.000.000.000 \times 1 = 90.000.000.000$  unitats de massa o energia  $E$ . Si en lloc d'un gram, ho multipliquem per 10 grams, el resultat serà el mateix número amb un zero més i, per tant, de 90.000.000.000 unitats d'energia passarem a 900.000.000.000 unitats d'energia. En conclusió, multiplicant i fonent el valor de  $c$  al quadrat per una massa de més magnitud, surt una magnitud d'energia tan fabulosa que és coneguda amb el fatídic nom de «bomba atòmica». I això no és gens satisfactori. Si la fotosíntesi construeix i ens dóna verdura, la bomba atòmica ja sabem que destrueix.

Feta aquesta escapada, confirmant les teories i fórmules matemàtiques, sorgeix també la seva part positiva, que ha conduït a resoldre el problema de la constitució de la matèria de l'Univers i també a explicar de què són fetes i perquè fan llum totes i cada una de les estrelles que brillen i fan llum com el nostre Sol.

## L'espectroscòpia

Retornem a la descomposició de la llum a cura de Newton. En aquella època no hi havia llum elèctrica com ara, però si que tenien llums artificials per aclarir les seves vesprades. Se'ls va acudir de fer la descomposició de les que disposaven, substituint la llum solar per la d'una espelma, i van veure que s'esdevenia el mateix que amb la llum solar. Muntant, doncs, el que en direm espectroscopis de laboratori, feren un grapat de descobriments.

Fixaren la font lluminosa, el prisma de vidre corresponent i una ullereta per amplificar la imatge de la font. Un dia provaren de tirar una mica de sal de cuina (clorur de sodi) a la flama i va sortir una cosa diferent. Un altre dia, ho provaren amb una altra substància; un altre dia van fer passar un gas entre la flama i el prisma. També feren una altra cosa. Tot podien fer-ho asseguts còmodament en un laboratori.

Deixant momentàniament aquest tema, interpretaré un fet que m'ocorregué en la meva joventut, que fa referència a la ciència en general i que jo vull aclarir.



## Una lliçó

Mentre jo em delia en les meves lectures astronòmiques, m'aparegué un amic que volia alligonar-me i amb el seu discurs em digué amb tota solemnitat que el nostre ínclit i molt il·lustre Jaume Balmes havia dit que: «De teulades amunt, ningú no sap què hi ha». Francament no m'ho vaig creure ni empassar. Un altre dia em sortí amb un sonsonet que més tard vaig llegir, si no ho recordo malament, en un article científic que deia així: «*Es muy cómodo mentir, / el mentir de las estrellas, / porque nadie ha de ir / a preguntárselo a ellas*». Aquí hi ha dos aspectes, ben diferents: «*el mentir de las estrellas*» i «*ir a preguntárselo a ellas*». La primera part no l'accepto de cap manera perquè la natura no menteix, i la segona, l'accepto plenament. No crec que hi hagi cap ésser humà que per saber què hi ha en el nostre Sol, s'aventuri a anar a rostir-se inevitablement dintre d'un coet per fer aquesta investigació, perquè assegut còmodament dintre d'un laboratori espectroscòpic o un observatori solar amb espectroscopis, pot tenir espectres del Sol d'una gran llargària, amb un detall de les ratlles de Fraunhofer i amb una precisió formidable. Amb això queda desvirtuada l'anada directa vers el Sol.

Sobre l'esmentat espectre solar puc dir que a la biblioteca de l'Agrupació Astronòmica d'Osona hi ha unes fotos directes de l'espectre solar, obtingudes de l'observatori de Castel Gandolfo, del Vaticà, en la visita feta a Roma l'any 1952 amb motiu d'un Congrés Mundial d'Astronomia, celebrat en aquella capital.

Tornant a això de «*el mentir de las estrellas*», cal dir definitivament que la llum ha estat tan generosa, que ha permès a l'home penetrar tan profundament en la seva entranya com no era d'esperar, de tan grans com són els resultats aconseguits fins avui. A més, afirmo que sempre que l'home pregunta a la Natura, aquesta respon adequadament i sense mentida.

## Una lliçó de la natura

Al final del 1500 alguns astrofísics com el francès Janssens i l'anglès Young estudiaren amb sengles espectres la superfície solar. Tenien anotades una multitud de ratlles espectrals que corresponien a elements catalogats a la Terra. Els anaven classificant. Un dia, en el decurs d'un eclipsi total del Sol, com si fos un viatjant que no pot esperar-se i deixa la seva targeta, van veure en la proximitat de les dues ratlles grogues molt destacades que corresponen a l'element sodi, una ratlla de més que enregistraren com a D amb 3. Des d'aleshores començaren a investigar quin element nou o vell devia ser o quina devia ser la identitat d'aquella ratlla. S'hi afegiren altres investigadors. Res de res. Això succeí l'any 1869. Però la incansable paciència humana no quedà defraudada.

## Descoberta de l'heli

El 1895 el químic escocès William Ramsay, al cap de 26 anys, digué que la ratlla D sub 3 del Sol corresponia al gas heli; que els primers observadors, no sabent a què atribuir-la, batejaren amb el nom de *Helios* que vol dir Sol. Resposta lliurada i confirmada degudament.

## L'home enfront de la ciència

En deixar l'home la vida nòmada i viure la vida dita sedentària, s'establí la vida comunitària i en aquest ambient es fonamentà entre tots la vida dita també científica. Entre tots, doncs, fonamentaren les lleis generals i bàsiques per al bé de tots. L'individu humà encara que sigui superior en dignitat a les ciències humanes, per les seves limitacions inherents a la seva persona no té més remei que supeditar-se a les seves exigències. Així veiem que el constructor d'edificis està obligat a fer servir la plomada, perquè, si en prescindeix, tot l'edifici s'esfondraria per la llei de la gravetat. Vulgui o no, és així i en realitat es fa així. A més, aquesta limitació és admesa en tots els camps actius de les ciències humanes aplicades. No es veu pas que els constructors d'habitacl·es donin mesures inusuals de cambres expressades en milionèsimes de mil·límetre, que no serveixen per a res. Per això, encara que existeixin geometries diferents de la d'Euclides, les lleis i teoremes que aquell grec va formular ja fa segles serveixen igualment avui. Tots estem limitats, però en tenim sort.

És veritat que algunes s'escapen de la llei general, però l'explicació del fet és exposat amplament pels seus autors. Tenim el cas de la formulació que Einstein féu cap al 1905 de l'equivalència de l'energia i la matèria de què hem parlat abans:  $E = mc^2$  i que aixecà un extraordinari rebombori. Perquè en aquesta fórmula hi ha implicada la bomba atòmica explotada al Japó. La realitat és així. La llum en conjunció amb la matèria té una potència explosiva tan gran, com no n'hi ha hagut coneixement en tot el món. No es podia pas preveure que aquell imperatiu «*Fiat lux*» pogués ser tan gran i colossal. I aquesta fórmula exposada per l'autor de la teoria de la relativitat té altres fórmules i prediccions i per aquesta raó alguns van definir-lo com un boig, que desvariejava. La realitat, però, va donant-li la raó cada dia més i més. La cosa és tan important que val la pena fer-ho conèixer més i més per bé de tots.

El 1914 Einstein postulà la relativitat general la qual afirma que la gravitació i l'acceleració són equivalents; que la llum es corba per efecte de la gravitació. Això no era fàcilment comprensible, perquè assignava a la llum alguna participació de matèria: el fotó. La natura va respondre afirmativament el dia 21 de març de 1919 amb ocasió d'un eclipsi total de Sol. El gran astrofísic Sir Arthur Eddington comprovà que una estrella físicament tapada pel Sol es feia visible per aquest efecte de la gravitació.

## L'home aprofundeix en la ciència per aconseguir més llum

Realment ens hem ficat en la ciència de la relativitat en la qual té un paper importantíssim la llum, de la qual, amb el nostre raonament, volem aconseguir més claredat en la nostra intel·ligència i això ens obliga a recular una mica per reprendre la marxa cap amunt.

Apuntem immediatament que el conjunt de científics que investiguen en l'estudi de l'Univers, tots aspiren a trobar una llei que expliqui i determini l'origen i la fi de tot, des del gran cosmos fins a l'abisme més petit. Kepler ens donà les lleis que afecten els planetes i, per això, fou denominat el «legislador del cel». Newton, amb la llei de la gravitació universal, donà un nou impuls en l'ordre de

l'Univers. Queden refoses des de llavors les lleis de Kepler i la gravitació de Newton.

A propòsit d'això, faig citació del que se'n diu el «mite de Laplace»: «Doneu-me les lleis de la naturalesa i les condicions inicials o bé d'un instant determinat de l'Univers i reconstruiré la seva pel·lícula completa, tant del passat com del seu futur.» Això no és així. Més tard ja vindrà per la teoria del Big Bang aquesta explicació. No hi ha dubte que amb la llei de Newton es va donar un gran pas en l'estudi del sistema planetari, del qual formem part amb la Terra.

## Llei de Newton

Intentem aclarir-ho a poc a poc per aprofundir en aquest terreny tan paorós per a molta gent. La llei de Newton diu així: La força d'atracció d'un cos sobre un altre és així:

$$F = K \cdot M$$

Que traduït al llenguatge més senzill vol dir que la força és proporcional a la massa  $m$  multiplicada per una constant, que ja es donarà. Això no és pas complicat. Aquesta fórmula, però, no és pas feta per aquest cas. La fórmula és pensada i basada per a dos cossos de força massa i separats per una distància donada. Llavors la fórmula es transforma en la següent:

$$F = \frac{K \cdot M_1 \cdot M_2}{d^2}$$

En aquest cas les masses d'alguna magnitud, com per exemple el Sol i un planeta, estan afectades per les tres coordenades del nostre espai tridimensional i això fa que la fórmula sigui d'un ordre superior. Per tant, en el primer cas estem en l'ordre primer; en el segon, d'ordre superior, tindrem més complicació. Cas 1r. Ordre 3, significa 3 components. Cas 2n. Ordre 3, significa 9 components. En el primer cas caldrà manejar 3 equacions i en el segon, ja seran 9 equacions, molt més difícil d'operar que amb 3.

De moment tot seguia bé i sense complicació fins que un dia sortí un entrebanc seriós. Per allà l'any 134 abans de la vinguda de nostre Senyor Jesucrist, l'astrònom grec Hiparc, valent-se d'unes observacions fetes per un altre grec, Timòcares, 150 anys abans que Hiparc, va donar la posició d'algunes estrelles força visibles i conegudes, i li permeté de fonamentar la trigonometria plana i la introducció a l'esfèrica; tractant-se d'un temps notable i portant les posicions de les estrelles dels dos observadors sobre un arc de circumferència d'una certa amplitud, es pogueren fer unes mesures força fiables del desplaçament de les estrelles, observat a través de tants anys. Efectivament això fou la descoberta cèlebre de la coneguda «Precessió d'Equinoccis». Aquest desplaçament significa una rotació de l'equinocci de primavera (21 de març) que es verifica aproximadament en el decurs d'uns 26.000 anys.

Vers el 1855 l'astrònom Leverrier també observà, estudiant el moviment del planeta Mercuri, unes anomalies en el seu periheli (punt més proper al Sol) molt notables, 43 segons d'arc per segle. Ningú no fou capaç d'explicar aquest fet ben

comprovat. Per tant, era una notable contrarietat per la llei de la gravitació de Newton.

Qui serà capaç de resoldre aquesta qüestió?

Les fórmules de Newton no donaven per més. Ara, doncs, cal recórrer a la fórmula d'Einstein de la relativitat general, perquè ella ho resol amb tota precisió.

## Fórmula d'Einstein

L'autor de la teoria de la relativitat es proposà aclarir alguns aspectes de la física que no encaixaven amb algunes realitats i, per altra banda, refondre les teories científiques en una de sola que abracés tot l'Univers. Això no ho aconseguí, però donà un pas de gegant amb la teoria de la relativitat general. En aquesta teoria presentà la seva fórmula general així:

$$G = K \cdot T$$

¿És possible oferir la grandiosa fórmula de la seva famosa teoria tan admirada i combatuda, amb una expressió tan simple i senzilla? D'altra banda, tampoc no s'hi veu un contingut de calatge excessiu. La fórmula, doncs, és senzilla i humil en aquesta presentació i comparable amb la de Newton.

Amb aquesta intenció recordem l'aplicació de la de Newton pels casos de dos cossos de massa notable: l'esmentat del Sol i del planeta Mercuri es tracten aplicant el càlcul vectorial dels tres vectors del nostre espai tridimensional: amplada, llargada i alçada. En l'aplicació einsteniana s'aplicarà exactament igual, llevat d'una complicació afegida necessàriament per resoldre l'anomalia del periheli descoberta per Leverrier i explicada per la relativitat.

La relativitat, doncs, afegirà una quarta dimensió o sigui l'espai pel temps com a quart vector. En fer l'aplicació de la quarta coordenada en l'aplicació de la fórmula, s'amplifica la potència calculadora de les situacions d'ordre calculístic fetes per Newton: si en el cas de  $2n$ . ordre teníem que 3 coordenades al quadrat donaven un conjunt de 9 components (equacions), si ara hi afegim un ordre més, serem al quart i l'ordre quart al quadrat serà igual a 16.

Si a primera vista la gravitació einsteniana sembla una senzilla equació, en realitat les lletres  $G$  i  $T$  representen uns «tensors» amb un grapat d'equacions independents. La lletra  $G$  es diu tensor d'Einstein. Aquest tensor descriu la cobertura de l'espai-temps. El tensor  $T$  representa el tensor energia (impuls o dada del problema de la descripció d'un camp gravitatori).

Tindrem, doncs, 16 equacions per a cada lletra  $G$  i  $T = 32$  equacions a manejar. I si s'ha de passar a un tensor d'ordre 4, serà igual a, per tant, 256 números. Quina complicació! Aquella senzillesa del principi desapareix totalment.

En concret, pot veure's que es tracta d'una teoria ben fonamentada; que la fórmula general permet resoldre amb tota precisió l'avenç del periheli de Mercuri, observat per Leverrier i els seus seguidors actuals. Per això aquesta teoria mereix un reconeixement unànim de la humanitat per l'èxit indiscutible que s'ha repetit igualment en aplicar-la a altres casos observats d'altres estrelles dobles estudiades recentment.

Completem la fórmula esmentada, concretant l'altre factor,  $K$ . En funció d'altres constants universals es concreta així:

$$K = \frac{8 \cdot \pi \cdot k}{c^4}$$

Això diu que  $K$  és igual a una dimensió lineal depenent de pi (relació del radi multiplicat per la constant de Newton), dividida per la velocitat de la llum, portada a la 4a. potència, que ahora és una energia intrínseca a la llum per la grandiosa quantitat de fotons continguts en  $c$ . Tot aquest conjunt aparentment tan simple és d'una extraordinària complexitat, ja que hi ha unes proporcions equilibrades. I l'energia continguda en la  $c$  a la 4a. potència és superior a la magnitud que sobrepassa els 800 trilions d'unitats d'energia. És realment fabulós, però extraordinàriament fantàstic, sobretot en l'interior de la llum. Abaixem una mica el nostre cap per no perdre l'equilibri. Aquest grandíols devesall d'energia contingut en la senzilla i complicadíssima fórmula d'Einstein, em fa tornar a pensar en la grandiositat de la frase «*Fiat lux*» escrita per l'autor del llibre del Gènesis, que la llum eixida en aquell instant pogués ser portadora de tanta energia i un poder immens. Segurament que aquesta teoria de la relativitat ha estat i és encara ara ben assentada en el camp científic de la humanitat.

S'han fet diverses prediccions en el decurs del temps, que a poc a poc han estat comprovades. Mereixen ser destacades, pel seu aspecte relacionat amb la llum, dues teories que encara segueixen vives avui: em refereixo concretament a la teoria sobre els «forats negres» i a la teoria del «Big Bang». Els forats negres són masses estel·lars aixafades sobre si mateixes; són capaces només d'absorbir matèria, sense deixar sortir d'elles ni la més insignificant partícula de llum. Per això no són visibles i s'anomenen «forats negres». Es descobriren per l'absorció de matèria vinguda a la seva proximitat.

Per altra banda, en parlar del mite de Laplace, proposat per fer una pel·lícula descriptiva de la formació de l'Univers, no va reeixir amb els coneixements aconseguits en la seva època; ara, en canvi, Einstein incorpora, en la seva teoria de la relativitat, la teoria del «Big-Bang», la teoria inexistent de Laplace.

## El «Big-Bang»

El «Big-Bang», què té a veure amb l'estudi de la llum? Concisament aquesta teoria consisteix a exposar la formació de l'Univers a partir de l'explosió d'un àtom primitiu, que, en explotar violentament, va fer aparèixer amb la matèria la llum, que en expandir-se formà els astres amb tot el contingut que comporta l'Univers en què vivim.

L'autor d'aquesta teoria fou un individu de nom Georges Lemaître (1894-1966?), captintut com a home de Déu i home de ciència gairebé en la mateixa mesura. Havia servit com a oficial d'artilleria en l'exèrcit belga en la guerra de 1914-1918, amb molt de coratge; anà a la Universitat de Lovaina per estudiar matemàtiques i física; anà també al seminari a estudiar teologia i fou ordenat sacerdot en 1923, retornant a la ciència. Va treballar també en l'observatori de Harvard, assistint a les classes d'Edwin Hubble, ja molt prestigiós. Del braç del

celebèrrim Sir Arthur Eddington i amb contactes personals amb el mateix Einstein, emprengué l'estudi de la teoria de què estem parlant, el «Big-Bang». Com a premi rebé un obsequi que, segons dites, ni el Nobel l'iguala: fou designat com el «pare del Big-Bang».

El 1948, aquesta teoria rep un nou impuls incorporant-se a ella dos grans personatges més: George Gamow, un rus nacionalitzat nord-americà, i Ralph Alpher, que va fer aquesta predicció: «L'Univers està ple de radiació còsmica de fons com una relíquia del Big-Bang.» Bé, aquesta predicció fou confirmada l'any 1992 (24 abril) amb l'anunci de George Smoot que el satèl·lit Cobe, explorador del fons còsmic, havia detectat unes fluctuacions de temperatura en la radiació de fons. Michel Turner aclama la descoberta com el «Sant Grial de la Cosmologia».

Aquesta teoria ha rebut certament unes impulsions formidables que la fan digna de crèdit, però no sé si ens podem aventurar a donar-ho com un fet resolt, ja que es va veient que nostre Senyor permet que la ciència humana conegui la veritat, encara que amb molts anys d'estudi i una fornada d'homes valuosos en les ciències i, d'altra banda, altres homes que les contradueixen fins que a l'últim resplendeix la veritat.

Mentre estava escrivint això, en el mes d'agost de 1998, a la revista nord-americana *Sky and Telescope*, en el número del 5 d'agost de 1998, apareix un article amb el títol: «El futur de l'Univers», a cura de Fred C. Adams i Gregori Laughlin, en el qual, d'acord amb el títol, es fa una exposició de la teoria del Big-Bang.

## L'Univers obert

La línia completa del temps còsmic és igual a una història de l'Univers des del Big-Bang fins a la fi de l'«era fosca» en 170 potències de 10: la línia del temps còsmic; l'era inflacionista; l'era de la radiació (la llum); l'era de la formació estel·lar; l'era degenerativa i l'era dels forats negres, tornant a l'era fosca.

En resum: allò que Leverrier, el gran astrònom francès, no aconseguí amb la gravitació universal de Newton, ara la teoria del Big-Bang en n'ofereix detalladament tot el procés d'una manera força coherent. Amb això, no vull dir que ara hàgim arribat a tota la veritat, ja que encara espero més estudis i observacions, però jo creuria que s'acosta força a la realitat.

Les proves les tenim en les revistes especialitzades que les donen a conèixer força detalladament i, en algunes ocasions, també els periòdics se'n fan ressò.

Així hem arribat a saber que en la física nuclear s'ha arribat al límit de la desintegració de la matèria d'aquesta manera: la matèria està composta de sis tipus de quarks i sis de leptons. Les interaccions electromagnètiques, siguin dèbils o fortes, es verifiquen amb l'intercanvi d'unes altres partícules anomenades bosons intermediaris (*Investigación y Ciencia*, agost 1998, núm. 203). Un límit més aconseguit.

## **En el camp de l'Univers**

Els científics disposen d'un ventall fabulós de telescopis i satèl·lits artificials com no havien tingut mai. Per sort, la comunicació entre ells és àmplia i fluida i també difosa.

Pel que fa als telescopis, s'ha col·locat (i corregit quan ha estat necessari) el telescopi Hubble, que ha amplificat enormement la imatge de l'Univers en la visió general i en profunditat de la seva naturalesa.

## **El perquè del meu optimisme**

Fins fa poc temps, l'estudi de l'Univers havia de ser realitat des de la superfície de la Terra. El nostre planeta està recobert, per mantenir la correcta vida de l'home, d'una atmosfera expressa per fer-la viable. Però això que és favorable i fins i tot essencial per la nostra vida, a la pràctica és un destorb per a la visió real del cel.

L'enginy i la perícia humana han aconseguit transportar a aquest espai exterior de la Terra satèl·lits artificials i, com ja s'ha dit, el gran telescopi Hubble, que ha millorat i perfeccionat l'estudi de l'Univers. Citem, per exemple, que l'atmosfera afebleix en alguns casos la intensitat lluminosa dels estels; en altres, falseja la posició real d'estrelles, que en la pràctica s'ha de rectificar i es rectifica, perquè això és en detriment de la realitat, perquè si nosaltres observant la brillantor d'una estrella la classifiquem de tercera magnitud i en realitat és de primera, falsegem una realitat que cal corregir. Això entra plenament en el camp científic de la llum i, per tant, no ho podem menysprear.

Observant les estrelles, es veu que moltes d'elles, amb el decurs del temps, varien llur resplendor, seguint una corba que serveix per mesurar la distància a què està de nosaltres. Això ocorregué l'any 1912 a cura d'Henrietta Swan Leavitt, que descobrí que el ritme de variació de les estrelles del tipus de les Cefeides té relació amb la seva lluminositat total i absoluta. Aquesta relació entre la magnitud absoluta i l'aparent, permet deduir la distància existent entre l'estrella i nosaltres. Una valuosa aplicació de la lluminositat total de l'estrella i de la que nosaltres copsem. Per això interessa que la nostra atmosfera no afebleixi la llum vinguda de l'estrella, com en certes ocasions sol passar. Aquí podria objectar-se també que, en alguna ocasió, pot haver-hi entre l'estrella i nosaltres matèria obscura i pols interestel·lar, que també afebleixi la lluminositat de l'estrella.

## **El satèl·lit Hiparkus**

Aquest satèl·lit llançat a l'espai a finals de 1989 fou concebut per europeus, entre els quals també hi som nosaltres, a fi de poder calibrar des de l'espai, amb força més precisió, les posicions, moviments i magnituds aparents de moltes més estrelles i objectes celestes, per tal de fer-ne unes deduccions científiques amb més profunditat i precisió.

Aquest satèl·lit, des del començament, ha observat el cel, i la diferència amb les observacions des de la Terra, en dues direccions al mateix moment; la rotació



del satèl·lit permet també fer un recorregut observacional del conjunt de l'esfera celeste en 70 dies. Això implica un aplec de dades fabulosos per estudiar amb tota calma en els locals i centres d'investigació.

En el decurs de més de tres anys s'han pogut determinar les posicions relatives de cent divuit mil estrelles, amb una precisió d'una mil·lèsima de segon d'arc. El mateix s'ha de dir pel que fa a la brillantor o magnitud amb què les observem.

L'Hiparkus ha demostrat palesament que l'observació espacial és superior quantitativament i qualitativament a l'observació feta des de Terra en l'àmbit de l'astrometria. L'Agència Espacial Europea, vist l'èxit de l'Hiparkus, projecta un altre artefacte de nom GAIA (Global Astrometric Interferometer for Astrophysics) apuntant a un sol objectiu: determinar el valor de les distàncies i moviments propis de mil milions d'estrelles.

Per tal de completar aquesta exposició donarem algunes dades sobre distàncies d'estrelles obtingudes des de la Terra comparades amb les obtingudes amb l'Hiparkus.

Per deixar ben clar això, transcriurem algunes dades sobre la distància d'algunes estrelles determinades trigonomètricament i les noves dades deduïdes de l'esmentat estudi del satèl·lit Hiparkus.

La disposició és la següent: nom de l'estrella, distància en paral·laxi, distància en anys de llum i parsecs i seguidament els valors en l'actualitat.

Les distàncies de les estrelles a la Terra són tan grans que expressades en quilòmetres sobrepassen els 40 bilions i mig ben complets; és a dir, 40 i dotze zeros seguits, xifra difícil de manejar amb tants números, i s'ha optat per reduir-los a anys de llum. Així tenim que l'estrella més propera està posada a poc més de 4 anys de llum:

	Distàncies primitives			Distàncies Hiparkus		
	Paral·laxi	Anys Llum	Parsecs	Paral·laxi	Anys Llum	Parsecs
Pròxima Cent.	0" 76	4,29	1,32	0" 772	4,22	1,30
$\alpha$ Cent.	0" 751	4,34	1,33	0" 74	4,41	1,35
$\alpha$ Can Maior	0" 375	8,70	2,67	0" 379	8,61	2,64
$\delta$ Cygni	0" 3	10,87	3,33	0" 3136	10,40	3,19
$\alpha$ Aquil, Alt.	0" 198	16,47	5,05	0" 194	16,81	5,15
$\alpha$ Lyra, Vega	0" 123	26,52	8,13	0" 128	25,48	7,81
$\alpha$ Boots, Arct.	0" 09	36,24	11,11	0" 088	37,06	11,36
$\alpha$ Auriga, Cap.	0" 073	44,68	13,70	0" 076	42,92	13,16
Hyades	0" 0215	151,70	46,51	0" 0158	206,43	63,29
Pleyades	0" 0079	412,86	126,58	0" 00857	380,58	116,69
$\alpha$ Urs. Min.	0" 003	1087,19	333,33	0" 00756	431,42	132,28
Pesebre	0" 0062	526,06	161,29	0" 00564	578,29	177,30
$\alpha$ Pers, Mirf.	0" 00588	554,69	170,07	0" 00542	601,76	184,50
Gran N. Mag.	0" 0000652	50023,98	15337,42	0" 0000131	248974,33	76335,88
Neb.Androm.	0" 00000326	1000479,69	306748,47	0" 0000019731652	1652960,32	506799,94



I, per altra banda, l'angle obtingut per les visuals que comprèn el diàmetre de l'òrbita de la Terra, vista des de l'estrella és tan petit que és igual a 77,2 centèsimes de segon d'arc, i que de tan petit que és se'ns fa totalment invisible i llavors es recorre a fer la inversa de l'angle i en diuen un parsec (paral·laxi-segon) i llavors tenim que 1 dividit per  $0''772$  és igual a 1 parsec amb 30 centèsimes i, per tant, Pròxima Centauri està distant 4 anys de llum amb 22 i a 1 ps. 30 centèsimes, més reduït i senzill.

Un any de llum en números rodons és igual a 9,5 bilions de km i la distància que separa aquesta estrella de nosaltres expressada en km és igual a 40 bilions de km. Totalment incompreensible. Per contra, donar una distància de 4 anys de llum no és tan espantadís.

En concret, aquests enginys afinen i concreten cada vegada més les idees i els conceptes aconseguits estudiant l'Univers i en aquesta raó fonamento el meu optimisme, aportat a la ciència humana, en general, i concretament sobre l'estudi de la llum, aquesta llum eixida de la voluntat del creador: «*Fiat Lux*».

Per posar en clar el valor real sobre la determinació de la distància d'una estrella a la Terra, reproduïxo el resultat obtingut per l'alemany Frederic Guillem Bessel, qui l'any 1838 va determinar que la distància que separa de la Terra l'estrella 61 de la constel·lació del Cigne, de 5a magnitud, era equivalent a una paral·laxi de  $0''31$  d'arc. I el satèl·lit Hiparkus 150 anys després fa novament aquesta determinació. El resultat:

Bessel 61 Cygni Pi =  $0''31 = 3.23 \text{ pc} = 10.52 \text{ a. llum}$   
 Hiparkus 61 Cygni Pi =  $0''3135 = 3.19 \text{ pc} = 10.40 \text{ a. llum}$

Gran coincidència malgrat tant de temps.

Si aquest imperatiu el transportem a l'estat actual de la ciència còsmica, haurem de convenir que amb la creació de la matèria hi devia haver igualment l'existència de la radiació. Aquesta paraula també es pot traduir amb el nom d'«ones electromagnètiques». Les més conegudes són els raigs alfa i beta, els raigs x, els ultravioleta, els lluminosos (visibles), els infrarojos i les radiacions Hertzianes. Cadascuna d'aquestes es porta la seva tecnologia. Una de les més fàcils de percebre és la que es fa visible: per exemple, escalfant una tija de ferro, a mida que augmenta l'escalfor de la tija, arriba un moment que no es pot sostenir a la mà sense cremar-se; i si seguim augmentant la temperatura de la tija, es torna visiblement vermella.

Per tant, amb la frase «*Fiat Lux*» hi anava inclosa la radiació com la component més íntima i preciosa per la llum visible, essencial per a la visió humana.

De tota la sèrie de «llums» existents amb què més estem familiaritzats, l'elèctrica és la que utilitzem per aclarir les nostres llars a la vesprada i nit, si convé; i ens hi escalfem amb radiadors elèctrics. S'utilitza per obtenir aire condicionat; també serveix per al transport de passatgers sobre rails, ja sia pels túnels subterranis de les grans ciutats o entre poblacions allunyades entre si. També s'utilitza amb el telèfon normal, que funciona elèctricament i amb el qual ens posem en contacte i des de casa amb parents, amics, entitats, siguin on siguin; i també serveix per fer funcionar els aparells de televisió, etc.

Però el corrent elèctric normalment és transportat a través de cables metàl·lics que el distribueixen als usuaris, que n'han sol·licitat l'ús. Igualment també és generalment sabut que n' existeix una altra que s'expandeix en forma de radiació, i, per tant, sense fils. A primers de segle ho demostrà el físic Guglielmo Marconi, inventant la telegrafia sense fils.

És tot un camp amplíssim de mal copsar.

A poc a poc ens anem acostant a unes profunditats cada vegada més intrínseques sobre l'essència i la constitució de la llum.

### Què és, doncs, la llum?

És una vibració radiant electromagnètica que s'expandeix en totes direccions en forma ondulatoria i, per tant, subjecte a unes equacions fonamentals de la física. Aquestes equacions són formades per la longitud de la vibració, la freqüència vibratòria per segon i la velocitat en quilòmetres per segon. Aquesta velocitat que en números rodons és de tres-cents mil km/s, en principi és en línia recta, però en el transcurs de la marxa s'adapta a la curvatura del lloc on transita. S'ha trobat que, encara que no es faci visible als nostres ulls, en la seva entranya hi rau estotjada una petitíssima partícula de matèria, anomenada «fotó» o bé «quantum», i una altra porció d'energia que vol dir una potència o facultat de realitzar un treball. Tot això és fonamental i importatíssim, com anem a veure.

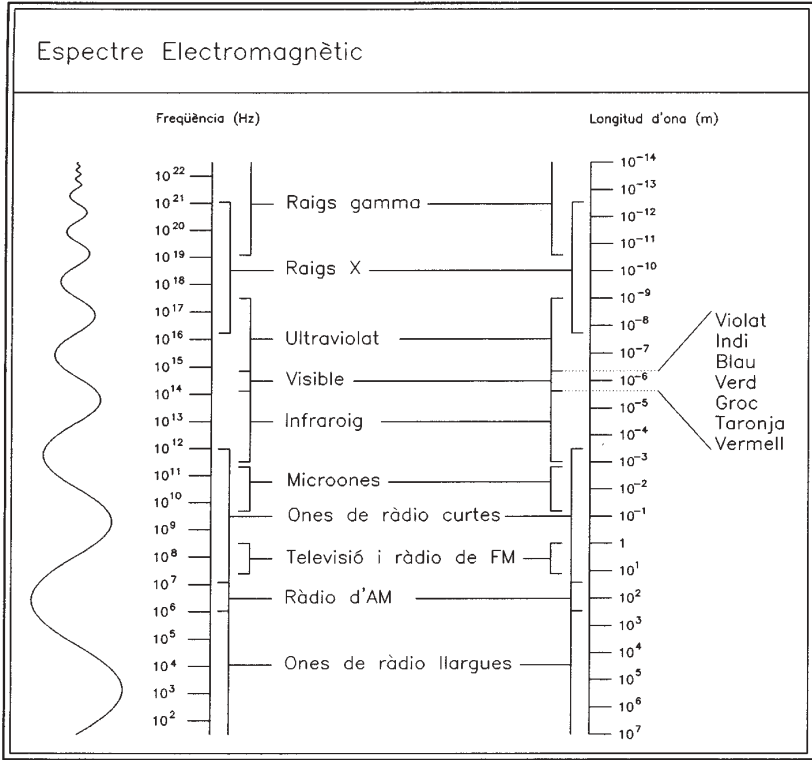
Arribats aquí podem preguntar-nos: no val la pena ni té valor investigar-ho? Seguim, doncs, endavant.

Com a contrapartida podem manifestar que en començar aquest paràgraf hem afirmat que la llum és una vibració electromagnètica que s'expandeix en totes direccions en forma ondulatoria anomenada «Espectre electromagnètic», eixit de l'imperatiu repetit oportunament «*Fiat Lux*» del creador de l'Univers. Aquest espectre electromagnètic té una amplitud extraordinària, conservant la seva essència en tota la seva extensió i variant només en cada situació la quantitat d'energia que transporta. Per tant, en funció d'aquesta energia, serà part d'un tipus de radiació electromagnètica ben concreta.

La màxima energia prové dels raigs gamma; segueix després la radiació X, la llum ultraviolada, la llum visible, la llum infraroja i les ones de ràdio. Expressat d'una manera diferent: les ones de ràdio i les infraroges ens donen la imatge d'un Univers fred; la llum visible, d'un Univers més calent i estable i tranquil; les radiacions més energètiques ens mostren un Univers molt violent i canviant.

Sortosament no arriba a la Terra tota aquesta radiació electromagnètica. Només arriba a nosaltres la llum visible, perquè la més energètica, que és nociva per a la vida, és absorbida per la nostra atmosfera.

Tot això és realment formidable. Com es realitza tota aquesta emissió vibratòria electromagnètica? Senzillament: en produir-se càrregues elèctriques accelerades.

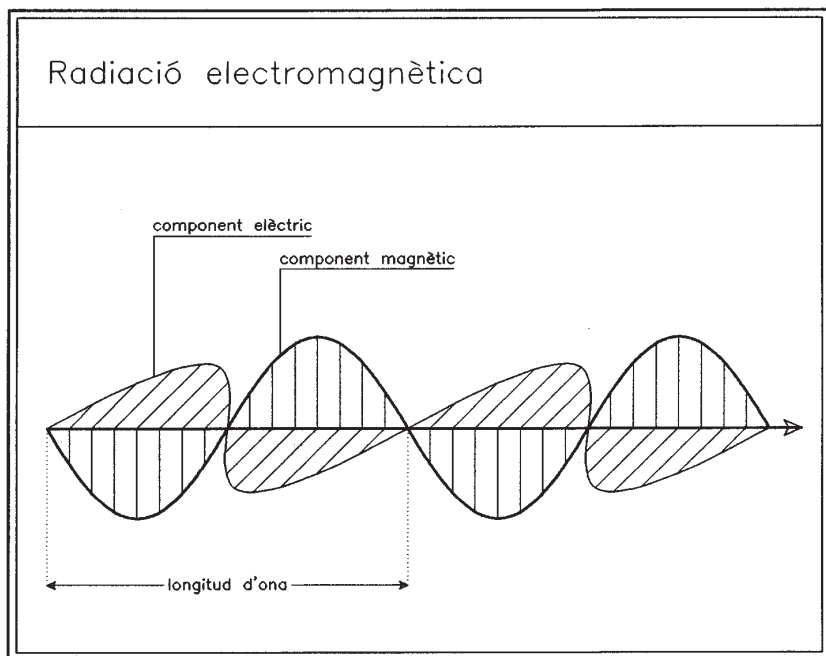


## Tipus de radiació

Qualsevol objecte, pel sol fet de posseir una determinada temperatura, emet radiació electromagnètica. D'aquesta radiació se'n diu radiació tèrmica. Un altre mecanisme per accelerar electrons són els camps magnètics. Si un electró està immers dins un camp magnètic es veu obligat a desplaçar-se en una trajectòria helicoïdal, contínuament accelerat i, per això, emet radiació electromagnètica i se'n diu radiació sincrotó. Un altre mecanisme és l'anomenat lliure-lliure: succeeix en passar un electró lliure prop d'un ió positiu: aquest últim desvia l'electró de la seva òrbita provocant una acceleració i, per tant, una emissió electromagnètica.

La llum ha col·laborat en profit de l'home, aplicant-la al seu cos amb variades manifestacions, com per exemple en el camp de raigs X: radiografies de les regions òssies, de pulmons, d'estómac i budells; en l'espectre de l'ultraviolat: l'helioteràpia, la mamografia per investigar la formació o existència d'un tumor maligne en aquesta regió; en l'electrocardiologia: explorant el funcionament o bombeig del cor. I, per aconseguir imatges del cervell o encefalogrames, es disposa de la ressonància magnètica, que permet obtenir imatges del cervell sense gens ni mica de perforació cranial. Cal afegir-hi la gran amplitud de tipus de llum coherent, o sigui làsers, amb diferents aplicacions. Segurament que n'hi ha d'altres que jo no sé.

És tot un programa ben grandios, el de l'aplicació de la llum, i val la pena de saber-ne l'existència pel favor que ens fa i per poder-ho agrair com cal.



## La fotosíntesi

En el conjunt i varietat de plantes que existeixen sobre la Terra, en totes i en cadascuna d'elles, s'hi troben cossos globulars o glòbuls anomenats «cloroplasts», de color verd, en els quals es realitza la fotosíntesi.

Els cloroplasts estan formats per molècules que contenen una substància anomenada clorofil·la, que vol dir: amant de la llum. La molècula de clorofil·la és una complexa organització d'àtoms de carboni, hidrogen, nitrogen i oxigen, distribuïts a l'entorn d'un àtom de magnesi. Associada amb aquests àtoms hi ha una nuvolada d'electrons en les seves òrbites amb càrregues negatives i alhora amb una situació de baixa energia.

Si un raig de llum topa amb una planta verda, un dels seus electrons pot absorbir una partícula d'energia lluminosa, un «fotó» o «quantum», i per tant, saltar a un nivell energètic més alt, i mentre està elevat produirà el seu efecte; en cas contrari, retornarà al seu estat primari de baixa energia.

Tots els processos vitals en la vegetació comencen amb aquest sistema, que no és altre que la fotosíntesi. Per aquest camí es produirà per bé nostre i per a la vida dels altres animals unes quantitats de milions de tones de substàncies alimentàries per a tots.

## Una mirada enrere

He sigut jove, però he envellit. Això em permet veure com en una pel·lícula tot el curs de la meua vida, comprovant fets, situacions determinades, agradables o no, traient-ne conseqüències d'ús personal. De tot plegat, ara, n'escullo una, perquè em va colpir especialment.

La cosa fou així. En la primera ocasió que vaig tenir de pujar a l'observatori del Sr. Pratdesaba, per a contemplar telescòpicament la Lluna, amb els seus formidables circs, valls i muntanyes, i després el gran planeta Júpiter i el meravellós Saturn, amb les seves anelles, fou la més gran i oportuna ocasió de començar a veure la grandesa que ofereix l'Univers en el qual estem immersos i, de passada, entreveure la grandesa de la creació, de l'omnipotència divina. Però l'impacte que això produí en el meu esperit, provocà en mi concretament una mica de complex de superioritat sobre els altres, per haver descobert la grandiositat i la magnificència de l'Univers, que els altres desconeixien, per no haver pogut pujar a l'observatori de Vic. Aquest efecte despertava en mi l'estímul en les converses amb altres companys de joventut de fer al·lusió d'aquesta descoberta i per deixar entreveure l'acció divina en la creació. Aquest tarannà seguí junyit força temps en el decurs de la meua vida, fins que un dia es va acabar.

Pel maig de l'any 1956 vingué a fer-me una entrevista el corresponçal de la publicació *Catalunya Cristiana*, amb la qual també sortí la corresponent exposició de la grandiositat de l'Univers plenament coordinada pel Creador. Resultat: el corresponçal encapçalà el seu article amb caràcters ben destacats que deien així: «Un capellà de Vic que observa el cel per apropar-se a Déu». No cal dir que això és una metàfora, perquè l'astronomia no té per finalitat l'estudi de Déu. És la teologia, la ciència que tracta de Déu. A més a més, tots els cristians tenen ben sabut que l'oració també porta a Déu, precisament perquè és una comunicació amb ell. El que no és tan sabut és que Déu, com a Creador i, per tant, omnipotent, és present en totes les coses creades i elles són presents en Déu, encara que sigui en la partícula més insignificant i petita de totes, el «neutrínó». Quant més no estarà Déu en l'home, si l'home és creat per anar a Déu! La intel·ligència preclara de sant Agustí ens diu que l'home és creat per Déu i el nostre cor està inquiet fins que pugui reposar en Déu.

Nostre Senyor Jesucrist, el Fill de Déu fet home, ens fa saber que Déu té tanta cura de nosaltres que no permet que caigui un sol cabell del nostre cap sense el seu consentiment. Per tant, Déu és present en nosaltres i nosaltres estem constantment a la seva presència. Els periodistes escriuen coses que alguna vegada no resulten ben clares a primera vista, igual com per exemple diem que tots els camins porten a Roma, i així d'alguna manera podem dir que l'astronomia porta a Déu, i llavors el periodista té raó.

No sé com ni l'època ni la forma en la qual vingué a les meves mans un exemplar de la revista *Ibérica*, del mes de juny de l'any 1917, en la qual, a la segona plana, hi ha una doble foto de l'observatori Pratdesaba, amb la descripció de tot el seu contingut instrumental, que, mitjançant la revista, es complau a oferir a tots els lectors indistintament, verament amants de les bel·leses del cel. I, per això, escriu: «*lo ofrezco a todos los verdaderos amantes de las bellezas del cielo. Y si la divisa que he mandado pintar en el friso de la rotonda, "Contemplant les bel·leses*

del cel es veu resplendir la infinita saviesa de Déu i l'esperit s'enlaira vers el Creador de tanta bellesa", [...] *habré realizado una obra de cultura y estaré satisfecho*».

Més clar i explícit no podia ser. Sorprès d'aquesta lectura descoberta en aquesta ignota ocasió vaig veure clar que la meua descoberta en la remota joventut no era tal. Quan jo hi anava, feia anys que l'espavilat mestre n'era retornat.

Naturalment que això no té res a veure amb l'exposició feta sobre la llum. Però és cert que per a mi fou una gran llanternada que em féu veure a plena llum meridiana el meu error. I, per això, vaig dir-me amb tota senzillesa: «Que poca cosa som!».

### **Per últim una mirada de cara al futur**

Partint de la tan esmentada frase bíblica del «*Fiat Lux*», hem fet a poc a poc una exposició del que és essencial per a la visió humana sobre la Terra, i en diem llum. És evident la grandiositat i prepotència d'aquesta llum, sense la qual la vida sobre aquest nostre planeta seria summament apagada i trista. No és inútil tot l'estudi fet per esbrinar com és la seva entranya i algunes de les seves aplicacions profitoses per a la nostra vida, fent-la més agradable i planera.

Però tot i essent tan gran i tan apreciable, Déu en la seva omnipotència no pot enganyar-se ni enganyar-nos. Jesucrist, Fill de Déu fet home, va afirmar moltes vegades que ell era llum i camí i vida. Per tant, si ell, com a Fill de Déu que és, feia aquesta afirmació, és que sabia que en la seva intimitat estava immers en la llum eterna, increada com ell. En el seu moment ho va demostrar.

Per tant, d'ell vingué el repetit «*Fiat Lux*» de la llumenera radicalment distinta de la llum eterna referida a la llatínada d'aquells recordatoris necrològics que deien: «Que la llum eterna brilli damunt d'ells» Si ell és llum, se segueix que viu embolcallat de llum. No crec possible poder trobar una cosa millor i superior a la llum divina i eterna.

Per això mateix, si la llum natural, eixida del manament diví, com hem exposat, és tan immensament invisible, impalpable, tan subtil i poderosa, com es veu en la fotosíntesi, principi dels processos vitals de la naturalesa, que transforma la matèria inanimada en matèria viva; en la diversitat de matisos amb què la coneixem i utilitzem en la nostra vida actual; i també té aplicacions en el camp de la medicina: helioteràpia, raigs X, ressonància magnètica per obtenir imatges del cervell humà; i les variades aplicacions de les radiacions làser, què no podrem pensar i dir de la llum divina i eterna en la seva existència i potència?

Sense recórrer per explicar-ho amb textos bíblics que són molts i concrets, per confirmar-ho, asseguts a casa nostra raonadament podem deduir, en primer lloc, que aquesta llum divina és eterna com el mateix Déu, ja que Déu també és llum. És com si la llum fos l'habita·cle o casa de Déu. Aquí podríem dir com sant Tomàs d'Aquino, que no disposem de vocables o paraules adients per expressar idees o frases relatives a temes com aquests.

En realitat, però, ha de tractar-se d'alguna llum immensament superior, en tots els aspectes, a la llum creada per a fer visible el món on vivim.

Indubtablement, aquesta llum divina ha de posseir un poder especial adaptable a l'ànima humana que, en sortir de l'home, al moment es presenta a Déu que judica la vida que ha portat sobre la terra.

Quan Jesús, en morir, des de la creu diu al bon lladre: «Avui estaràs amb mi al Paradís», l'emplaça al judici diví i, per tant, a trobar-se cara a cara amb el seu Creador. Jesús que havia afirmat que venia a cridar no els justos, sinó els pecadors, a aquest pecador, que segurament no era un individu culte i lletrat, sinó un de tants, li devia atorgar alguna gràcia particular per preparar-lo per aquesta trobada, no sols per veure Déu cara a cara, sinó per gaudir-ne sempre més.

Hem de convenir que aquest és un raonament no teològic, sinó casolà, no superior a l'home, però acceptable per introduir-se en aquest tema, no massa conegut.

Pot ajudar igualment a la comprensió d'això mateix el record de la visió de Jesús gloriós, qui després d'haver manifestat als seus apòstols la necessitat ineludible de la seva mort en creu, féu d'ell mateix una espectacular manifestació gloriosa més clara i resplendent que el Sol, amb un blanquíssim vestit, que cap tintorer hauria pogut oferir, en companyia dels apòstols Pere, Jaume i Joan, al cim de la muntanya del Tabor. Jesús estava acompanyat de Moisès i Elies, que parlaven de la passió de Jesús. Ni Pere ni els dos germans estaven espantats, sinó al contrari, Pere satisfet i entusiasmat digué: «Senyor, que bé estem aquí; fem-hi tres cabanes: una per a Vós, una altra per Moisès i l'altra per Elies.» Seguidament sentiren una veu celestial que els deia: «Aquest és el meu Fill, l'estimat, escolteu-lo.» I desaparegué la bellíssima visió.

El Senyor es deixa veure per l'home en la mesura de la qual és capaç, d'acord amb aquesta grandiosa i magnífica aparició. Sense temor, esperem-la, confiats en l'omnipotència divina, perquè se'ns donarà d'acord amb la nostra capacitat. Llavors cal que nosaltres ens espavilem per augmentar aquesta capacitat, que va totalment lligada amb la mesura amb la qual hàgim estimat Déu i els nostres germans en aquest món.

Sembla que val la pena pensar un xic en aquest tema, ara que vivim en aquest món, gaudint de tota la llibertat per acceptar-ho o no, mentre estem supeditats a la rotació de la Terra, que és igual a això que en diem el temps. Entretant, a l'eternitat, després de la mort i no havent-hi temps, no hi haurà lloc a rectificació. Si ens prevenim ara, podem raonadament esperar i confiar la nostra plena immersió en aquesta llum eterna i increada, en la qual hi està plenament immers el nostre Déu, tres voltes sant.