

L'Institut de Física Corpuscular (IFIC)*

Centre mixt CSIC-Universitat de València

Història

L'Institut de Física Corpuscular (IFIC) poseeix una ja llarga història: els seus orígens es remunten a l'any 1951, amb la creació del Centre de Física Fotocorpuscular, per part del professor J. Catalá, com a centre associat a l'Institut de Òptica Daza de Valdés, del CSIC, Madrid. Es va dedicar a la investigació fonamental en el domini de la física nuclear experimental, mitjançant l'ús de la tècnica d'emulsions.

L'any 1970, l'IFIC es va constituir en Centro Coordinado del CSIC, sota la direcció del professor F. Senent, mantenint la seua tradició investigadora bàsica, tot i que en va afegir una altra de més aplicada, en el camp de la radioactivitat ambiental.

El canvi en la política científica espanyola en la dècada dels 80, la reincorporació d'Espanya al Laboratori Europeu de Física de Partícules (CERN, Ginebra), la nova actitud del CSIC i de les universitats, són factors que tradueixen un major dinamisme i atenció de la societat espanyola de llavors cap a l'activitat científica. Tot això va afavorir la constitució de l'IFIC com a centre mixt Universitat de València-CSIC el juliol de 1985. A les tradicionals línies de recerca, se n'hi afegiren unes quantes més, a causa de la incorporació d'un grup d'investigadors del departament de Física Teòrica de la Universitat. L'Institut va quedar articulad al voltant de quatre unitats d'investigació: Física d'Altes Energies, Física Nuclear, Radioactivitat i Física Teòrica.

Finalment, i responent a la nova realitat generada pel desenvolupament de la investigació en la dècada 1985-95, l'IFIC va decidir concentrar-se exclusivament en la investigació bàsica en física nuclear i de partícules, i per això es va reorganitzar el 1996 en dues unitats: Física Experimental i Física Teòrica.

Ubicació

L'IFIC està situat al campus de Burjassot de la Universitat de València. Disposa de dos tipus de locals:

- Espai cedit pels departaments de Física Atòmica, Molecular i Nuclear i de Física Teòrica, on es troben les dependències administratives, els despatxos dels investigadors i els Laboratoris de Física Nuclear.

*Presentació realitzada per **Jorge Velasco**, director de l'Institut

- Espai propi: el Laboratori de Física d'Altes Energies, situat en una nau experimental, on també es troba el Centre de Càlcul, amb una superfície d'uns 500 m².

Personal

Per la seua condició de centre mixt, el personal de l'Institut pertany siga al CSIC siga a la Universitat de València. A finals de 1997, el total de membres era de 105 persones. La taula següent reflecteix la situació (on hem inclòs també els becaris postdoctorals i els professors visitants):

CIENTÍFICS		51
BECARIS		28
TÈCNICS	Contractats	4
	Funcionaris	5
ADMINISTRATIUS	Contractats	1
	Funcionaris	5
POSTDOCS I VISITANTS		15

La xifra total, així com les contribucions parcials, romanem relativament estables des de fa uns anys.

Línies de recerca

La investigació de l'IFIC es realitza en dues unitats: Física Experimental i Física Teòrica.

Unitat de Física Experimental

Composta per unes 40 persones, entre científics i tècnics, l'activitat de la unitat es realitza en física d'altres energies, física nuclear i astropartícules.

Els grups d'altres energies se centren essencialment a estudiar la teoria estàndard i els seus possibles límits, amb els acceleradors del CERN: l'experiment DELPHI en el Large Electron Positron (LEP), actualment en servei, i l'experiment ATLAS per al futur Large Hadron Collider (LHC), que entrarà en funcionament al voltant del 2005. DELPHI, i encara més ATLAS, són col·laboracions que reuneixen físics de tot el món (ATLAS és un exemple de col·laboració planetària, més que internacional: 1.500 físics de 150 laboratoris de 30 països). També es treballa amb el Tevatron, accelerador de Fermilab (Chicago) on l'experiment CDF va descobrir el quark *top*.

Els grups de física nuclear realitzen experiments en diferents laboratoris europeus (GSI a Alemanya, GANIL a França, AGOR a Holanda i Legnaro a Itàlia), i se centren en estudis d'estructura nuclear en condicions extremes.

En astropartícules, l'activitat se centra en l'estudi de fonts gamma amb satèl·lits (INTEGRAL) i de neutrinos còsmics en detectors submarins (ANTARES).

DELPHI, el projecte més veterà, iniciat el 1984, analitza les propietats de les interaccions $e^+ - e^-$ a les energies del LEP. L'IFIC ha construït completament el TOF i s'encarrega del seu manteniment. També ha participat en el calorímetre electromagnètic *forward* (FEM). Les línies actuals més actives d'investigació són:

- Recerca de les partícules predites per les teories supersimètriques a les noves energies del LEP (183 GeV en l'últim període de funcionament).
- Estudi precís de la probabilitat que el bosó Z^0 es desintegre en quarks de tipus *bottom* a 170 GeV d'energia, mesura crítica per a la teoria estàndard.
- Cromodinàmica quàntica (QCD): comprovació de la variació de la massa del quark *bottom* amb l'energia.
- Mesura de les fraccions de desintegració semileptòniques del quark *bottom*.

El Projecte Tical d'ATLAS. El calorímetre hadrònic d'ATLAS ("Tile-Calorimeter") utilitza la tècnica del *sandwich* ferrocentellejador, amb la idea original de situar les cèl·lules de centelleig perpendicularment a l'eix de simetria del cilindre, llegides per fibres òptiques (WLS) acoblades a fotomultiplicadors (PM) miniatura. El grup de l'IFIC contribueix en:

- **Desenvolupament dels PM** idonis, en contacte directe amb els fabricants.
- **La mecànica dels submòduls**: acoblament en l'IFIC de 300 submòduls, en estreta col·laboració amb el grup de l'IFAE de la UAB.
- **Electrònica de lectura del front end** (ROD). Disseny de les 40 targetes electròniques necessàries.

El Detector de Traces de Silici d'ATLAS. Projecte coordinat amb un grup de l'Institut de Microelectrònica de Barcelona (CNM-IMB) per construir a ATLAS el detector de traces Semiconductor Tracker (SCT). La participació equival al 3% del total del projecte SCT (4.300 MPTA). Els nostres objectius són:

- Fabricació i verificació de 220 mòduls complets, incloent-hi la caracterització d'oblades, el muntatge de la cadena d'electrònica de lectura i l'acoblament mecànic final.

- Presa de dades i avaluació d'aquestes per jutjar la viabilitat de funcionament dels dissenys triats en l'entorn LHC d'alta radiació.
- Optimització Monte-Carlo del disseny final del detector per aprofitar-lo millor i explotar-ne els canals físics d'interès en el nou rang d'energies accessible al LHC, ~ 1 TeV.
- Estudi de la possible construcció d'aquests detectors a Espanya, i més concretament al CNM-IMB.

La superfície total de material actiu de silici dels 220 mòduls és de 3 m^2 , amb tecnologia p^+n i electrònica de lectura binària, operant el sistema a la temperatura més uniforme possible, al voltant de -7°C . Amb això s'espera assegurar-ne el funcionament a nivells que garanteixen una alta eficiència de reconstrucció de traces i de vèrtex secundaris durant tot el període d'operació del LHC.

Espectroscòpia gamma. Es fan estudis d'estructura nuclear en nuclis sota condicions extremes, explorant els nuclis propers a $N = Z$, on els efectes de la interacció nucleó-nucleó són més patents (ja que protons i neutrons ocupen els mateixos orbitals), o nuclis tan allunyats de l'estabilitat, però encara sintetitzables, on la ressonància Gamow-Teller geganta és accessible en desintegracions β^+ .

Els experiments es realitzen en acceleradors de partícules amb ions pesants i la radiació gamma emesa pels nuclis excitats es mesura amb boles que contenen fins a 240 cristalls de Ge hiperpur (espectroscòpia d'alta resolució), o amb un sol cristall de grans dimensions de NaI (espectroscòpia d'absorció total).

Reaccions Nuclears. Estudi experimental de la matèria nuclear comprimida i escalfada i de l'equació d'estat de la matèria nuclear. Aquestes recerques són realitzades al si de les col·laboracions internacionals TAPS i HADES.

El detector TAPS està dissenyat per mesurar fotons d'alta energia. Es trasllada a diversos acceleradors d'Europa (GANIL a França, MAMI i SIS (GSI) a Alemanya, AGOR (KVI) a Holanda i SPS (CERN) a Suïssa), per tal d'estudiar reaccions nuclears a diferents energies i amb diferents projectils.

El detector HADES està actualment en construcció al GSI de Darmstadt (Alemanya) i el seu objectiu és l'estudi de la modificació de l'estructura dels mesons vectorials quan es propaguen en la matèria nuclear, mesurant la seua desintegració en electrons i positrons.

ANTARES. L'astrofísica de neutrinos és una branca molt jove que obrirà una nova finestra d'observació de l'univers, en ser capaç de mostrar fenòmens no observables amb fotons.

ANTARES proposa situar un gran detector en una fossa oceànica per mesurar neutrinos còsmics de molt

alta energia ($\geq 10^{15}$ eV). Actualment s'intenta demostrar la viabilitat del detector amb la construcció d'un prototipus ("demonstrator"). L'IFIC hi participa en la caracterització dels fotomultiplicadors i en el disseny i construcció d'un sistema de calibratge temporal global per làser del detector.

INTEGRAL i *LEGRI*. Es proposa cartografiar les fonts gamma del cel amb energies entre 2 KeV i 10 MeV, amb una precisió angular i una resolució en energia que milloren en més d'un ordre de magnitud els resultats fins ara existents.

LEGRI pretén demostrar la viabilitat tecnològica d'una nova generació de detectors d'estat sòlid (CdTe i HgI₂) a l'espai exterior. Llençat l'abril de 1997 a bord de MINISAT-01, estem processant les dades enviades per l'instrument.

Unitat de Física Teòrica

L'activitat en física teòrica de l'IFIC cobreix un rang molt ampli de matèries en el camp de la física matemàtica, la física nuclear i la física de les partícules elementals, així com les seves conseqüències en l'astrofísica i la cosmologia. S'investiguen tant els aspectes formals de la teoria quàntica dels camps com la fenomenologia de les interaccions fonamentals de la naturalesa en tot el rang de les energies disponibles en els experiments actuals (i futurs). Les línies d'investigació principals que se segueixen són:

- Gravetat quàntica.
- Simetries i quantització: Teories *gauge* i anomalies. Deformació de simetries.
- Sistemes dinàmics: Integradors simplèctics. Sistemes no lineals. Evolució de sistemes clàssics i quàntics.
- Física hadrònica a baixes energies: Hipernuclis. Difusió profundament inelàstica en nuclis. Drell-Yan nuclear. Reaccions de producció de pions. Interacció de fotons, electrons i neutrinos en nuclis.
- Problemes de molts cossos: Matèria nuclear. Efectes de temperatura en les excitacions nuclears. Teories microscòpiques. Estructura nuclear. Líquids quàntics.
- Física hadrònica a energies intermèdies: Propietats estàtiques i variació amb la densitat. Espectre d'exòtics. Difusió profundament inelàstica: distribucions de partons.
- Teoria de camps no pertorbativa: Bosonització. Teories efectives per a nucleons. Dinàmica de nucleons.
- Fenomenologia de les interaccions electrofebles: Dinàmica del sabor. Violació de CP.

- QCD pertorbativa: Jets de QCD. Efectes de QCD en desintegracions de leptons tau. Masses de quarks pesats.
- QCD no pertorbativa: QCD en el reticle. Masses de quarks lleugers i pesats en el reticle. Regles de suma.
- Teories efectives de camps: Fonaments de les teories efectives de camps. Teoria de perturbacions quirals. Aplicacions. Mètodes no pertorbatius en lagrangians quirals. Teoria efectiva de quarks pesats. Trencament dinàmic de simetries. Estudi de nova física amb teories efectives.
- Teories de camps a temperatura finita i aplicacions.
- Física més enllà del model estàndard: Supersimetria. Violació de la paritat R. Teoria de cordes. Models duals. Violació del número leptònic i neutrinos massius.
- Conseqüències de la física de partícules i nuclear en astrofísica i cosmologia. Neutrinos en astrofísica i cosmologia. Objectes compactes en astrofísica. Bariogènesi.

La CICYT (Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología) finança els següents projectes d'investigació de la unitat: *Geometría, grupos, teoría de campos y supersimetría, Física nuclear y de hadrones a energías intermedias, Interacciones fundamentales y sus implicaciones experimentales, Efectos asociados a la teoría estándar en física de partículas y nuclear, Neutrinos en astrofísica y cosmología, Interacciones Fundamentales y Física Nuclear, El Problema de muchos cuerpos*.

Alguns membres de la unitat constitueixen nodes de les xarxes científiques *Eurodaphne, Physics beyond the standard model, Many-body description of hadrons and nuclei, Hadronic physics with high-energy electromagnetic probes, Microscopic Quantum Many-Body Theories*, de la Unió Europea.

Finançament

La major part del finançament per a projectes científics de l'IFIC s'aconsegueix a través del Plan Nacional de I+D. Cal destacar la contribució, cada volta creixent, de la Unió Europea. El 1997, per a un total de cap a 190 MPTA, obtinguts pels nostres investigadors, la distribució percentual ha estat:

- Projectes de la CICYT (Programa Nacional de Altas Energías): 72 %
- Projectes de la DGICYT (Promocion General del Conocimiento): 12 %
- Unió Europea : 8 %

- Altres : 8 %

A més a més, l'IFIC té un pressupost ordinari per part del CSIC i de la Universitat, i diverses ajudes d'ambdues institucions, que s'acosta als 30 MPTA.

Resultats

L'IFIC és un centre d'investigació bàsica, l'activitat del qual pot ser reflectida en nombrosos paràmetres. Entre els més destacats figuren les publicacions en revistes internacionals de reconegut prestigi, que ronden les 150 anuals. També són molt nombroses les ponències en congressos internacionals (prop de 70), o els seminaris impartits per professors invitats (uns 60). Es dedica una especial atenció a la formació de futurs investigadors i els investigadors de l'IFIC duen a terme una intensa activitat en els programes universitaris de tercer cicle. La mitjana anual és de 6 tesis i 8 tesines.

El Centre de Càlcul

L'IFIC ha donat, des del començament, una gran importància a la informàtica, per ser indispensable en el treball quotidià dels seus investigadors. Els ordinadors, de què han anat disposant els físics d'aquesta institució s'han emprat en tasques variades com ara simulació, adquisició, anàlisi i visualització de dades, càlcul numèric, àlgebra simbòlica i comunicació de resultats i experiències. La comunicació entre equips propis i equips remots d'altres institucions és obligada per a la projecció internacional de l'IFIC i per la necessitat dels investigadors d'intercanviar resultats amb altres col·legues. Aquest interès va impulsar l'IFIC, al seu moment, a convertir-se en un dels gèrmens de la xarxa local de la Universitat de València.

El servei d'informàtica de l'IFIC s'encarrega de posar en marxa els nous equips, de gestionar-los, d'avaluar i instal·lar noves aplicacions i material, i de donar suport als seus investigadors en la resolució dels problemes d'ús i programació quotidians.

Els sistemes de què disposa l'IFIC són:

- Cluster VMS (VAX 6400 (VMS), VAX 4200 (VMS), 12 Estacions de treball, 3 Workstations Alpha DEC 4200)
- UNIX (2 DecStations 5000 DEC, 5 Workstations Alpha DEC4200 14 Workstation HP)
- Sistemes personals: 60 PC

El Cluster VMS ha quedat ja obsolet i es planeja substituir-lo en un termini breu. Encara que a hores d'ara no proporcione un mitjà de càlcul comparable al d'una estació de treball de darrera generació, es manté perquè realitza una tasca important gestionant serveis, com ara els serveis d'impressió, correu electrònic, etc.,

que, sense requerir una gran quantitat de CPU, necessiten d'una alta disponibilitat.

La majoria dels investigadors disposen d'un ordinador personal compatible amb el sistema operatiu Linux. Aquest sistema fou triat perquè proporciona l'entorn Unix i el sistema X11 de gràfics. Això el fa ideal per consolidar un ambient de treball homogeni entre estacions de treball i ordinadors personals. Alguns dels ordinadors personals utilitzen MS-DOS i Windows en les seues distintes varietats i un nombre encara anecdòtic empren Windows-NT.

Al llarg de 1996 s'ha posat en marxa un servidor institucional de WWW per facilitar informació sobre l'IFIC a altres investigadors i al públic en general. És accessible a l'URL:

<http://www.pegaso.ific.uv.es>.

El futur

Els principals problemes que l'IFIC afronta per abordar amb garanties d'èxit el seu futur són dos:

1. *Espai*

L'espai ara disponible és insuficient per l'activitat actual desenvolupada a l'IFIC. Les institucions que patrocinen l'IFIC, el CSIC i la Universitat de València, han entès el problema i s'han posat a solucionar-lo. Gràcies al seu decidit i generós suport, pròximament l'IFIC disposarà de locals propis construïts per ambdues institucions, finançats pels programes FEDER de la Unió Europea, amb la qual cosa aquest problema podrà considerar-se resolt.

• **Universitat de València**

Al Campus de Paterna s'inaugurarà pròximament un edifici que albergarà diversos instituts universitaris i on l'IFIC disposarà de prop d'una planta i mitja de las quatre construïdes, amb una superfície propera als 1.500 m² útils.

• **CSIC**

El CSIC, per la seua banda, construirà en el mateix Campus una nau experimental que es comunicarà amb l'espai disponible a l'edifici dels instituts d'investigació, destinada a ubicar els laboratoris dels grups experimentals, laboratoris d'interès general (microelectrònica, taller mecànic), el Centre de Càlcul i disposar de despatxos addicionals. La superfície total serà de 1.600 m².

2. *Personal*

L'activitat de formació de personal científic, necessària per consolidar una infraestructura científica convenient, a l'últim decenni al nostre país no ha tingut un increment paral·lel a la dotació de

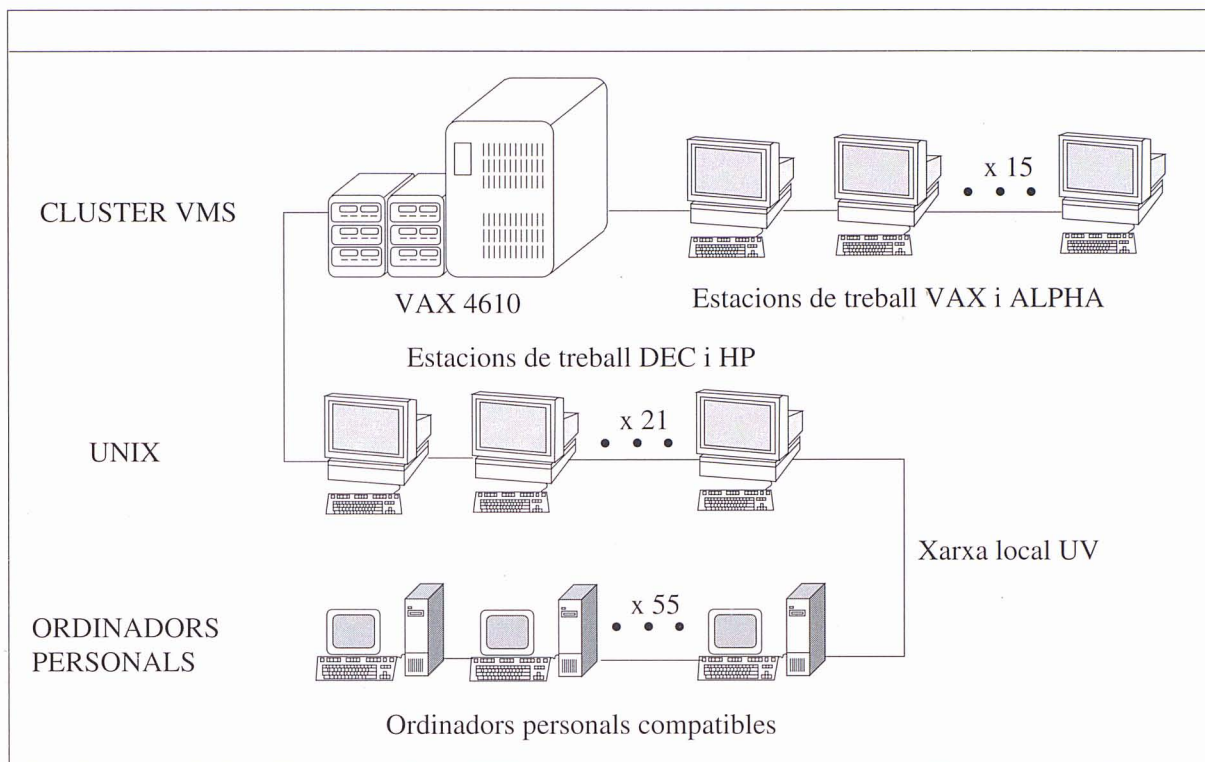


Figura 1: Sistema de càlcul científic

places. Això ha creat una difícil situació, particularment aguda en el cas dels joves i brillants investigadors formats, als quals els resulta molt difícil, per no dir impossible, integrar-se en el sistema d'R+D. L'IFIC, certament, no és aliè a aquesta situació i en

pateix les conseqüències negatives.

El problema, ara com ara, no ofereix a curt termini perspectives realistes de solució.