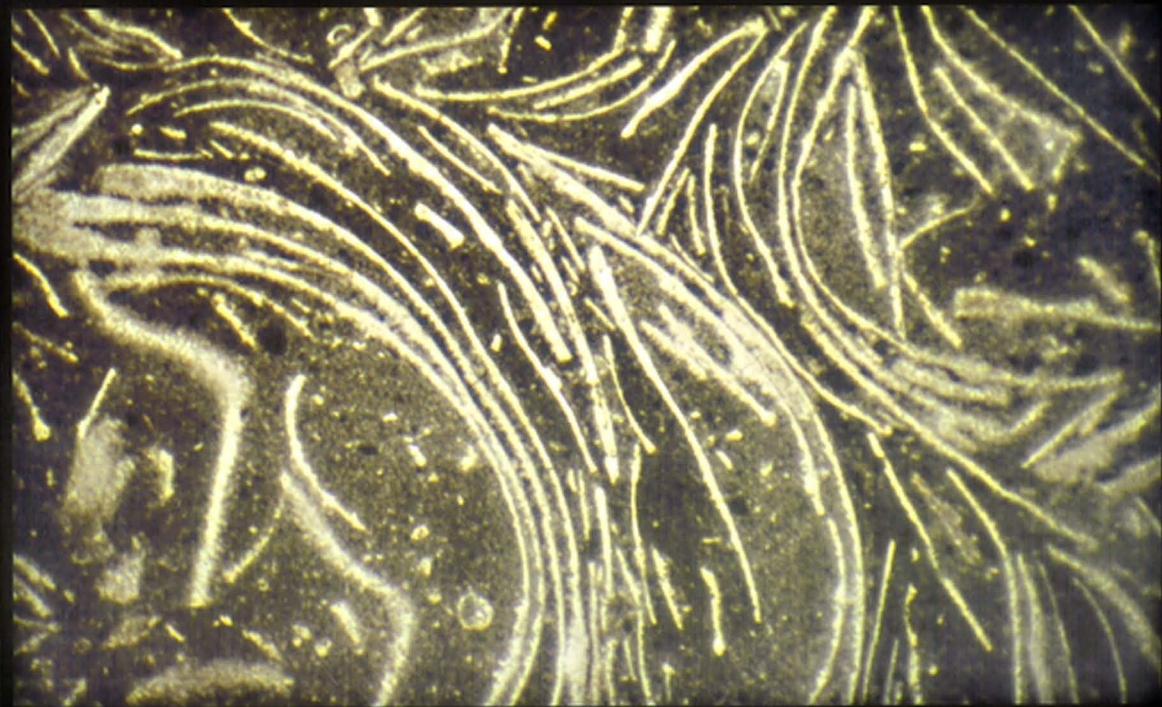


QUADERNS DE SIGJORN 4

Revista d'estudis comarcals del sud del País Valencià

ASSOCIACIÓ CÍVICA PER LA NORMALITZACIÓ DEL VALENCIÀ • ALACANT



ciència al sud valencià

Q UADERNS 4
M DE
IGJORN

Revista d'estudis comarcals del sud del País Valencià

ASSOCIACIÓ CÍVICA PER LA NORMALITZACIÓ DEL VALENCIÀ • ALACANT

**COORDINADORS DEL MONOGRÀFIC
“CIÈNCIA AL SUD VALENCIÀ”**

Rafael Garcia Molina
Daniel Climent i Giner

CONSELL DE REDACCIÓ

Josep Maria Baldaquí Escandell
Daniel Climent i Giner
Rafael Garcia Molina
Maria Dolors Jordà Pérez
Enric Pellín i Català
Rafael Requena Díez

DISSENY GRÀFIC

Rafael Requena Díez

IL·LUSTRACIÓ DE LA PORTADA: Detall amb components texturals del marbre comercial “Roig Alacant”, de la cantera del Coto de Cavarrasa. Microfotografia realitzada per M.^a Ángeles García del Cura, al Laboratori de Petrologia Aplicada de la Universitat d’Alacant.

QUADERNS DE MIGJORN
núm. 4 (1998-2002)

EDITA:

Associació Cívica per la Normalització del Valencià

C/. Alemanya, 10 - entresòl

03003 Alacant

Telèfon: 965 923145

Adreça electrònica: lacivica@fev.org

Web: www.fev.org/lacivica

AMB LA COL·LABORACIÓ DE:

Universitat d'Alacant

Caixa d'Estalvis del Mediterrani - CAM

I.S.B.N.: 84-607-3833-7

Dipòsit Legal: A-201-2003

Fotocomposició, fotomecànica i impressió: Such Serra, S.A.L. Alacant.

Presentació

Quaderns de Migjorn ha publicat, fins ara, treballs relacionats amb diverses facetes de la nostra cultura (filologia, història, folklore, tradicions...), tant en llibres de contingut “miscel·lànic” –els dos primers volums– com en forma de monogràfic –el tercer. Malgrat la presència d’articles de temàtica científica, la proporció no reflectia el pes social i investigador que les ciències tenen hui en dia (tant les fisicoquímiques i naturals, com les socials i humanes).

Així doncs, pensant en oferir a la societat alacantina alguns treballs sobre temàtica científica relacionada amb les nostres terres, tant des d’un punt de vista diacrònic com actual, vam contactar amb possibles col·laboradors, explicant-los el projecte de preparar un volum de *Quaderns de Migjorn* dedicat de forma monogràfica a tractar diversos aspectes de la ciència. Així va sorgir el llibre que ara teniu a les mans.

Certament no tots pogueren respondre al nostre requeriment (per causes diverses) i també és segur que no vam proposar participar-hi a totes les persones que, potser, tindrien alguna cosa interessant que aportar-hi. A les primeres els donem les gràcies i a les segones els demanem excuses, confiant alhora en poder comptar amb la seua col·laboració per a properes iniciatives com la present.

La resposta va ser molt satisfactòria, no tan sols per la qualitat dels treballs, sinó perquè el material que ens proporcionaven cobria un ventall ben ampli de temes (biologia, medicina, astronomia, física...), d’èpoques (des de l’edat mitjana fins als nostres dies), d’enfocaments (divulgació, investigació, documentació...) i de llocs (pràcticament tot el sud del País Valencià).

Tot i això, perquè no sembla que tot va ser tant senzill com arregar els textos, lligar-los i dur-los a la impremta, cal deixar constància del llarg i esforçat procés d’elaboració de tot aquest material, organitzant fitxers, localitzant il·lustracions, traduint alguns articles, proposant adequacions d’estil i d’extensió als autors per tal que el conjunt mantinguera certa unitat dins la diversitat, tractant d’aconseguir finançament, etc. Des que ens embarcàrem en aquest projecte (a finals de 1999) han bufat vents a favor, en contra i, per fi, una altra vegada a favor; això ha fet que s’haja retardat més del que és desitjable la seua conclusió, per la qual cosa donem les gràcies als que ens ha recolzat fins al final i demanem disculpes a aquells que pacientment han sabut esperar.

Després d’aquest preàmbul, és hora de parlar dels resultats. Amb *Quaderns de Migjorn 4. Ciència al sud valencià* podem fer un recorregut que ens durà des de la temàtica mèdica fins a les observacions astronòmiques, passant per altres de caire botànic, farmacològic, geològic, químic, ictionímic, ornitològic, o de temàtica museística, formativa, recreativa i un llarg etcètera, fins a configurar un mosaic divers en continguts, localitzacions i temps. També s’ha procurat que hi haguera

articles que enfocaren l'activitat científica des de diferents angles: històric, epistemològic, filosòfic, documental, divulgatiu, investigador, sociològic...

Tota eixa diversitat, però, no ha quedat en mera acumulació, sinó que apareix lligada gràcies a relacions de diferent índole entre els articles. Els hi ha plenament relacionats pel nucli referencial, com és el cas dels que giren al voltant de l'aigua, tant des d'un punt de vista històric com fisicoquímic, mèdic i ambiental. En altres casos, són determinats personatges els que fan de pont entre diversos articles, com ara els casos de Landerer, Soler Sánchez, Jordi Juan, etc. I fins i tot hi apareixen articles vinculats a través de l'anàlisi o descripció de determinats instruments, com els que figuren als llibres de física recreativa i al fons museístic de l'Institut «Jorge Juan», d'Alacant.

Pel que fa als autors que han participat en aquest número monogràfic, cal dir que treballen en temes relacionats estrictament amb la ciència o amb el seu ensenyament (com poden ser professors de física, química, biologia, matemàtiques, medicina, etc.) i en diversos nivells educatius (ensenyament secundari i universitari). Però també hem tingut la satisfacció de comptar amb contribucions d'autors la professió dels quals no està directament relacionada amb la ciència, com són documentalistes, filòsofs, guàrdies forestals, filòlegs..., i tots ells ens han mostrat que de ciència pot parlar-se des de punts de vista ben diversos i força interessants.

En l'apartat dels agraïments hem de començar per les nostres famílies, que ens han encoratjat durant la tasca de coordinar aquest monogràfic. A més a més, volem donar les gràcies a Mikel Forcada (per facilitar-nos l'ús del traductor automàtic desenvolupat al Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics de la Universitat d'Alacant), a Mariló Jordà i Enric Pellín (per les revisions d'alguns textos) i a Rafael Requena, pel disseny de la portada. Volem agrair molt especialment el suport econòmic del Secretariat de Promoció del Valencià (Vicerectorat d'Estudis i Innovació Educativa – Universitat d'Alacant), amb Josep Forcadell al capdavant, i de la Caixa d'Estalvis del Mediterrani (CAM). També cal esmentar als responsales de Cultura dels ajuntaments d'Alacant (Pedro Romero Ponce), de Mutxamel (Ferran Gosàlbez), Sant Joan (Marisol Moreno), Sant Vicent del Raspeig (José Vicente Alavé Velasco) i Xixona (Josep Arques), que recolzaren inicialment la nostra tasca, encara que, per raons diverses (fonamentalment, l'endarreriment de la publicació) les ajudes econòmiques previstes no han arribat a materialitzar-se.

Si abans d'embarcar-nos en aquest projecte pensàvem que valia la pena, després de tenir enllestit aquest monogràfic sobre ciència al sud del País Valencià creiem que el llibre constituirà una lectura molt interessant per a tots aquells encuriotsos per les manifestacions científiques que tinguen com a eix vertebrador el sud del nostre país; així mateix, estem convençuts que també serà un material de referència per a estudiosos i lletraferits. Si s'acompleix alguna d'aquestes expectatives, ens donarem per satisfets.

Rafael Garcia Molina - Daniel Climent i Giner
(Coordinadors d'aquest monogràfic)

Un gabinet de física a cavall entre dos segles: els instruments antics de física de l'Institut «Jorge Juan» d'Alacant

Rafael Garcia Molina, Luis Antonio Villada Lobete

1. Introducció

L'Institut «Jorge Juan» d'Alacant és el centre d'ensenyament secundari més antic de la província d'Alacant, i un dels més antics d'Espanya. A la figura 1 apareix una reproducció del *Boletín Oficial de la Provincia de Alicante* del 14 d'agost de 1845, en què s'anuncia “la creacion y organizacion de un Instituto de segunda enseñanza en esa capital, que comenzará á regir desde el prócsimo curso”.

Aquell centre d'ensenyament va instal·lar-se primerament a l'edifici de l'Assegurada,¹ al carrer de la Vilavella. Al curs 1893 va traslladar-se a un casalot que estava on ara hi ha un edifici que fa cantó entre el carrer Reis Catòlics² i el carrer Alemanya. Posteriorment, des del curs 1954-55 l'Institut³ va començar a funcionar a la vessant sud del Tossal i, a proposta del seu claustre de professors, en el mes de febrer de 1960 l'Institut rebé el nom de «Jorge Juan», amb el qual és conegut des d'aleshores.⁴

El número d'universitats en el segle XIX era més bé reduït i l'ensenyament secundari no era obligatori. Això fa que els instituts d'ensenyament mitjà constituïren uns centres de ciència i de cultura molt destacats per al seu entorn social, amb uns nivells d'exigència i prestigi molt superiors als actuals. De fet, estaven concebuts, fonamentalment, per a atendre les necessitats educatives de les classes acomodades. Aquest estatus dels instituts es manté pràcticament fins a mitjans del segle XX, quan creix la demanda d'ensenyament secundari, canvia la metodologia docent i augmenta el número d'universitats. Així, doncs, és fàcil comprendre que durant més d'un segle l'Institut haja sigut un referent de primer ordre en l'àmbit cultural i educatiu de molts alacantins.

1. En l'actualitat, aquest edifici és museu municipal d'art.
2. Antigament, carrer Ramales.
3. A partir d'ara, quan escrivim simplement l'Institut, amb l'inicial en majúscula, estem referint-nos a l'Institut «Jorge Juan».
4. Els lectors interessats poden documentar-se sobre Jordi Juan i Santacília llegint en aquest volum els articles “Aspectes de l'activitat científica valenciana en el segle XVIII en relació amb les ciències físicomatemàtiques”, de V. Navarro Brotons, i “Científics valencians”, de J. Solbes.

(Segunda época.)
Núm. 184.

Jueves 14 de Agosto de 1845.

8 cuartos.

Se suscribe á este periódico, que sale los martes, jueves y sábados, y consta cada núm.^o de un pliego de impresiou, en casa de D. Antonio Pacheco, calle de San José, núm.^o 31, barrio de Sta. Cruz, y en la imprenta de este Boletín, á seis rs. de vn. al mes, puesto en casa de los señores suscritores.



Se admiten suscripciones para fuera de esta capital á nueve rs. de vn. mensuales, franco de porte. Los artículos y avisos no oficiales se recibirán en la Imprenta de este periódico. Los que nos sean remitidos de fuera, habrán de venir francos de porte.

BOLETIN OFICIAL DE LA PROVINCIA DE ALICANTE.

Circular número 338.

Sección de instruccion pública.

El Excmo. Sr. Ministro de la Gobernacion de la Peninsula con fecha 5 del actual me ha dirigido la real órden siguiente:

«S. M. ha tenido á bien aprobar la creacion y organizacion de un Instituto de segunda enseñanza en esa capital, que comenzará á regir desde el próximo curso, bajo las bases siguientes:

1.^o El Instituto provincial de Alicante abrazará las cátedras que á continuacion se expresan, con los profesores y sueldos anuales que igualmente se designan, en la forma siguiente:—Dos cátedras de lenguas latina y castellana y elementos de literatura: dos profesores con cuatro mil reales anuales el uno y cinco mil el otro; el mayor de estos sueldos se adjudicará al que, ademas de su cátedra, enseñe literatura.—Dos cátedras de matemáticas y dibujo lineal: dos profesores con cinco mil y quinientos reales el uno y siete mil el otro: el mayor sueldo se adjudicará al que, ademas de su cátedra, desempeñe el dibujo lineal.—Una cátedra de física experimental y elementos de química: un profesor con seis mil reales.—Otra de elementos de historia natural: un profesor con seis mil reales.—Otra de historia, moral y religion: un profesor con seis mil reales.—Otra de geografía é historia especialmente con relacion á España: un profesor con seis mil reales.

2.^o Habrá un Conserje encargado del edificio y efectos que en él se contengan, con la dotacion anual de tres mil reales. Y ademas un portero, encargado de la custodia y asco del edificio, con el señalamiento anual de dos mil reales. Uno y otro habitarán el edificio.

3.^o Uno de los catedráticos desempeñará las funciones de director, con el aumento de dos mil reales anuos sobre el sueldo de su cátedra y habitacion en el instituto.

4.^o Otro profesor desempeñará las funciones de secretario del establecimiento, con las obviaciones necesas á este cargo.

5.^o Los fondos del instituto se compondrán: 1.^o De cuarenta y tres mil reales, incluidos ya para ese objeto en el presupuesto provincial de Alicante. 2.^o De tres mil y trescientos reales que el ayuntamiento de dicha capital satisface á un catedrático de latinidad que desde luego queda agregado al Instituto. 3.^o Del importe de los derechos que han de satisfacer los alumnos por razon de matriculas.

de latinidad que fueren vacando en los pueblos de dicha provincia que no fueren cabeza de partido. 5.^o De las rentas procedentes de fundaciones, memorias y obras pias destinadas á la enseñanza que existan en la provincia.

6.^o Para inspeccionar la inversion de dichos fondos, procurar su aumento y vigilar el instituto, se formará una junta con el título de Inspectora, compuesta del Gefe político de la provincia, presidente: un individuo de la Diputacion provincial, otro del ayuntamiento de Alicante; y dos vecinos de la misma ciudad de conocida ilustracion y arraigo á eleccion de dicho Gefe político.

7.^o Esta Junta, en calidad de inspectora, podrá denunciar al Gobierno cualquier abuso ó desorden ya en el órden literario, ya en el económico, que advirtiere en el instituto.

8.^o Deberá ademas revisar las cuentas que por semestres habrá de rendir el secretario del establecimiento, y formada la general del año con el V.^o B.^o del director del mismo, la remitirá la junta al Gobierno para su aprobacion, acompañada de las observaciones que puedan conducir al mejor sistema económico del instituto.

9.^o Constituida que sea la Junta, procederá inmediatamente á la adquisicion de máquinas, aparatos é instrumentos mas precisos para dar principio á la enseñanza en el próximo curso.

10.^o Para el cumplimiento de lo dispuesto en la base anterior, se destina la suma á que ascienda el presupuesto del instituto incluido en el provincial, desde su inclusion hasta el dia en que se abran las enseñanzas.

11.^o Dicha junta cuidará muy particularmente de agregar al instituto las rentas de las fundaciones, memorias, obras pias y cátedras de latinidad que vacaren en la provincia, al tenor de lo prevenido en los párrafos 4.^o y 5.^o de la 5.^a base.

12.^o Las cátedras del instituto se proveerán interinamente por el Gobierno en la forma acostumbrada.—De real órden lo comunico á V. S. para su inteligencia y cumplimiento.

Lo que he dispuesto se inserte en este periódico oficial para la debida publicidad. Alicante 13 de agosto de 1845.—José Rafael Guerra.

Figura 1. Decret fundacional de l'Institut d'Alacant. Aquest decret té data del 5 d'agost de 1845 i va ser publicat en el Boletín Oficial de la Provincia de Alicante del dia 14 del mateix mes.

Com que el propòsit d'aquest treball no és analitzar el sistema educatiu espanyol, aquelles persones que vulguen fer-se una idea de com era l'educació secundària en Espanya durant l'època a què fa referència aquest article poden consultar els treballs de Viñao [1982] i Sanz Díaz [1985]; del cas del País Valencià s'ocupa Martínez Bonafé [1985]. La incorporació de la física a l'ensenyament mitjà espanyol durant el segle XIX està tractat àmpliament al llibre de Moreno González [1989].

2. Instruments antics de física

L'any 1995 van celebrar-se a Alacant tot un seguit d'actes per tal de commemorar el 150 aniversari de la fundació del centre d'ensenyament que va ser l'origen de l'actual Institut «Jorge Juan». Aquestes celebracions culminaren amb l'organització d'una exposició el 1996, on es donà a conèixer a la societat alacantina una part dels fons documentals i materials que alberga aquest centre. Com a testimoni d'aquella exposició, també va enregistrar-se un vídeo (figura 2) les imatges del qual mostren alguns detalls del material que s'hi va exposar;⁵ la major part d'aquest vídeo està dedicada a exhibir el funcionament d'alguns dels instruments que hi havia a l'antic gabinet de física de l'Institut «Jorge Juan».

Degut a les dates en què es va celebrar (del 7 de juny a l'1 de juliol), l'exposició no tingué un ressò com haguera calgut, ja que va estar pràcticament reduïda al món acadèmic o a alguns pocs curiosos. Això no propicià que els interessantíssims i valuosos materials que hi ha dins de l'Institut siguen suficientment coneguts per la societat alacantina. La confecció d'un catàleg podria haver pal·liat aquella falta de projecció i hauria ajudat a perpetuar en la memòria col·lectiva aquell esdeveniment. De fet, celebracions similars dutes a terme en altres ciutats van propiciar l'aparició de llibres [Jiménez Madrid 1987] i catàlegs [AA.VV. 1987] que tenen un indubtable interès com a material de referència bibliogràfica.

Al llarg de la seua dilatada existència, per les aules de l'Institut «Jorge Juan» d'Alacant han passat milers d'estudiants. Però al mateix temps, les parets d'aquest centre també han allotjat una gran varietat de documents i materials propis de l'activitat docent. En concret, l'Institut conserva una excel·lent col·lecció d'instruments amb els quals s'ensenyà física durant els últims anys del segle XIX i primers del XX. Malgrat el temps transcorregut des de la seua construcció, de l'ús al qual van estar sotmesos, dels diferents trasllats de la seu de l'Institut i d'una guerra civil, gran part d'aquests instruments es troben en un estat de conservació acceptable, la qual cosa fa factible la seua adequada restauració i catalogació. Tot i això, el pas del temps i les condicions d'emmagatzematge fan que aquests aparells vagin deteriorant-se de mica en mica. Però encara s'està a temps d'una actuació decidida, encaminada a evitar-ne el deteriorament i a possibilitar la seua exhibició en condicions dignes. Això

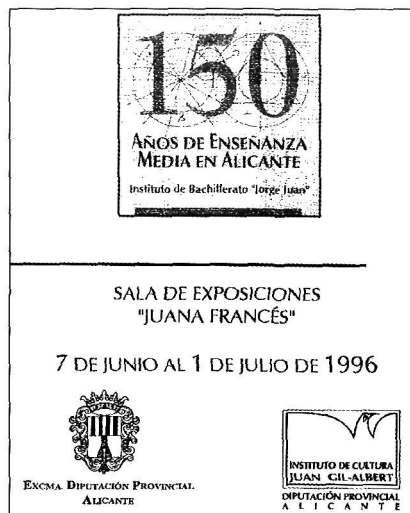


Figura 2. Portada del vídeo corresponent a l'exposició *150 años de enseñanza media en Alicante. Instituto de Bachillerato «Jorge Juan»*, realitzada a Alacant del 7 de juny a l'1 de juliol de 1996.

5. Aquest vídeo el va enregistrar i distribuir el Departament d'Imatge de la Diputació d'Alacant.

faria que aquesta col·lecció d'instruments de física pugua ser admirada per una gran quantitat de gent: curiosos, amants del seu passat, estudiosos, etc.

L'interès que tenen els instruments científics antics, tant per a la societat en general, com per als erudits, ha estat tractat àmpliament [de Carvalho 1978, L'Estrange Turner 1983, de Clercq 1986, Anderson *et al.* 1993]. Cal destacar-ne els valors científics, tecnològics, didàctics i, fins i tot, estètics, els quals ajuden a conèixer millor la societat que els va veure nàixer.⁶ Així doncs, en aquest article ens limitarem a donar a conèixer al públic la col·lecció d'aparells de física que s'allotja entre les parets de l'Institut «Jorge Juan», la qual seria l'enveja⁷ de més d'alguna institució museística de relleu internacional. Sobre el possible ús didàctic que en l'actualitat podrien tenir alguns d'aquests instruments, pot llegir-se l'article que hem publicat recentment [Garcia Molina i Villada Lobete 2000].

3. Relació d'instruments de física

La relació dels instruments de l'antic Gabinet de Física de l'Institut «Jorge Juan» d'Alacant no pretén ser completa, ja que una descripció exhaustiva requeriria molt més espai (un catàleg-inventari, probablement) i perquè encara falten alguns aparells per recuperar-ne.

En allò que s'segueix, presentarem una breu ressenya d'una selecció dels instruments, on s'explica la seua utilitat i el seu funcionament (evitant entrar en detalls excessivament tècnics). Cada aparell ve acompanyat de la fotografia corresponent i una il·lustració (que, si és possible, en mostra l'ús) tal com apareixia en els llibres de física de finals del segle XIX o principis del XX; d'aquesta manera pot apreciar-se fàcilment la seua constitució, sense necessitat d'entrar en una descripció detallada. Cal notar que els dibuixos són molt semblants (en alguns casos, idèntics) en la majoria dels llibres que hem tingut l'ocasió de consultar, una mostra dels quals apareix en la bibliografia d'aquest article. També és interessant ressaltar la gran similitud entre cada aparell de física i el dibuix corresponent, inclosos els detalls aparentment més insignificants, la qual cosa ens fa pensar en la meticulositat dels fabricants i dels il·lustradors de l'època.

Alguns dels textos de física que hem consultat van ser escrits per professors del propi Institut.⁸ Entre aquests texts *locals* cal esmentar *Resumen de un curso de elementos de Física Experimental y nociones de Química* (Sevilla, 1886), de Basilio Márquez Chaparro, y *Curso elemental de Física* (Alacant, 1886), de José Soler y Sánchez.⁹

Malauradament, a hores d'ara no disposem d'informació suficient per tal de conèixer la data de fabricació o adquisició de cada aparell, així com el seu preu, encara que és possible que una recer-

6. En l'article de Javier Moscoso titulat "Instruments, valors i inscripcions. Un viatge per l'experiència, la demostració i el consum", que també apareix en aquest volum, trobareu una interessant reflexió filosòfica sobre la importància dels instruments de física en relació amb la societat del seu temps.

7. Enveja sana, ¡és clar!

8. El costum d'escriure llibres de text pels mateixos professors de les assignatures va ser un hàbit molt estés a finals del segle XIX i principis del XX. Encara que ara ja no és tan habitual, aquesta pràctica ha perdurat fins els nostres dies; de fet, uns dels autors d'aquest article (RGM) encara conserva alguns dels llibres usats quan estudiava el batxillerat a l'Institut «Jorge Juan», escrits pels seus professors (com els de matemàtiques, per Salvador Segura, o ciències naturals, per Abelardo Rigual) i els imprimien editorials valencianes (Marfil -d'Alcoi- o Ecir -de València-).

Des d'aquestes pàgines apuntem l'interès que tindria l'elaboració d'un estudi sobre els llibres de text (no sols de física, sinó de matèries diverses) escrits per autors de les terres del sud del País Valencià, alhora que també seria molt interessant analitzar la producció de textos escolars editats en tot el territori valencià.

9. A l'article "José Soler Sánchez i altres hòmens de ciència alacantins", d'aquest mateix volum, podreu trobar més informació sobre els llibres esmentats, els seus autors i altres personatges alacantins relacionats (d'una manera o altra) amb la ciència.

ca exhaustiva dins dels arxius de l'Institut proporcionaria documents que ajudarien a determinar aquestes (i altres) dades.

A continuació presentem la relació dels instruments de física de l'Institut «Jorge Juan» que hem catalogat parcialment. L'agrupació que presentem correspon aproximadament a l'organització temàtica habitual dels llibres de física de l'època en què s'usaven els instruments, encara que en alguns casos hi ha aparells que poden tenir aplicacions diverses i podrien classificar-se dins de més d'una àrea de la física. Cada instrument està designat per la denominació amb que apareix més habitualment en els llibres de l'època, encara que també és possible trobar-ne denominacions alternatives.

3.1. Mecànica

El **tub de Newton** (o **tub de greus**) és un tub llarg de vidre, en l'interior del qual es poden col·locar objectes ben diferents (tals com un paper, un suro, una ploma, una pedreta...), i amb ell es demostra que, en absència d'aire, la velocitat de caiguda dels cossos només depèn de la seua altura, i no de la seua massa o forma (figura 3).

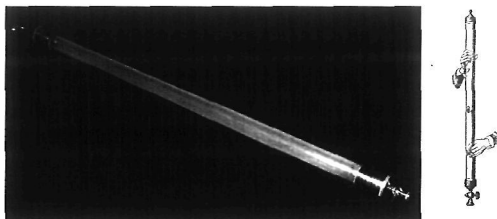


Figura 3. Tub de Newton.

Quan els líquids cauen en l'aire es disgreguen en gotetes, però això no passa en el buit, on cauen en forma compacta (perquè no hi ha fricció amb l'aire). Això es posa de manifest amb el **martell d'aigua** (figura 4), que és un tub de vidre d'on s'ha extret l'aire i que conté aigua. Si se sacseja bruscament el tub, de manera que l'aigua caiga ràpidament des de l'extrem esfèric fins a l'altre extrem del tub, se sent un soroll sec, com si una massa compacta colpejara la paret de vidre, perquè tota l'aigua ha caigut al mateix temps, sense desfer-se en gotetes.

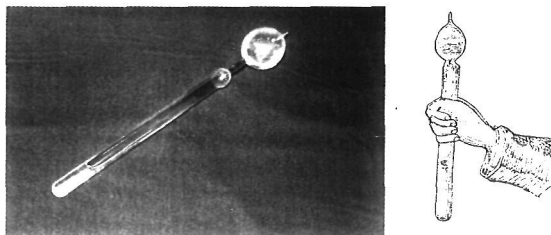


Figura 4. Martell d'aigua.

Les balances permeten mesurar la massa d'un cos; n'hi ha de molts tipus. La **balança de precisió** (figura 5) és una balança de braços de la qual pengen sengles platets, on es col·loquen respectivament un cos (la massa del qual es vol mesurar) i peses calibrades fins que el fidel de la balança indique que està en equilibri. La balança de precisió està dins d'una urna de vidre, de la qual s'extrau l'aire si se'n vol evitar els efectes de l'empenta d'Arquimedes; tot el sistema està

col·locat damunt de suports que l'anivellen i l'aïllen de les vibracions exteriors. Es poden arribar a fer pesades de gran precisió amb una balança d'aquest tipus.

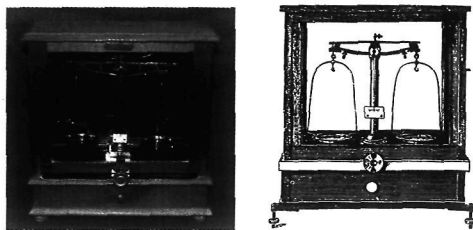


Figura 5. Balança de precisió.

En la **balança de Roberval** (o **anglesa**) els platets estan sustentats inferiorment mitjançant un sistema de varetes articulades que sempre els mantenen horitzontals i fan que l'estat d'equilibri de la balança siga independent de la posició de la càrrega sobre els platets (figura 6).

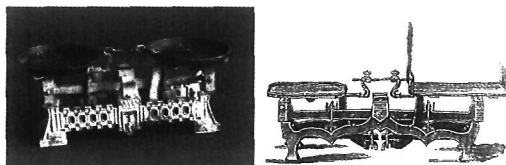


Figura 6. Balança de Roberval.

El **pesacartes** (figura 7) s'utilitza per a pesar objectes lleugers. L'agulla que indica la pesada és al mateix temps el contrapès de l'objecte que s'està pesant.

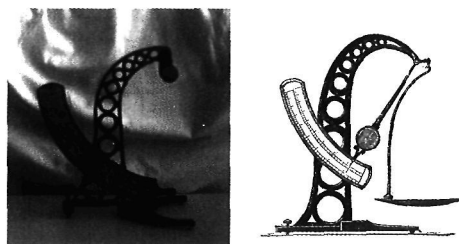


Figura 7. Pesacartes.

L'aparell principal per a mostrar **experiències relacionades amb la rotació dels cossos** consisteix en dues rodes connectades per una corretja contínua; amb ell pot fer-se girar veloçment un eix vertical on s'acoblen diferents peces, segons l'efecte que vulga mostrar-se. Així, tenim l'**aparell dels meridians** (figura 8), que mostra (d'una forma exagerada) com s'aplanen la Terra i els planetes al llarg del seu eix de rotació i que consisteix en tires metàl·liques disposades com els meridians d'una esfera. El **bastidor amb esferes de metall** (esquerra de la figura 9) o amb **cilindres de fusta de diferents densitats** (dreta de la figura 9) mostra que la força centrífuga¹⁰ que experimenta un cos que gira al voltant d'un eix és directament proporcional a la seua massa i a la distància a l'eix de gir. Consisteix en una vareta metàl·lica horitzontal travessada per dues esferes metàl·liques (o cilindres

10. La denominació "força centrífuga" s'utilitza per a designar una força fictícia, la qual convé introduir quan es fan descripcions des de sistemes de referència accelerats, tals com els que estan girant.

de fusta) que estan unides per una cadeneta; per tal d'aconseguir l'equilibri dels dos cossos cal col·locar-los a distàncies del centre de gir que siguin inversament proporcionals a les seues masses.

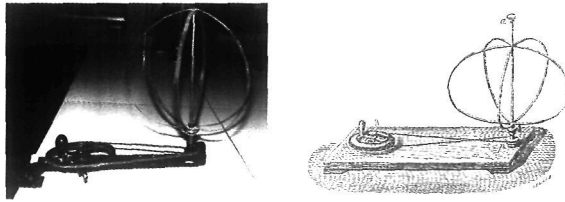


Figura 8. Aparell dels meridians.

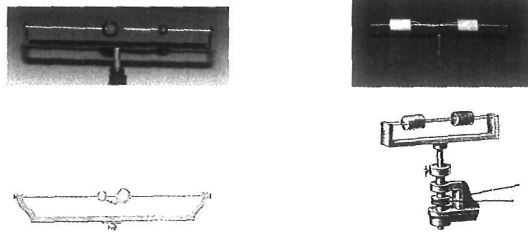


Figura 9. Bastidor amb esferes metàl·liques (esquerra) o cilindres de fusta (dreta).

Amb el **pèndol de Foucault** (figura 10) es pot demostrar el moviment de rotació de la Terra sobre el seu eix. Si deixem oscil·lar un pèndol muntat sobre una plataforma que gira observem que el pla d'oscil·lació del pèndol no varia, però un observador situat sobre el sistema que gira (la plataforma o la Terra) observaria que el pla d'oscil·lació va variant.¹¹

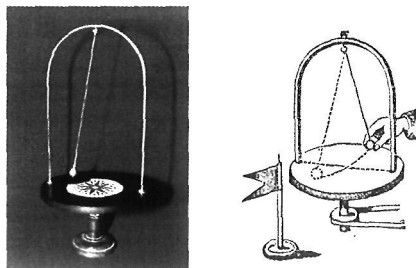


Figura 10. Pèndol de Foucault.

Usant diferents combinacions de politges, fixes i mòbils, com les representades al **conjunt de politges** (figura 11) es poden alçar pesos cada vegada més grans realitzant esforços cada vegada menors, però amb recorreguts majors de la corda.

11. Per a demostrar la rotació de la Terra sobre el seu eix, el 1851 Leon Foucault va organitzar una exhibició pública penjant un pèndol de la cúpula del Panteó de París. Actualment sol haver un pèndol de Foucault en molts museus científics.

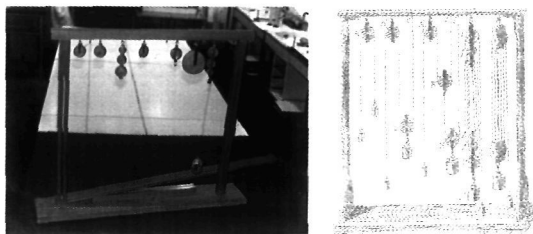


Figura 11. Conjunt de politges.

3.2. Ones i acústica

El **generador d'ones transversals** (figura 12) consta de varetes metàl·liques verticals que ressegueixen el perfil d'un eix horitzontal amb forma sinusoidal. Quan es fa girar una maneta, el conjunt de les boletes que hi ha als extrems de les varetes verticals simula una ona transversal, la forma de la qual canvia periòdicament amb el temps.

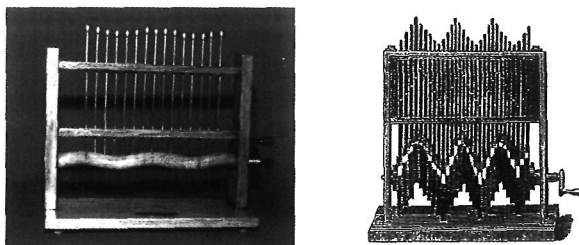


Figura 12. Generador d'ones transversals.

Per a estudiar els nodes de les vibracions d'una placa s'utilitzen les **plaques de Chladni** (figura 13). Es tracta d'un conjunt de plaques metàl·liques primes, amb formes circulars i quadrades, les quals es recobreixen amb polsim o arena i es fan vibrar fregant-les amb un arc de violí o colpejant-les amb un martell. L'arena es concentra a les línies nodals (on no hi ha vibracions) de cada placa, adoptant formes simètriques conegudes com a figures de Chladni. Els nodes de cada placa poden elegir-se a voluntat col·locant-hi els dits en diferents punts i així s'obté tot un conjunt de dissenys de figures de Chladni.

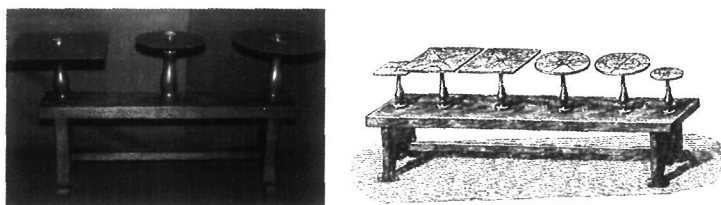


Figura 13. Plaques de Chladni.

Les **vibracions d'una campana de vidre** (figura 14) es posen de manifest acostant-hi unes esferetes lleugeres suspeses de sengles fils, les quals romandran en repòs quan estiguen als nodes de les vibracions originades en la campana per la fricció d'un arc de violí (o els colpets d'un martell).

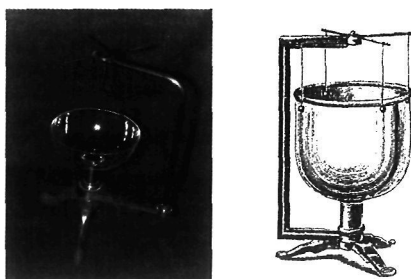


Figura 14. Vibracions d'una campana de vidre.

Els **tubs sonors** de fusta produeixen sons de diferents freqüències, segons siga la dimensió del tub, quan s'hi fica aire per un extrem (figura 15). Amb ells s'estudien les vibracions sonores en tubs. També es disposa d'un tub que té una cara de vidre, la qual cosa permet veure com va desplaçant-se un platet que conté un polsim molt fi (extrem dret de la figura 15); aquest platet s'introdueix dins del tub per a localitzar els nodes (on el polsim resta immòbil) i els ventres (on més es mou el polsim) de la vibració sonora.

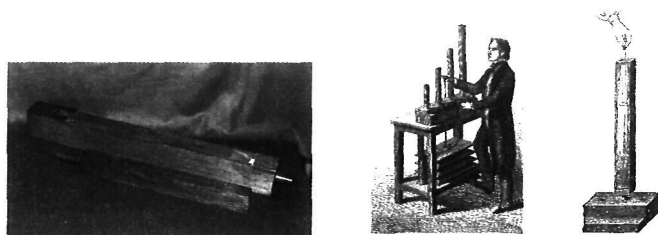


Figura 15. Tubs sonors de fusta.

L'augment o disminució de pressió associats a una ona acústica són transmesos, mitjançant la **trompeteta acústica** (figura 16), a una flama de gas, les variacions de lluminositat de la qual permeten analitzar la freqüència de l'ona acústica.

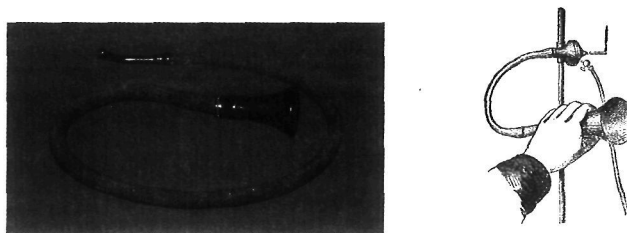


Figura 16. Trompeteta acústica.

El **fonògraf d'Edison** (figura 17) permet enregistrar els sons que s'emeten al seu davant: quan es fa girar el cilindre horitzontal, un petit estil inscriu les vibracions (que rep a través d'una membrana situada al fons de l'embocadura cònica, per la qual es pot parlar) sobre un full d'estany estès damunt del cilindre. També serveix per a reproduir sons que ja estan enregistrats: quan l'estil llig

la informació continguda en el full d'estany, fa vibrar una membrana i el so que aquesta emet és amplificat per l'embocadura cònica.

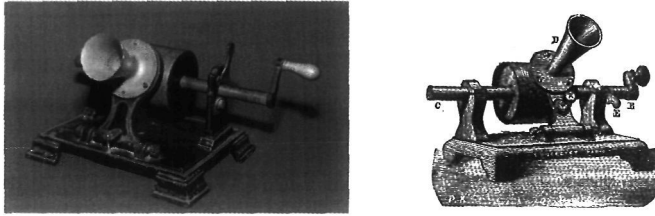


Figura 17. Fonògraf d'Edison.

3.3 Fluids

La **bomba de Regnault** (figura 18) s'utilitza per a injectar o extraure gasos de recipients (generalment, no massa grans). És molt semblant a una bomba d'injectar aire a una bicicleta.

Entre els diferents models de bombes hidràuliques, emprades per a extraure líquids de dipòsits, hi ha la **bomba aspirant** (figura 19). L'accionament de la palanca eleva un pistó que deixa sota ell una regió de menor pressió que l'atmosfèrica, la qual empeny el líquid del dipòsit a ascendir a la bomba; un sistema de petites portes es tanquen per a deixar que el líquid retorne al dipòsit i s'obren per a deixar passar el líquid a la part superior de la bomba, des d'on és expulsat a l'exterior.

Abocant mercuri per la part llarga i oberta del **tub de Mariotte** (figura 20), va reduint-se el volum de l'aire que hi ha quedat atrapat en la part petita i tancada. Amb l'escala graduada que duu el tub, és fàcil mesurar aquest volum d'aire així com la pressió exercida sobre ell pel mercuri; d'aquesta forma es pot comprovar la llei de Boyle-Mariotte, que estableix que el volum d'un gas està en relació inversa a la pressió que suporta.

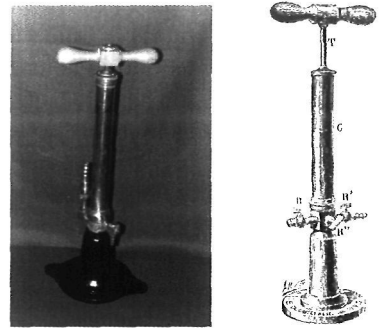


Figura 18. Bomba de Regnault

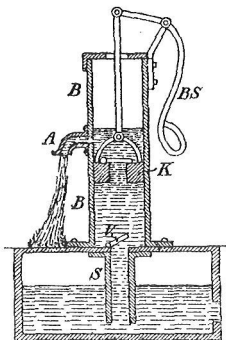


Figura 19. Bomba aspirant.



Figura 20. Tub de Mariotte

El **caragol d'Arquimedes** (figura 21) s'usa per a pujar materials (usualment líquids) d'un nivell inferior a una altre superior. El que mostrem consta d'un tub en forma d'espiral que té un extrem dins d'un dipòsit d'aigua i l'altre fora d'ell. En fer girar la maneta, l'aigua comença a ascendir per l'extrem submergit del tub, fins que ix per l'altre extrem.

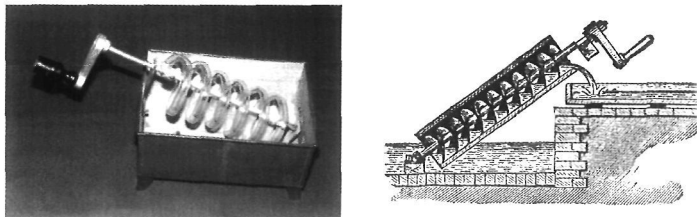


Figura 21. Caragol d'Arquimedes.

Amb els **hemisferis de Magdeburg** (figura 22) es posa de manifest la força deguda a la pressió atmosfèrica. Consisteixen en dues semiesferes metàl·liques que, en unir-les i extraure l'aire del seu interior, oposen una gran resistència a la seua separació.



Figura 22. Hemisferis de Magdeburg.

La **font en el buit** (figura 23) posa de manifest com la pressió atmosfèrica és capaç d'introduir un líquid en un recipient d'on s'ha extret l'aire (de forma similar a com passava amb la bomba aspirant). Consisteix en un recipient de vidre que té un tub menut i estret en la seua part inferior; una clau de pas en la base del recipient tanca la comunicació entre l'interior i l'exterior a través del petit tub. Després d'extraure l'aire de l'interior del recipient, aquest es col·loca verticalment en una safata amb aigua i s'obri la clau de pas; d'aquesta manera la pressió atmosfèrica impel·leix l'aigua a través del tub menut, eixint en forma de font a l'interior del recipient.

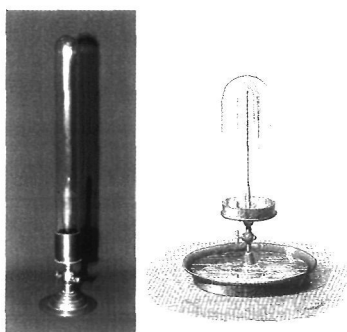


Figura 23. Font en el buit.

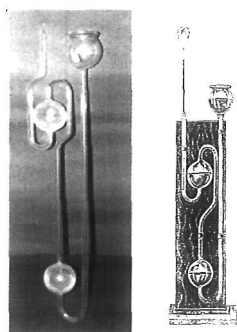


Figura 24. Font de Hieró.

La **font de Hieró** (figura 24) mostra com l'aigua d'un dipòsit és impel·lada per aire a pressió. Es tracta d'un sistema de recipients de vidre comunicats mitjançant tubs, tot disposat verticalment; l'aigua del recipient superior cau al recipient inferior a través d'un dels tubs, de tal forma que l'aigua que hi entra empeny l'aire cap al recipient intermedi. Quan l'aire arriba a aquest recipient fa pressió sobre l'aigua que hi ha, fent-la eixir en forma de sortidor per un tub.

Molinet hidràulic (figura 25). El recipient central de vidre es troba ple d'aigua, la qual ix a l'exterior per dos tubs laterals en forma de colze; tot el molinet gira en sentit contrari al d'eixida de l'aigua. En termes actuals diríem que aquest artefacte serveix per a demostrar la conservació del moment lineal, ja que al moviment de l'aigua en un sentit dona lloc al moviment, en sentit contrari, dels tubs per on ix l'aigua.

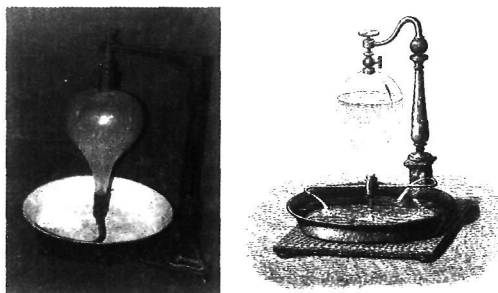


Figura 25. Molinet hidràulic.

El funcionament d'un sífó intermitent s'il·lustra amb el **got de Tàntal** (figura 26). En l'interior d'un recipient, en forma de copa o got, hi ha un tub corbat per un extrem i que n'ix travessant el seu fons; aquest tub funciona com a sífó. El nivell de l'aigua que s'aboca dins del recipient va pujant fins a arribar a la part més alta del tub, moment en què l'aigua comença a escapar-se del recipient a través del sífó. La descàrrega de l'aigua continua fins que el seu nivell baixa just per sota de l'extrem del tub situat a l'interior del got.

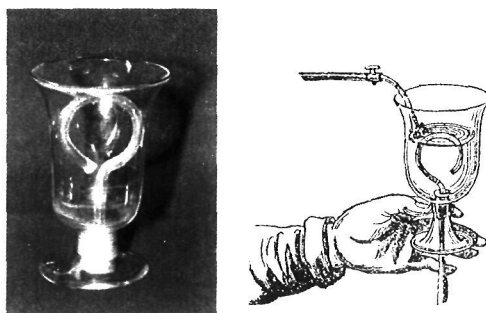


Figura 26. Got de Tàntal.

Utilitzant els **tubs capil·lars** (figura 27) es comprova l'ascens o descens dels líquids per l'interior de tubs molt estrets (denominats capil·lars). Cada tub està comunicat amb un altre tub de major diàmetre interior, de manera que en omplir-los d'aigua el nivell puja més quan més estret és el tub capil·lar; quan s'omplen de mercuri s'observa que el nivell descendeix més en els capil·lars més estrets.

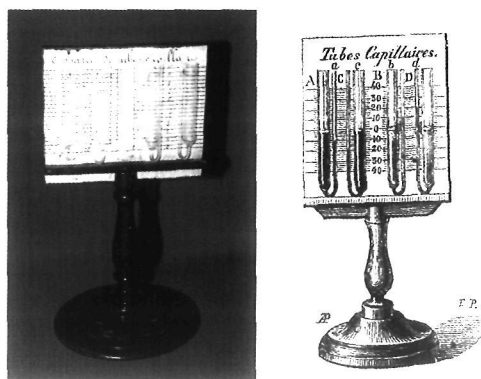


Figura 27. Tubs capil·lars.

Els efectes de l'empenta hidrostàtica i com aquesta actua en totes les direccions es mostra amb l'experiència de l'**empenta dels líquids** (figura 28). Es tracta d'un tub de vidre obert pels seus dos extrems, a l'inferior dels quals hi ha un disc de metall que se sosté mitjançant una corda mentre s'introdueix el tub i el disc dins d'un líquid. Una vegada fet això pot afluir-se la corda i el disc no cau (depenent de la profunditat en el líquid), la qual cosa demostra que l'empenta hidrostàtica (deguda, en definitiva a la pressió de l'aigua) sosté el disc; si el tub va elevant-se poc a poc, s'observarà un moment en què el disc cau, perquè ja no és sostingut per la pressió de l'aigua. Poden fer-se variants d'aquesta experiència abocant líquid per l'interior del tub, o inclinant-lo o canviant els líquids amb què es fan les experiències.

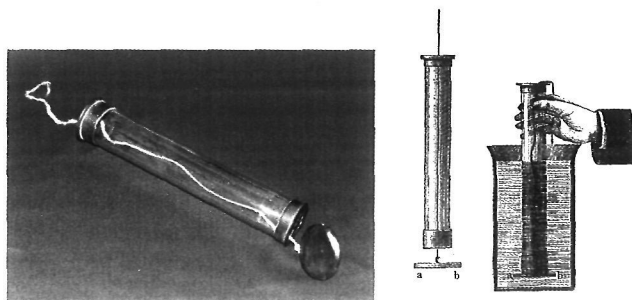


Figura 28. Empenta hidrostàtica.

Per a posar de manifest la porositat dels cossos sòlids es recorria a una experiència denominada **pluja de mercuri** –o **pluja de Diana**– (figura 29). Un tub de vidre té un extrem connectat a una màquina per a fer el buit i l'altre acaba en un petit embut, el fons del qual està tapat per un tros de fusta tallada de forma que les fibres estiguen alineades en la direcció del tub (altres tubs tenen un tros de camussa o pell, en comptes de la fusta). Quan s'ompli de mercuri l'embut i es fa el buit al tub, la pressió atmosfèrica empeny el mercuri a través dels porus de la fusta i cau en fils molt prims per l'interior del tub, en forma d'una pluja de gotetes menudes de mercuri.

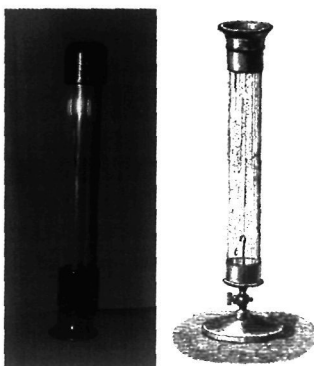


Figura 29. Pluja de mercuri (o de Diana).

3.4 Termologia

L'anell de s'Gravesande (figura 30) serveix per a demostrar la dilatació dels sòlids quan se'ls calenta; mostra com una esfera metàl·lica que està a temperatura ambient pot passar per l'interior d'un anell, però quan està calenta ja no hi pot passar.



Figura 30. Anell de s'Gravesande.

El **piròmetre de quadrant** (figura 31) s'usava per a mesurar la dilatació lineal dels metalls. Sobre una base rectangular de fusta hi ha un dipòsit per a alcohol, i dos suports metàl·lics verticals. Entre aquests suports es col·loca una vareta metàl·lica la dilatació de la qual vol estudiar-se. Mentre que un extrem de la vareta es manté fix, l'altre està en contacte amb una agulla, la qual pot moure's com una palanca mòbil. Quan es crema alcohol en el dipòsit sota la vareta, aquesta es calfa i es dilata, amb la qual cosa s'observa com l'agulla mòbil va indicant sobre una escala graduada l'allargament de la vareta.

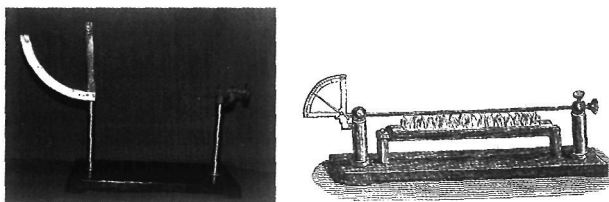


Figura 31. Piròmetre de quadrant.

La diferència de temperatura entre dos punts es pot mesurar emprant el **termòmetre de Rumford** (figura 32). Consisteix en un tub de vidre doblat en angle recte dues vegades i que duu en cadascun dels seus extrems sengles esferes plenes d'aire. Dins de la porció horitzontal del tub hi ha una gota d'àcid sulfúric, tenyida de color, la qual indica el zero sobre una escala quan l'aire que hi ha en les dues esferes està a la mateixa temperatura. En calfar-se l'aire d'una de les esferes més que el de l'altra, la gota de líquid es desplaça degut a l'augment de pressió en l'esfera més calenta i indica sobre l'escala la diferència de temperatura entre l'aire d'ambdues esferes.

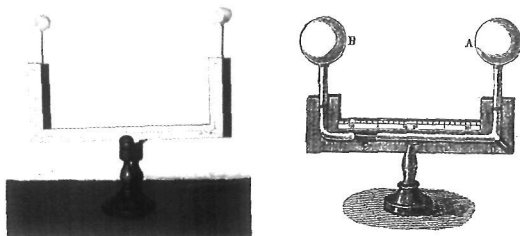


Figura 32. Termòmetre de Rumford.

Per a comparar la conductibilitat tèrmica de diferents materials s'usava l'**aparell d'Ingenhousz** (figura 33), el qual consta d'una caixa metàl·lica que en la part exterior duu implantades unes varetes de diferents materials, totes de les mateixes dimensions i recobertes de cera. Quan s'aboca aigua bullint dins la caixa, la cera es fon fins a una distància diferent en cada vareta, depenent de la conductibilitat tèrmica del material amb què està feta cada vareta.

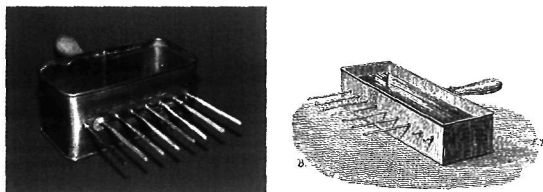


Figura 33. Aparell d'Ingenhousz.

Amb l'**aparell de Tyndall** (figura 34) es demostra que la fricció genera calor. Amb una pinça de fusta, folrada de feltre per la part interior, s'agafa un tub de llautó que conté èter o algun altre líquid volàtil i que està cobert amb un tap. En fer girar el tub amb una màquina centrífugadora, mentre es manté ben pressionat el tub amb la pinça de fusta, la calor generada per la fricció de la fusta amb el llautó fa que el tap siga llançat amb força degut al vapor produït per ebullició del líquid que hi havia en el tub.

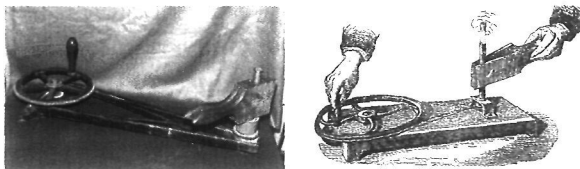


Figura 34. Aparell de Tyndall.

Per a demostrar que la densitat de l'aigua és màxima a 4 °C s'utilitza l'**aparell de Hope** (figura 35). Aquest consisteix en una gran proveta, que s'ompli d'aigua a temperatura ambient, i un dipòsit central que l'envolta, on es col·loca gel. Sengles termòmetres (a les parts superior i inferior, respectivament, de la proveta) permeten observar com, inicialment, la temperatura roman quasi estacionària a la part superior de la proveta, mentre que descendeix ràpidament fins a 4 °C a la part inferior; després, és la temperatura de la part inferior la que no canvia, i la de la part superior descendeix fins per sota de 0 °C, la qual cosa demostra que l'aigua més densa és la que està en la part inferior de la proveta, a 4 °C.

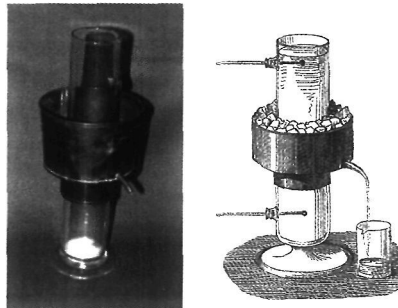


Figura 35. Aparell de Hope

3.5 Òptica

Per a posar de manifest que la llum blanca pot obtenir-se per addició de colors, s'usa el **disc de Newton** (figura 36). Aquest aparell consisteix en un disc amb els colors de l'arc de sant Martí disposats en sectors radials; quan es fa girar ràpidament el disc, dóna la impressió que aquest siga de color blanc.



Figura 36. Disc de Newton.

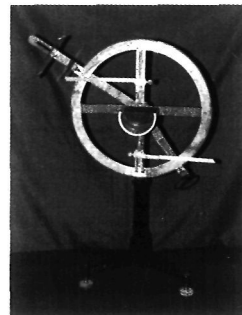
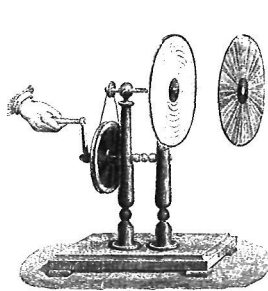


Figura 37. Aparell de Silbermann.

Amb l'**aparell de Silbermann** (figura 37) es poden verificar les lleis de la refracció i de la reflexió de la llum. Consta d'un cercle graduat disposat verticalment, en el centre del qual hi ha una cubeta per a contenir un líquid. També hi ha dos regles disposats radialment, que poden desplaçar-se sobre el cercle graduat; a través d'una placa foradada situada a l'extrem del regle de l'esquerra s'envia un feix de llum a la cubeta i amb una altra placa foradada situada a l'extrem de l'altre regle es detecta la llum refractada pel líquid de la cubeta. També es pot detectar la llum reflectida sobre el líquid (o sobre un espill).

La **ullera astronòmica** (figura 38) serveix per a observar els astres i altres objectes llunyans. Consisteix en un tub de llautó col·locat sobre un trípede, de forma que pugui girar fàcilment; a un extrem del tub hi ha un objectiu, i el tub està ennegrit per dins, per tal d'evitar tota reflexió de llum que pertorbe la imatge de l'astre que s'observa a través d'un ocular (que es troba a l'altre extrem del tub).

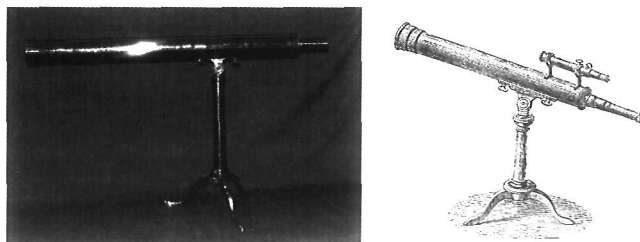


Figura 38. Ullera astronòmica.

Per a explicar la **formació d'imatges a través d'una lent** s'usava una estructura feta amb fusta i fils d'aram; aquest darrers representen els raigs que se solen traçar per a determinar la formació de la imatge. La figura 39 representa com es forma la imatge d'una fletxa a través d'una lent convergent.

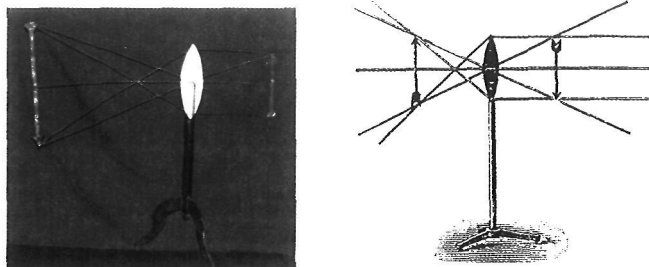


Figura 39. Formació d'imatges a través d'una lent convergent.

Les figures anamòrfiques són dibuixos deformats a propòsit, de tal manera que només poden veure's correctament reflectits en espills o observats des de certa perspectiva. La figura 40 representa un **espill cònic anamòrfic**, així com la seua disposició damunt d'una làmina amb la figura anamòrfica d'un escarabat, dibuixada de tal manera que només pot identificar-se com a tal quan s'observa reflectida a l'espill, cosa que pot comprovar-se a la figura 41.

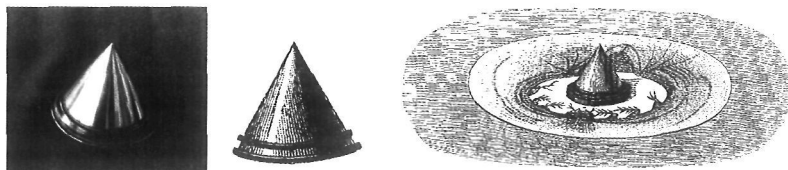


Figura 40. Espill cònic. El dibuix de la dreta representa l'espill cònic col·locat sobre una figura anamòrfica d'un escarabat.

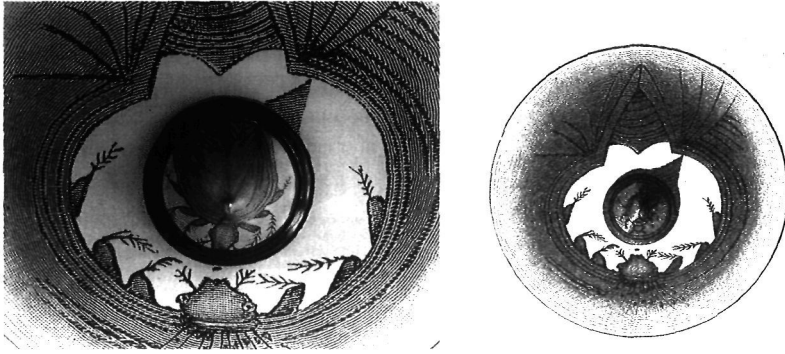


Figura 41. Només observant la reflexió de la figura anamòrfica des del vèrtex de l'espill cònic, podem apreciar que es tracta d'un escarabat.

3.6. Electromagnetisme

Amb els **hemisferis mòbils de Biot** (figura 42) es demostra que les càrregues lliures s'acumulen en la superfície exterior dels conductors. Es tracta d'una esfera metàl·lica col·locada sobre un peu aïllant de vidre, i de dos hemisferis metàl·lics buits i amb diàmetre una mica més gran que el de l'esfera, de forma que s'adapten a aquesta, cobrint-la completament. Els hemisferis tenen senyals mànecs de vidre que permeten col·locar-los i retirar-los a voluntat sobre l'esfera. Després de carregar l'esfera metàl·lica, es cobreix aquesta amb els hemisferis metàl·lics; en retirar-los-hi ràpidament i simultàniament, s'observa que tota la càrrega s'ha quedat en els dos hemisferis, que formaven la superfície metàl·lica exterior, mentre que l'esfera resta descarregada.

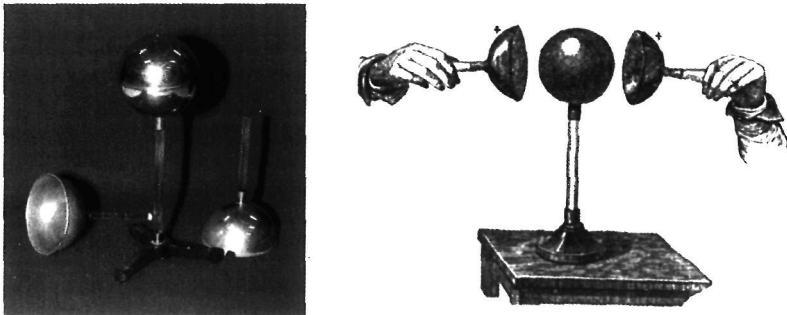


Figura 42. Hemisferis mòbils de Biot.

Per a demostrar la **influència de la forma dels cossos en l'acumulació de l'electricitat** s'usava l'aparell representat a la figura 43. Es tracta d'un cos metàl·lic (o recobert de paper d'estany) de forma ovoide que està sostingut sobre una columna aïllant de vidre. En electritzar el cos, la càrrega es distribueix inhomogèniament sobre la seua superfície, de forma que hi ha més acumulació de càrregues prop de les parts més punxegudes (amb major curvatura). Quan s'apropa un objecte metàl·lic als diferents punts de la superfície de l'ovoide, serà més fàcil que salte una guspira des de punts pròxims a la part punxeguda de l'ovoide.

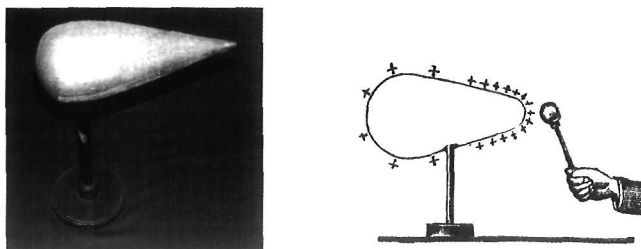


Figura 43. Influència que té la forma d'un cos en la acumulació de la electricitat sobre la seua superfície.

Els condensadors serveixen per a acumular quantitats considerables d'electricitat en superfícies relativament petites. El **condensador d'Æpinus** (figura 44) està format per dues plaques metàl·liques idèntiques que reposen sobre sengles columnes de vidre; la separació de les plaques pot variar-se a voluntat, i entre elles poden introduir-se plaques de materials diversos, de manera que ambdues coses influeixen en la capacitat del condensador.

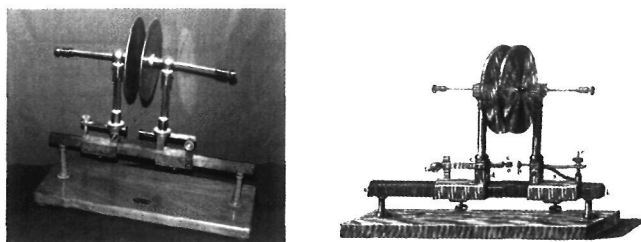


Figura 44. Condensador d'Æpinus (també dit de platets).

L'**excitador de mànecs de vidre** (figura 45) serveix per a provocar la descàrrega d'un condensador o per a transferir càrrega elèctrica entre objectes metàl·lics. Està format per dos arcs de llautó, amb sengles boles del mateix material en el seus extrems. Els dos arcs estan units per una frontissa i cadascú té un mànec aïllant de vidre.

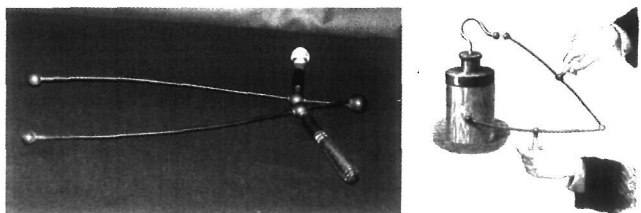


Figura 45. Excitador de mànecs de vidre.

Amb l'**electroïmant en forma de ferradura** (figura 46) es poden alçar objectes pesats. Està format per dues bobines (fetes amb fil de coure folrat de seda) enrotllades sobre un cilindre de ferro dolç en forma de ferradura. Mentre circula corrent elèctric pel fil de coure, el ferro s'imanta fortament i atrau una armadura metàl·lica, de la qual penja, mitjançant un ganxo, l'objecte pesat que es vol alçar.

La **pila de Grenet** (figura 47) produeix corrent elèctric a partir de reaccions químiques i constitueix el primer model que es va construir de pila amb un únic líquid. Consta de dues làmines de carboni, entre les quals hi ha una de zinc, totes elles submergides en una solució de 3 parts de bicromat sòdic, 18 d'aigua i 4 d'àcid sulfúric; el conjunt de les làmines i del líquid està contingut en una botella hermètica. Quan la pila no està funcionant pot elevar-se la làmina de zinc.

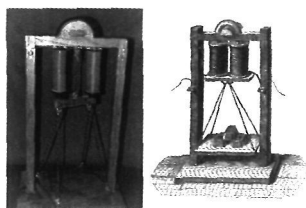


Figura 46. Electroimant en forma de ferradura.

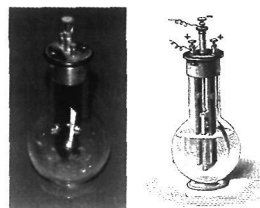


Figura 47. Pila de Grenet.

El **commutador de lira de Bertin** (figura 48) serveix per a obrir o tancar el pas del corrent elèctric per un circuit, així com per a invertir-hi el seu sentit. Consisteix en un disc circular d'ebonita, que pot girar al voltant d'un eix metàl·lic, i que té dues terminacions de llautó, una central en forma de llengüeta i l'altra en forma de lira. Fent girar adequadament el commutador, s'estableixen els contactes necessaris per a interrompre o deixar passar el corrent elèctric en un sentit determinat.

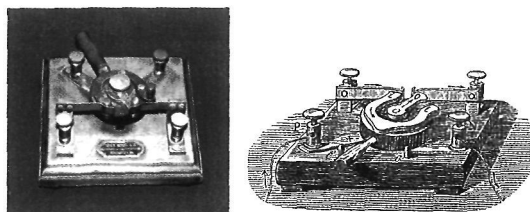


Figura 48. Commutador de lira de Bertin.

El telègraf de quadrant de Breguet permetia transmetre missatges marcant i llegint directament (això és, sense necessitat de codificar i descodificar) les lletres i les xifres que formaven els caràcters del text. El **manipulador del telègraf de quadrant de Breguet** (figura 49) és la part que emet el missatge, el qual s'escribia directament seleccionant els caràcters mitjançant una manovella que podia girar al voltant de dos cercles concèntrics on estaven disposades les lletres i les xifres.

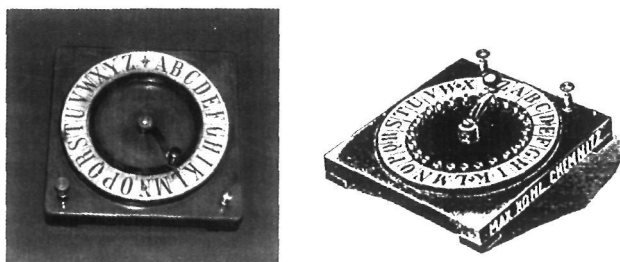


Figura 49. Manipulador del telègraf de quadrant de Breguet.

La part esquerra de la figura 50 representa un **tub centellejant**. Aquest és un tub llarg de vidre, els extrems del qual acaben en sengles peces metàl·liques. A la paret interior del tub hi ha una file-ra de rombes de paper metàl·lic (detall central de la figura 50), que s'estén en forma d'hèlix des d'un extrem a l'altre del tub; els rombes adjacents tenen les puntes molt pròximes però sense arribar a tocar-se. En aplicar una diferència de potencial elevada entre els extrems del tub, hi apareix una il·luminació en forma d'espiral degut a les guspies que salten entre els rombes metàl·lics. Encara que les guspies es produeixen successivament, una a continuació de l'altra, fa la impressió d'un llamp continu, degut a la persistència de les imatges a la retina. La part dreta de la figura 50 mostra una **esfera centellejant**, que és un aparell de característiques semblants al tub, però ara l'hèlix de rombes metàl·lics discorre per l'interior d'una esfera de vidre.



Figura 50. Tub centellejant (dues il·lustracions de l'esquerra). Detall dels rombes metàl·lics (centre). Esfera centellejant (dues il·lustracions de la dreta)

La **roda de Barlow** (figura 51) consisteix en una estrela metàl·lica, unes poques puntes de la qual estan immerses en un recipient amb mercuri. Un parell d'imants, que estan col·locats abraçant la roda, fan que aquesta gire quan hi circula corrent elèctric en direcció radial. En definitiva, es tracta d'un motor elèctric, que funciona degut a la força que exerceix un camp magnètic (el de l'imant) sobre un corrent elèctric (el que circula radialment entre el centre de la roda i la part de la roda submergida en el mercuri).

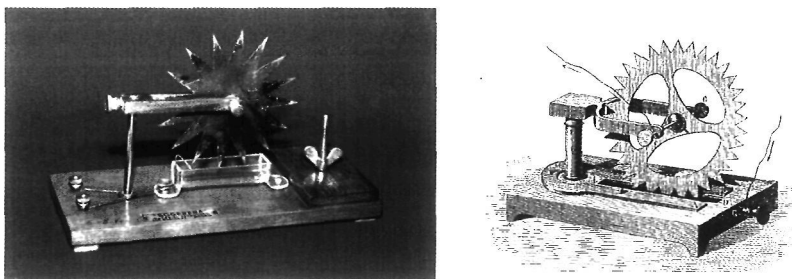


Figura 51. Roda de Barlow.

Per a demostrar que els corrents elèctrics paral·lels i del mateix sentit s'atrauen s'utilitza l'hèlix (o **espiral**) de **Roget** (figura 52). Es tracta d'una espiral metàl·lica, de l'extrem inferior de la

qual penja un pes que està submergit en un recipient amb mercuri; quan passa el corrent elèctric a través de l'espiral metàl·lica, s'atrauen els trams d'aquesta que són paral·lels (degut a la força magnètica generada pel corrent elèctric). Aquesta atracció encongeix l'espiral, de manera que el pes inferior se separa del mercuri i s'interromp la circulació, moment en què cessa la força d'atracció entre els trams paral·lels de l'espiral i torna a caure el pes dins del mercuri; d'aquesta manera es repeteix periòdicament el fenomen abans descrit.

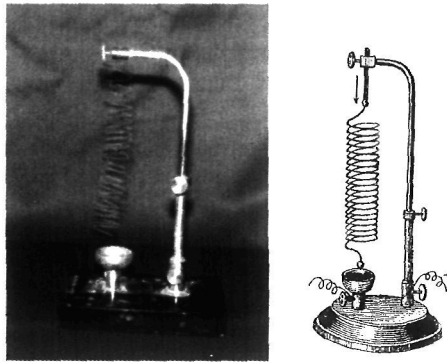


Figura 52. Hèlix de Roget.

3.7. Radiologia

Per a analitzar l'espectre d'emissió dels gasos s'utilitzen els **tubs de Geissler** (figura 53), que contenen el gas que es vol estudiar, a una pressió aproximada d'1 o 2 mm de mercuri. Els tubs de buit que primerament va construir Geissler són simples tubs de vidre els extrems dels quals estan travessats per fils d'aram (de platí o d'alumini), que serveixen d'elèctrodes, i en els quals s'ha fet un buit més o menys elevat. Aplicant una diferència de potencial entre els elèctrodes del tub s'hi observa una descàrrega lluminosa, la forma de la qual depén de la pressió i del tipus de gas contingut al tub.

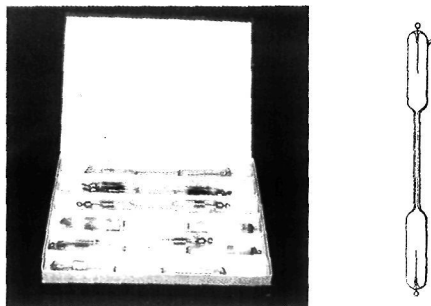


Figura 53. Caixa amb tubs de Geissler (esquerra) i esquema d'un tub (dreta).

Les descàrregues elèctriques en els gasos enarrits exciten fenòmens de fluorescència en el vidre i en gran nombre de substàncies, la qual cosa va aprofitar Geissler per a obtenir vistosos jocs de llum. Podien fabricar-se tubs de diverses formes (recargolats com el de la part esquerra de la figura 54), posant uns dins d'altres, o bé fent que un tub amb gasos enarrits estiguera rodejat per un

altre que servia de dipòsit i podia contenir diferents líquids fluorescents (com el de forma de canelobre de la part dreta de la figura 54). Quan es produeix la descàrrega, aquests tubs prenen colors diferents, segons la composició del vidre o la naturalesa dels líquids que contenen.

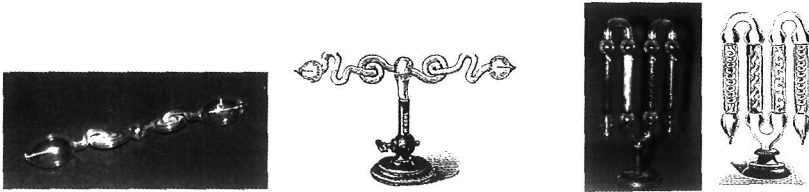


Figura 54. Tubs de Geissler de formes diverses.

El **tub de raigs catòdics amb creu de Malta** (figura 55) il·lustra com els raigs catòdics (electrons) es propaguen en línia recta quan viatgen en el buit. Es tracta d'un tub de Crookes, en què s'ha fet un buit molt elevat (fins a una centèsima de mil·límetre de mercuri). Quan es produeix una diferència de potencial entre els elèctrodes del tub, els electrons ixen en direcció normal a la superfície del càtode i es propaguen en línia recta, sense que influïxca la posició de l'ànode. Col·locant un objecte opac en el camí dels electrons (en aquest cas, una creu de Malta feta d'alumini) els intercepta i projecta la seua ombra en el fons del tub, que està recobert d'un material fluorescent.

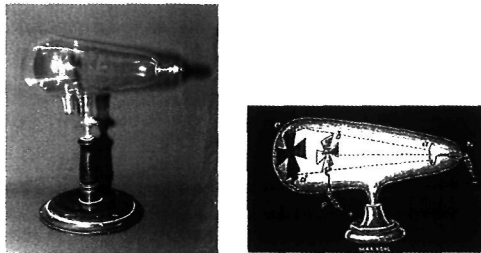


Figura 55. Tub de raigs catòdics amb creu de Malta.

Per a demostrar l'**acció calorífica dels raigs catòdics** s'usa una ampolla de Crookes amb el càtode en forma de casquet còncav (figura 56). Els raigs catòdics emesos pel càtode es concentren en el seu centre de curvatura, on hi ha una làmina prima de platí que es posa incandescent.

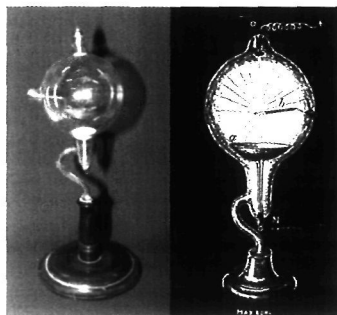


Figura 56. Acció calorífica dels raigs catòdics.

El 1895 W. Röntgen va descobrir que quan els raigs catòdics incidien sobre un obstacle dins d'un tub de Crookes, s'hi produïa una emissió de radiació que era capaç d'impressionar plaques fotogràfiques i de travessar cossos que eren opacs a la llum. Va anomenar a aquesta radiació raigs X, perquè no va poder explicar les seues propietats. Ara se sap que els raigs X són radiació electromagnètica d'alta freqüència que es produeix quan els electrons (raigs catòdics) es frenen en incidir sobre un material. La figura 57 correspon a un **tub de raigs X**, el qual permet obtenir radiografies, disminuint-ne l'exposició i augmentant-ne la nitidesa. Els electrons que són emesos pel càtode d'alumini xoquen contra una petita làmina de tungsté que es troba al centre del globus de vidre i està inclinada 45°, des d'on són emesos raigs X en totes direccions.

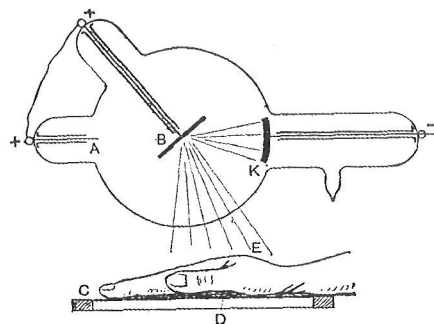
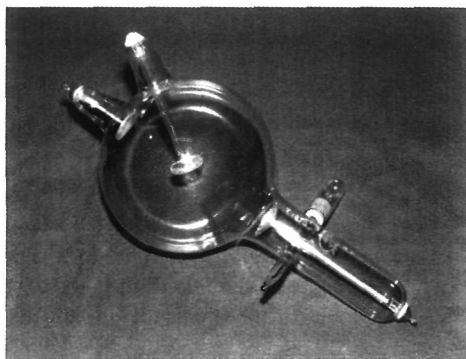


Figura 57. Tub de raigs X.

La **radiografia** és una imatge produïda sobre una placa sensible, tal com indica l'esquema representat a la dreta de la figura 57. La radiografia permet observar l'interior d'objectes, mostrant en color negre les seues parts que són més opaques als raigs X. Aquest és el cas dels ossos de la mà representada a la figura 58; a l'angle inferior esquerre de la radiografia pot llegir-se "Instituto de Alicante. Gabinete de Física. Prof. J. A. Alfaro. Radiografía de la alumna Teresa Perez. Febrero 1953".



Figura 58. Radiografia de la mà d'una antiga alumna de l'Institut «Jorge Juan» d'Alacant.

4. Conclusions

En aquest treball hem presentat els primers resultats del procés de recuperació d'una magnífica col·lecció d'instruments antics de física,¹² d'indubtable valor històric, científic, pedagògic i estètic. Els instruments que hem ressenyat no són més que una selecció dels més de 150 que a hores d'ara hem identificat i que consten en una memòria lliurada a la Diputació d'Alacant [Villada Lobete i Garcia Molina 2000].¹³

Amb aquest pas que donem en la tasca de recuperació i conservació dels instruments de física de l'Institut «Jorge Juan» esperem despertar la curiositat, si no la sensibilitat, d'algunes persones envers aquests aparells. De fet, caldria un estudi més exhaustiu de classificació, documentació, restauració, etc. que culminara amb l'elaboració d'un catàleg complet i detallat dels instruments de física de l'Institut «Jorge Juan»; aquesta iniciativa s'ha dut a terme recentment a altres indrets geogràfics (Múrcia [AA.VV. 1987], Madrid [AA.VV. 1999], Galícia [AA.VV. 2001] i Andalusia [García del Real 2001]) comptant amb un important suport institucional, cosa que no s'ha donat en el cas dels instruments del nostre Institut.

Per a evitar que aquests aparells continuen deteriorant-se per més temps i per tal de facilitar la seua exhibició, es fa necessària la construcció d'un museu de ciències (les característiques del qual no entrem a discutir en aquest treball). Aquest museu augmentaria l'oferta d'oci cultural d'Alacant i seria un referent per a ser visitat pels estudiosos de la història i la didàctica de la ciència.

Encara que la Direcció General de Patrimoni de la Generalitat Valenciana va anunciar que per als primers mesos de l'any 2000 s'iniciarien les obres del Museu de Ciències de l'Institut «Jorge Juan»,¹⁴ ja ha transcorregut un temps més que suficient per a sospitar que l'execució d'aquest projecte no va per bon camí. Si en el moment d'aparèixer aquell anunci el nostre desig era que el museu de ciències estiguera enllestit ben prompte, a hores d'ara reclamem que no es demore per més temps l'inici de les obres per a acollir, condicionar i donar a conèixer un important patrimoni de tots els alacantins. Però això caldria fer-ho abans que l'inexorable pas del temps faça malbé allò que ha sobreviscut durant més d'un segle.

Esperem que el millor coneixement dels instruments de l'antic gabinet de física de l'Institut «Jorge Juan» d'Alacant faça reflexionar els responsables culturals i acadèmics sobre la necessitat urgent de dotar aquesta col·lecció dels recursos escaients (restauració, divulgació, exhibició, etc.) per tal que no caiga una vegada més en l'oblit i, amb això, en la lenta agonia cap a la seua desaparició.¹⁵

Agraïments

Volem agrair la direcció de l'Institut «Jorge Juan» per la col·laboració que ens ha prestat en tot moment durant l'elaboració d'aquest treball, i el Departament d'Imatge de la Diputació d'Alacant

12. Pascual Orozco Sanchez diu al seu *Manual Geográfico-Estadístico de Provincia de Alicante* (Alacant, 1878) que en l'any 1877 hi havia 300 objectes al gabinet de física.

13. Les persones que estiguen interessades en aconseguir-ne una còpia en CD, poden posar-se en contacte amb els autors d'aquest treball.

14. La notícia aparegué a tota la premsa d'Alacant del dia 27 de maig de 1999.

15. En l'article "El llarg i tortuós camí recorregut cap al Museu Didàctic de la Ciència «Daniel Jiménez de Cisneros», d'Alacant", que també apareix en aquest volum es relaten els detalls d'una reivindicació similar per a les col·leccions de ciències naturals de l'Institut «Jorge Juan».

pel bon quefer durant l'elaboració del vídeo de l'exposició. Expressem el nostre reconeixement a l'Institut de Cultura «Juan Gil-Albert» per atorgar-nos una petita ajuda econòmica. També volem donar les gràcies a les persones que han participat en la neteja i recuperació dels instruments: Francisco Javier Pérez Pérez, Tatiana Soler, Alejandro de la Muela, Leticia García Aceña, Julia García Sacristán, Inmaculada Martínez Vidal i Laura Rabasco Albert, i les que van participar durant l'elaboració del vídeo: Maria José Caturla Terol, Cristian Denton i Isabel Abril. Per últim, però no menys important, hem d'expressar el nostre agraïment a les nostres famílies per la paciència amb què han suportat la nostra dedicació a la recuperació d'aquests instruments antics de física. Algun dia, quan les nostres filles visiten el futur Museu de Ciències de l'Institut «Jorge Juan», podran dir orgullosos que els seus pares van col·laborar a posar-lo en marxa.

Bibliografia consultada per a documentar-se sobre els instruments de física

- Barés y Lizón C. (1923): *Nociones de física*, 2a ed. V. H. Sanz Calleja. Madrid.
- Domenech Llompart J. (1933): *Nociones de física*, 7a ed. Imprenta Hijo de F. Vives Mora. València.
- Feliu y Pérez B. (1876): *Curso elemental de física experimental y aplicada y nociones de química inorgánica*, 3a ed. Imprenta de José Ruiz. València.
- Ganot A. (1889): *Tratado elemental de física experimental y aplicada y de meteorología*, 9a ed. Librería Editorial de D. Carlos Bailly-Bailliere. Madrid.
- Ganot A. i G. Maneuvrier (1930): *Tratado elemental de física*, 29a ed. Imprenta de la Viuda de C. Bouret. París.
- González Martí I. (1912): *Tratado de Física General*, 2a ed. Imprenta de Prudencio Pérez de Velasco. Madrid.
- Guillemín A. (1882-1885): *El mundo físico*, 5 vols. Montaner y Simón, Editores. Barcelona.
- Kohl M. (1905): *Appareils de physique*. Catalogue No. 22. Chemnitz.
- Lozano y Ponce de León E. (1898): *Elementos de física*, 6a ed. Imprenta de Jaime Jepús y Roviralta. Barcelona.
- Marcoláin San Juan P. (1912): *Elementos de física moderna y nociones de meteorología*. Tip. La Editorial. Saragossa.
- Márquez y Chaparro B. (1886): *Resumen de un curso de Elementos de Física Experimental y nociones de Química para alumnos de 2ª enseñanza*. Imprenta y Litografía de José M.^a Ariza. Sevilla.
- Massa Sanguineti J. (1870): *Nociones elementales de Física y Química*. Establecimiento Tipográfico de "La Actividad". Còrdova.
- Olbés y Zuloaga L. (1933): *Lecciones elementales de física*, 10a ed. Tipografía de Alberto Fontana. Madrid.
- Sanjurjo R. (1883-1884): *Principios fundamentales de física pura y nociones de meteorología*, 2 vols. Imprenta y Litografía "La Guirnalda". Madrid.
- Sintes Olives F. F. (1939): *Física general aplicada*. Editorial Ramón Sopena. Barcelona.
- Soler y López J. (1909): *Elementos de Física, Química é Historia Natural aplicada al Comercio*, 2a ed. Vicente Rico. Madrid.
- Soler y Sánchez J. (1886): *Curso elemental de Física*, 1a ed. Establecimiento Tipográfico de Vicente Botella. Alacant.
- Valladares B. F. (1921): *Tratado de física elemental*, 3a ed. Hijos de Gregorio del Amo. Madrid.

Referències

- AA.VV. (1987): *150 años de enseñanza media. Instituto Alfonso X el Sabio*. Murcia. Consejería de Cultura, Educación y Turismo de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Murcia.
- AA.VV. (1999): *Instrumentos para la enseñanza de la física*. Servicio de Publicaciones, Secretaría de Estado de Cultura. Madrid.
- AA.VV. (2001): *A noite está varrida da terra. Consello da Cultura Galega*. Sant Jaume de Compostela.
- Anderson R. G. W., J. A. Bennett i W. F. Ryan (eds.) (1993): *Making Instruments Count: Essays on Historical Scientific Instruments Presented to Gerard L'Estrange Turner*. Variorum. Aldershot.
- de Carvalho R. (1978): *História do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra*. Universidade de Coimbra. Coimbra.
- de Clercq P. R. (ed.) (1986): *Nineteenth-Century Scientific Instruments and Their Makers: Papers Presented at the Fourth Scientific Instruments Symposium*. Amsterdam, 23-26 d'octubre de 1985. Rodopi.
- García del Real M. J. (2001): Un gran patrimonio al descubierto. Los materiales científicos utilizados para la enseñanza en los institutos andaluces, *Andalucía Educativa* **25** (juny) 18-20.
- García Molina R. i L. A. Villada Lobete (2000): Instrumentos antiguos de física: recuperación de patrimonio y uso didáctico, *Revista Española de Física* **14**, 47.
- Jiménez Madrid J. (coord.) (1987): *El Instituto Alfonso X el Sabio: 150 años de historia*. Editora Regional de Murcia. Murcia.
- L'Estrange Turner G. (1983): *Nineteenth-Century Scientific Instruments*. Sotheby's. Londres.
- Martínez Bonafé A. (1985): *Ensenyament, burgesia i liberalisme. L'ensenyament secundari en els orígens del País Valencià contemporani*. Diputació Provincial de València. València.
- Moreno González A. (1989): *Una ciencia en cuarentena. La física académica en España (1750-1900)*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
- Sanz Díaz F. (1985): *La segunda enseñanza oficial en el siglo XIX (1834-1874)*. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.
- Villada Lobete L. A. i R. García Molina (2000): *Catalogació, recuperació i conservació dels instruments de l'antic gabinet de física de l'Institut Jorge Juan d'Alacant*. Memòria lliurada a la Diputació d'Alacant (sense publicar).
- Viñao A. (1982): *Política y educación en los orígenes de la España contemporánea. Examen especial de sus relaciones en la enseñanza secundaria*. Siglo XIX. Madrid.

Rafael García Molina

Departament de Física, Universitat de Múrcia, Apartat 4021, 30080 Múrcia
rgm@um.es

Luis Antonio Villada Lobete

Departament de Física i Química, I.E.S. «Jorge Juan», Avinguda del General Marvá s/n, 03004 Alacant

Rafael García Molina (Alacant 1957). Llicenciat i Doctor en Ciències Físiques per la Universitat de València, sóc Professor Titular de Física Aplicada a la Universitat de Múrcia. El meu interès professional m'ha dut a publicar treballs sobre interacció de càrregues amb la matèria i sobre didàctica de la física. A més de les acti-

vitats relacionades amb la meua professió, tinc el defecte (o la virtut, segons es mire) d'il·lusionar-me i treballar en projectes que no em reporten cap benefici econòmic ni professional, però que em satisfan personalment (perquè m'ensenyen coses noves, pense que són útils per a la societat i m'ajuden a conèixer millor les persones). El treball que ara teniu a les mans, n'és un, d'aquests projectes.

A més dels articles especialitzats, derivats de les investigacions que faig a la universitat, també he publicat altres treballs més assequibles al públic en general: sóc autor, junt amb Isabel Abril, del llibre *Problemes de física* (Universitat d'Alacant, 1999), he col·laborat en el *Vocabulari de física* editat per les universitats valencianes i la Generalitat Valenciana (accessible a través de l'adreça electrònica <http://sic.uji.es/serveis/slt/asst/vox/fis.html>) i he publicat diversos treballs sobre divulgació i ensenyament de la física, alguns dels quals han sigut premiats per la Real Sociedad Española de Física en el concurs *Física en Acción* dels anys 2000 i 2001. Aquelles persones que estiguen interessades en conèixer més detalls d'allò que faig, poden consultar la adreça electrònica <http://bohr.fcu.um.es/miembros/rgm/index.html>

Luis A. Villada Lobete (Palència). Llicenciat en Química per la Universitat de Valladolid. Resideix a Alacant des de 1979. Catedràtic de Física i Química a l'ensenyament secundari. Ha sigut director i cap d'estudis de l'I.E.S. «Azorín», d'Elda (on va residir 5 anys) i cap d'estudis i cap de departament a l'I.E.S. «Jorge Juan», d'Alacant, on treballa actualment. Forma part de l'equip que prepara el projecte del futur museu de ciències amb els fons antics de l'I.E.S. «Jorge Juan», d'Alacant.