

URV, hi hem inclòs alguns membres dels grups de Física i Cristal·lografia de Materials, de la Facultat de Química, i d'Experimentació, Computació i Modelització en Mecànica de Fluids, de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química (els que treballen en temes més propers a la física).

Pel que fa al CSIC, hem considerat l'ICMAB (54 doctors permanents, 25 postdoctorals, 66 no-doctors, 33 tècnics i personal administratiu): departaments de Cristal·lografia, Química de l'Estat Sòlid, Materials Magnètics i Òxids Funcionals, Teoria i Simulació de Materials, Materials Moleculars i Supramoleculars, NANOMOL, Materials Nanoestructurats (11 investigadors) i Materials Superconductors i Nanoestructurats a Gran Escala (7 doctors permanents, 5 postdoctorals, 12 doctorands i 4 tècnics). De tot l'ICMAB, hem atribuït la meitat d'investigadors a la física (i els hem inclòs en el report) i l'altra meitat a la química, tal com ho vam fer en els reports anteriors. També considerem l'Institut de Ciències del Mar (Departament d'Oceanografia Física: 20 doctors, 13 no-doctors, 7 tècnics), l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera (Grup de Modelització Geofísica i Geoquímica: 5 doctors, 9 no-doctors) i l'ICE (14 investigadors permanents, 7 postdoctorals, 14 contractats amb càrrec a projectes, 18 becaris doctorands, 2 tècnics); com que tots els investigadors de l'ICE formen part de l'IEEC, hem atribuït un factor $\frac{1}{2}$ al CSIC i un factor $\frac{1}{2}$ a l'IEEC. No hem inclòs, en canvi, l'IMB, ja que la seva contribució és analitzada en el report «Tecnologies de la informació i de les comunicacions», ja esmentat.

Pel que fa als instituts CERCA, l'IFAE té 17 doctors, a més de 15 doctors de la UAB, 15 postdoctorals, 25 doctorands, 10 enginyers i 3 tècnics de recerca, i l'ICFO, 25 líders de grup (7 d'ells ERC Starting Grants i 2 ERC Advanced Grants), 4 *staff*, 26 investigadors contractats, 66 postdoctorals, 13 enginyers i 114 estudiants de doctorat. L'IEEC està compost per quatre grups: CTE-CRAE-UPC (28 doctors, 6 doctorands, 1 tècnic), ICE-CSIC (33 doctors, 18 doctorands, 9 tècnics; els hem atribuït un coeficient $\frac{1}{2}$ per al CSIC i $\frac{1}{2}$ per a l'IEEC), ACE-ICCUB (44 doctors, 30 estudiants, 9 tècnics; també els hem atribuït un factor $\frac{1}{2}$ per a la UB i $\frac{1}{2}$ per a l'IEEC) i CERES-UAB (20 doctors, 18 no-doctors; la gran majoria d'ells són d'enginyeria química, enginyeria electrònica o gestió aeronàutica, o de l'IMB hem atribuït a aquests investigadors un coeficient $\frac{1}{2}$ per a l'IEEC i un factor 0 per a la física).

Annex 2**Articles publicats entre 2003-2009 citats més de 200 vegades**

ANY 2003

- VIDAL, G.; LATORRE, J. I.; RICO, E. [et al.]. «Entanglement in quantum critical phenomena». *Physical Review Letters*, 90, 227902. Citat 1.040 vegades.
- SKUMRYEV, V.; STOYANOV, S.; ZHANG, Y.; HADJIPANAYIS, G.; GIVORD, D.; NOGUÉS, J. «Beating the superparamagnetic limit with exchange bias». *Nature*, 423, p. 850-853. Citat 847 vegades.
- NOJIRI, S.; ODINTSOV, S. D. «Modified gravity with negative and positive powers of curvature: Unification of inflation and cosmic acceleration». *Physical Review D*, 68, 123512. Citat 789 vegades.
- ABAZAJIAN, K.; ADELMAN-MCCARTHY, J. K.; AGUEROS, M. A. [et al.]. «The first data release of the Sloan Digital Sky Survey». *Astronomical Journal*, 126, p. 2081-2086. Citat 659 vegades.
- GÓMEZ, P. L.; NICHOL, R. C.; MILLER, C. J. [et al.]. «Galaxy star formation as a function of environment in the Early Data Release of the Sloan Digital Sky Survey». *Astrophysical Journal*, 584, p. 210-227. Citat 427 vegades.
- MASPOCH, D.; RUIZ-MOLINA, D.; WURST, K. [et al.]. «A nanoporous molecular magnet with reversible solvent-induced mechanical and magnetic properties». *Nature Materials*, 2, p. 190-195. Citat 384 vegades.
- JIDO, D.; OLLER, J. A.; OSET, E. [et al.]. «Chiral dynamics of the two Lambda(1405) states». *Nuclear Physics A*, 725, p. 181-200. Citat 362 vegades.
- STOKBRO, K.; TAYLOR, J.; BRANDBYGE, M. [et al.]. «Theoretical study of the nonlinear conductance of Di-thiol benzene coupled to Au(111) surfaces via thiol and thiolate bonds». *Computational Materials Science*, 27, 1-2, p. 151-160. Citat 318 vegades.
- CHIMENTO, L. P.; JAKUBI, A. S.; PAVÓN, D. [et al.]. «Interacting quintessence solution to the coincidence problem». *Physical Review D*, 67, 083513. Citat 288 vegades.

- GUIMERÀ, R.; DANON, L.; DÍAZ-GUILERA, A. [et al.]. «Self-similar community structure in a network of human interactions». *Physical Review E*, 68, 065103. Citat 277 vegades.
- CONTINO, R.; NOMURA, Y.; POMAROL, A. «Higgs as a holographic pseudo-Goldstone boson». *Nuclear Physics B*, 671, p. 148-174. Citat 270 vegades.
- ALCARAZ, J.; BUSCEMI, L.; GRABULOSA, M. [et al.]. «Microrheology of human lung epithelial cells measured by atomic force microscopy». *Biophysical Journal*, 84, p. 2071-2079. Citat 265 vegades.
- NOJIRI, S.; ODINTSOV, S. D. «Where new gravitational physics comes from: M-theory?». *Physics Letters B*, 576, p. 5-11. Citat 218 vegades.
- ARUTYUNOV, G.; FROLOV, S.; RUSSO, J. [et al.]. «Spinning strings in AdS(5) X S-5 and integrable system». *Nuclear Physics B*, 671, p. 3-50. Citat 212 vegades.
- PASCUAL, J. I.; LORENTE, N.; SONG, Z. [et al.]. «Selectivity in vibrationally mediated single-molecule chemistry». *Nature*, 423, 6939, p. 525-528. Citat 203 vegades.

ANY 2004

- ABAZAJIAN, K.; ADELMAN-MCCARTHY, J. K.; AGUEROS, M. A. [et al.]. «The second data release of the Sloan Digital Sky Survey». *Astronomical Journal*, 128, p. 502-512. Citat 681 vegades.
- ELIZALDE, E.; NOJIRI, S.; ODINTSOV, S. D. «Late-time cosmology in a (phantom) scalar-tensor theory: Dark energy and the cosmic speed-up». *Physical Review D*, 70, 043539. Citat 491 vegades.
- PUTAUD, J. P.; RAES, F.; DINGENEN, R. van [et al.]. «European aerosol phenomenology-2: chemical characteristics of particulate matter at kerbside, urban, rural and background sites in Europe». *Atmospheric Environment*, 38, p. 2579-2595. Citat 407 vegades.
- MASPOCH, D.; RUIZ-MOLINA, D.; VECIANA, J. «Magnetic nanoporous coordination polymers». *Journal of Materials Chemistry*, 14, 18, p. 2713-2723. Citat 359 vegades.
- ASTRAKHARCHIK, G. E.; BORONAT, J.; CASULLERAS, J. [et al.]. «Equation of state of a Fermi gas in the BEC-BCS crossover: A quantum Monte Carlo study». *Physical Review Letters*, 9, 200404. Citat 335 vegades.

- LATORRE, J. I.; RICO, E.; VIDAL, G. «Ground state entanglement in quantum spin chains». *Quantum Information & Computation*, 4, p. 48-92. Citat 332 vegades.
- FALCONE, F.; LOPETEGI, T.; LASO, M. A. G. [et al.]. «Babinet principle applied to the design of metasurfaces and metamaterials». *Physical Review Letters*, 93, 197401. Citat 288 vegades.
- NOJIRI, S.; ODINTSOV, S. D. «Modified gravity with $\ln R$ terms and cosmic acceleration». *General Relativity and Gravitation*, 36, p. 1765-1780. Citat 267 vegades.
- NOJIRI, S.; ODINTSOV, S. D. «Final state and thermodynamics of a dark energy universe». *Physical Review D*, 70, 103522. Citat 262 vegades.
- BARBIERI, R.; POMAROL, A.; RATTAZZI, R. [et al.]. «Electroweak symmetry breaking after LEP1 and LEP2». *Nuclear Physics B*, 703, 127. Citat 255 vegades.
- FU, C. C.; WILLAIME, F.; ORDEJÓN, P. «Stability and mobility of mono- and di-interstitials in alpha-Fe». *Physical Review Letters*, 92, 17, 175503. Citat 238 vegades.
- QUEROL, X.; ALASTUEY, A.; RUIZ, C. R. [et al.]. «Speciation and origin of PM10 and PM2.5 in selected European cities». *Atmospheric Environment*, 38, p. 6547-6555. Citat 229 vegades.
- CORMA, A.; REY, F.; RIUS, J. [et al.]. «Supramolecular self-assembled molecules as organic directing agent for synthesis of zeolites». *Nature*, 431, 7006, p. 287-290. Citat 227 vegades.
- CORRAL, A. «Long-term clustering, scaling, and universality in the temporal occurrence of earthquakes». *Physical Review Letters*, 92, 108501. Citat 220 vegades.
- MAULTZSCH, J.; REICH, S.; THOMSEN, C. [et al.]. «Phonon dispersion in graphite». *Physical Review Letters*, 92, 075501. Citat 207 vegades.

ANY 2005

- KRENKE, T.; DUMAN, E.; ACET, M. [et al.]. «Inverse magnetocaloric effect in ferromagnetic Ni-Mn-Sn alloys». *Nature Materials*, 4, p. 450-454. Citat 651 vegades.
- ACOSTA, D.; ADELMAN, J.; AFFOLDER, T. [et al.]. «CDF Collaboration, Measurement of the J/ψ meson and b-hadron production cross sections in $p(\bar{p})$ over-bar

- collisions at root $s=1960$ GeV». *Physical Review D*, 71, 032001. Citat 543 vegades.
- ARGYRIS, A.; SYVRIDIS, D.; LARGER, L. [et al.]. «Chaos-based communications at high bit rates using commercial fibre-optic links». *Nature*, 438, p. 343-346. Citat 539 vegades.
- ABAZAJIAN, K.; ADELMAN-MCCARTHY, J. K.; AGUEROS, M. A. [et al.]. «The third data release of the Sloan digital Sky Survey». *Astronomical Journal*, 129, 1755. Citat 507 vegades.
- NOJIRI, S.; ODINTSON, S. D.; TSUJIKAWA, S. «Properties of singularities in the (phantom) dark energy universe». *Physical Review D*, 71, 6, 063004. Citat 495 vegades.
- DANON, L.; DÍAZ-GUILERA, A.; DUCH, J. [et al.]. «Comparing community structure identification». *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, P09008. Citat 461 vegades.
- AGASHE, K.; CONTINO, R.; POMAROL, A. «The minimal composite Higgs model». *Nuclear Physics B*, 719, p. 165-187. Citat 420 vegades.
- DUCH, J.; ARENAS, A. «Community detection in complex networks using extremal optimization». *Physical Review E*, 72, 027104. Citat 414 vegades.
- COLLIN, D.; RITORT, F.; JARZYNSKI, C. [et al.]. «Verification of the Crooks fluctuation theorem and recovery of RNA folding free energies». *Nature*, 437, 7056, p. 231-234. Citat 385 vegades.
- ALIU, E.; ANDRINGA, S.; AOKI, S. [et al.]. «K2K Collaboration, Evidence for muon neutrino oscillation in an accelerator-based experiment». *Physical Review Letters*, 94, 081802. Citat 384 vegades.
- DA ROLD, L.; POMAROL, A. «Chiral symmetry breaking from five-dimensional spaces». *Nuclear Physics B*, 721, p. 79-97. Citat 381 vegades.
- MALOMED, B. A.; MIHALACHE, D.; WISE, F.; TORNER, L. «Spatiotemporal optical soliton». *Journal of Optics B*, 7, R53-R72. Citat 362 vegades.
- BUCHMULLER, W.; DI BARI, P.; PLUMACHER, M. «Leptogenesis for pedestrians». *Annals of Physics*, 315, p. 305-351. Citat 324 vegades.
- AUBERT, B.; BARATE, R.; BOUTIGNY, D. [et al.]. «BaBar Collaboration, Observation of a broad structure in the $\pi^+\pi^-J/\psi$ mass spectrum around 4.26 GeV/c(2)». *Physical Review Letters*, 95, 142001. Citat 318 vegades.

- NOJIRI, S.; ODINTSOV, S. D. «Inhomogeneous equation of state of the universe: Phantom era, future singularity, and crossing the phantom barrier». *Physical Review D*, 72, 2, 023003. Citat 290 vegades.
- KRENKE, T.; ACET, M.; WASSERMANN, E. F. [et al.]. «Martensitic transitions and the nature of ferromagnetism in the austenitic and martensitic states of Ni-Mn-Sn alloys». *Physical Review B*, 72, 1, 014412. Citat 289 vegades.
- BUSTAMANTE, C.; LIPHARDT, J.; RITORT, F. «The nonequilibrium thermodynamics of small systems». *Physics Today*, 58, 7, p. 43-48. Citat 287 vegades.
- PAVÓN, D.; ZIMDAHL, W. «Holographic dark energy and cosmic coincidence». *Physics Letters B*, 628, p. 206-210. Citat 260 vegades.
- NOJIRI, S.; ODINTSOV, S. D.; SASAKI, M. «Gauss-Bonnet dark energy». *Physical Review D*, 71, 12, 2005. Citat 252 vegades.
- FAMAEEY, B.; JORISSEN, A.; LURI, X. [et al.]. «Local kinematics of K and M giants from CORAVEL/Hipparcos/Tycho-2 data - Revisiting the concept of superclusters». *Astronomy & Astrophysics*, 430, p. 165-186. Citat 237 vegades.
- AUBERT, B.; BARATE, R.; BOUTIGNY, D. [et al.]. «BABAR Collaboration, Measurement of double charmonium production in $e^{+}e^{-}$ annihilations at $\sqrt{s}=10.6$ GeV». *Physical Review D*, 72, 031101. Citat 236 vegades.
- ELIZALDE, E.; NOJIRI, S.; ODINTSOV, S. D. [et al.]. «Dark energy: Vacuum fluctuations, the effective phantom phase, and holography». *Physical Review D*, 71, 103504. Citat 233 vegades.
- SCARANI, V.; IBLISDIR, S.; GISIN, N. [et al.]. «Quantum cloning». *Reviews of Modern Physics*, 77, p. 1225-1256. Citat 224 vegades.
- DESYATNIKOV, A. S.; KIVSHAR, Y. S.; TORNER, L. «Optical vortices and vortex solitons». A: WOLF, E. (ed.). *Progress in Optics*, 47, p. 291-391. Citat 207 vegades.

ANY 2006

- ADELMAN-MCCARTHY, J. K.; AGUEROS, M. A.; ALLAM, S. S. [et al.]. «The Fourth Data Release of the Sloan Digital Sky Survey». *Astrophysical Journal Supplement Series*, 162, p. 38-48. Citat 767 vegades.

- BROWNLEE, D.; TSOU, P.; ALEON, J. [et al.]. «Research article - Comet 81P/Wild 2 under a microscope». *Science*, 314, p. 1711-1716. Citat 427 vegades.
- NOJIRI, S.; ODINTSOV, S. D.; SAMI, M. «Dark energy cosmology from higher-order, string-inspired gravity, and its reconstruction». *Physical Review D*, 74, 046004. Citat 411 vegades.
- AHN, M. H.; ALIU, E.; ANDRINGA, S. [et al.]. «K2K Collaboration, Measurement of neutrino oscillation by the K2K experiment». *Physical Review D*, 74, 072003. Citat 384 vegades.
- ARENAS, A.; DÍAZ-GUILERA, A.; PÉREZ-VICENTE, C. J. «Synchronization reveals topological scales in complex networks». *Physical Review Letters*, 96, 114102. Citat 288 vegades.
- CAPOZZIELLO, S.; NOJIRI, S.; ODINTSOV, S. D. [et al.]. «Cosmological viability of f(R)-gravity as an ideal fluid and its compatibility with a matter dominated phase». *Physics Letters B*, 639, p. 135-143. Citat 282 vegades.
- ABULENCIA, A.; ADELMAN, J.; AFFOLDER, T. [et al.]. «CDF Collaboration, Observation of B(s)(0)B(s)(0) oscillations». *Physical Review Letters*, 97, 242003. Citat 276 vegades.
- COPPIN, K.; CHAPIN, E. L.; MORTIER, A. M. J. [et al.]. «The SCUBA half-degree extragalactic survey - II. Submillimetre maps, catalogue and number counts». *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 372, 4, p. 1621-2006. Citat 273 vegades.
- AGASHE, K.; CONTINO, R.; DA ROLD, L. [et al.]. «A custodial symmetry for Zb(b)over-bar». *Physics Letters B*, 641, p. 62-66. Citat 272 vegades.
- ALBERT, J.; ALIU, E.; ANDERHUB, H. [et al.]. «Variable very-high-energy gamma-ray emission from the microquasar LS I +61 303». *Science*, 312, p. 1771-1773. Citat 267 vegades.
- NOJIRI, S.; ODINTSOV, S. D. «Unifying phantom inflation with late-time acceleration: scalar phantom-non-phantom transition model and generalized holographic dark energy». *General Relativity and Gravitation*, 38, p. 1285-1304. Citat 262 vegades.
- WEIGLEIN, G. [et al.]. «Physics interplay of the LHC and the ILC». *Physics Reports*, 426, p. 47-358. Citat 261 vegades.

KRENKE, T.; ACET, M.; WASSERMANN, E. F. [*et al.*]. «Ferromagnetism in the austenitic and martensitic states of Ni-Mn-In alloys». *Physical Review B*, 73. Citat 250 vegades.

AGUILAR SAAVEDRA, J. A. [*et al.*]. «Supersymmetry Parameter analysis: SPA convention and project». *European Physical Journal C*, 46, p. 43-60. Citat 208 vegades.

ANY 2007

NOJIRI, S.; ODINTSOV, S. D. «Introduction to modified gravity and gravitational alternative for dark energy, 42nd Winter School of Theoretical Physics on Current Mathematical Topics in Gravitation and Cosmology Location: Ladek Zdroj, Poland». *International Journal of Geometric Methods in Modern Physics*, 4, p. 115-145. Citat 946 vegades.

LEWENSTEIN, M.; SANPERA, A.; AHUFINGER, V. «Ultracold atomic gases in optical lattices: mimicking condensed matter physics and beyond». *Advances in Physics*, 56, p. 243-379. Citat 857 vegades.

ADELMAN-MCCARTHY, J. K.; AGUEROS, M. A.; ALLAM, S. S. [*et al.*]. «The Fifth Data Release of the Sloan Digital Sky Survey». *Astrophysical Journal Supplement Series*, 172, p. 634-644. Citat 482 vegades.

GAJEK, M.; BIBES, M.; FUSIL, S. [*et al.*]. «Tunnel junctions with multiferroic barriers». *Nature Materials*, 6, p. 296-302. Citat 406 vegades.

MOLINA-TERRIZA, G.; TORRES, J. P.; TORNER, L. «Twisted photons». *Nature Physics*, 3, p. 305-310. Citat 337 vegades.

SCHNEIDER, D. P.; HALL, P. B.; RICHARDS, G. T. [*et al.*]. «The Sloan digital sky survey quasar catalog. IV. Fifth data release». *Astronomical Journal*, 134, p. 102-117. Citat 307 vegades.

CUSCÓ, R.; ALARCÓN-LLADÓ, E.; IBÁÑEZ, J. [*et al.*]. «Temperature dependence of Raman scattering in ZnO». *Physical Review B*, 75, 165202. Citat 303 vegades.

ACÍN, A.; BRUNNER, N.; GISIN, N. [*et al.*]. «Device-independent security of quantum cryptography against collective attacks». *Physical Review Letters*, 98, 230501. Citat 291 vegades.

- LOSCHEN, C.; CARRASCO, J.; NEYMAN, K. M. [*et al.*]. «First-principles LDA plus U and GGA plus U study of cerium oxides: Dependence on the effective U parameter». *Physical Review B*, 75, 035115. Citat 239 vegades.
- GUTIÉRREZ, J.; LLORDÉS, A.; GÁZQUEZ, J. [*et al.*]. «Strong isotropic flux pinning in solution-derived YBa₂Cu₃O_{7-x} nanocomposite superconductor films». *Nature Materials*, 6, p. 367-373. Citat 238 vegades.
- TAMINIAU, T. H.; MOERLAND, R. J.; SEGERINK, F. B. [*et al.*]. « $\lambda/4$ Resonance of an optical monopole antenna probed by single molecule fluorescence». *Nano Letters*, 7, p. 28-33. Citat 207 vegades.

ANY 2008

- AUSLER, C.; DOSER, M.; ANTONELLI, M. [*et al.*]. «Review of particle physics». *Physics Letters B*, 667, 1. Citat 4.176 vegades.
- ADELMAN-McCARTHY, J. K.; AGUEROS, M. A. [*et al.*]. «The Sixth Data Release of the Sloan Digital Sky Survey». *Astrophysical Journal Supplement Series*, 175, p. 297-313. Citat 871 vegades.
- ARENAS, A.; DÍAZ-GUILERA, A.; KURTHS, J. [*et al.*]. «Synchronization in complex networks». *Physics Reports*, 469, p. 93-153. Citat 805 vegades.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, M. C.; MALTONI, M. «Phenomenology with massive neutrinos». *Physics Reports*, 460, p. 1-129. Citat 386 vegades.
- TAMINIAU, T. H.; STEFANI, F. D.; SEGERINK, F. B. [*et al.*]. «Optical antennas direct single-molecule emission». *Nature Photonics*, 2, p. 234-237. Citat 317 vegades.

ANY 2009

- ABAZAJIAN, K.; ADELMAN-McCARTHY, J. K.; AGUEROS, M. A. [*et al.*]. «The Seventh Data Release of the Sloan Digital Sky Survey». *Astrophysical Journal Supplement Series*, 182, p. 543-558. Citat 1.776 vegades.
- ATWOOD, W. B.; ABDO, A. A.; ACKERMANN, M. [*et al.*]. «The Large Area Telescope on the Fermi Gamma-ray Space Telescope Mission». *Astrophysical Journal*, 697, p. 1071-1102. Citat 959 vegades.

- ABDO, A. A.; ACKERMANN, M.; AJELLO, M. [*et al.*]. «Measurement of the Cosmic Ray $e^{(+)}+e^{(-)}$ Spectrum from 20 GeV to 1 TeV with the Fermi Large Area Telescope». *Physical Review Letters*, 102, 181101. Citat 591 vegades.
- GUEHNE, O.; TOTH, G. «Entanglement detection». *Physics Reports*, 474, p. 1-75. Citat 375 vegades.
- ABDO, A. A.; ACKERMANN, M.; ARIMOTO, M. [*et al.*]. «Fermi LAT Collaboration; Fermi GBM Collaboration , Fermi Observations of High-Energy Gamma-Ray Emission from GRB 080916C». *Science*, 323, p. 1688-1693. Citat 341 vegades.
- ABDO, A. A.; ACKERMANN, M.; AJELLO, M. [*et al.*]. «Fermi LAT Collaboration, Fermi Large Area Telescope Bright Gamma-ray Source List». *Astrophysical Journal Supplement Series*, 183, 46. Citat 250 vegades.
- ABDO, A. A.; ACKERMANN, M.; AJELLO, M. [*et al.*]. «Bright active galactic nuclei source list from the first three months of the Fermi large area telescope all-sky survey». *Astrophysical Journal*, 700, p. 597-622. Citat 224 vegades.

Annex 3

Temes de recerca

Abans de comentar les línies de recerca en física a Catalunya, presentem una breu panoràmica dels progressos més remarcables durant el període 2003-2009, cosa que contribueix a emmarcar les recerques dutes a terme en el nostre país i a jutjar el grau de dinamisme i d'adaptació dels nostres grups d'investigadors a les noves tendències i temes de recerca.

3.1. REPÀS DELS PROGRESSOS DE FÍSICA EN EL MÓN

En grans línies, els temes prioritaris en les perspectives de la física en la primera dècada del segle XXI han estat: desenvolupament de tecnologies quàntiques, creació de nous materials, comprensió de sistemes complexos, exploració de l'Univers, unificació de les forces i aplicació de la física a la biologia.

Pel que fa a la física quàntica, destaca l'interès per temes molt fonamentals referents a la comprensió bàsica de l'entrellaçament de funcions d'ona de sistemes en interacció o del col·lapse de la funció d'ona i la seva aplicació a qüestions de tractament de la informació, encriptació i teleportació, amb un grau de control cada vegada més gran. Pel que fa a l'exploració d'idees quàntiques en situacions límit de la matèria, destaca l'estudi molt detallat i des de moltes perspectives de la condensació de Bose-Einstein. Finalment, cal al·ludir a sistemes de baixa dimensionalitat, com punts quàntics, nanotúbuls o sistemes bidimensionals, amb aplicacions creixents a la nanoelectrònica.

L'exploració de l'Univers ha estat marcada per una àmplia collita de resultats del telescopi espacial *Hubble*, entre els quals destaca l'observació de molts sistemes planetaris en formació en estrelles relativament properes i l'observació de galàxies extremadament distants en procés de formació. L'observació de sistemes planetaris ha estat un dels objectius dels satèl·lits *COROT* (Convection, Rotation and Planetary Transits), llançat per l'ESA el 2006, en actiu fins al 2013, i *Kepler*, llançat per l'Administració Nacional d'Aeronàutica i de l'Espai (NASA) el 2009. La formació d'estrelles i sistemes planetaris ha estat l'objectiu de l'observatori espacial *Herschel*,

llançat el 2009. L'exploració detallada de les fluctuacions del fons de microones a partir de les dades subministrades pel satèl·lit *WMAP* (Sonda Wilkinson d'Anisotropia de Microones), llançat per la NASA el 2001, ha donat informacions més detallades sobre l'edat, el contingut i la geometria de l'Univers, i sobre les oscil·lacions acústiques bariòniques. L'ha succeït, des del 2009, el satèl·lit *Planck* de l'ESA, que ha començat a proporcionar dades molt detallades el 2012.

L'observació de l'Univers s'ha eixamplat a nous dominis de longituds d'ona, com per exemple els raigs X i els raigs gamma, per a l'estudi dels darrers dels quals fou inaugurat el 2003 l'observatori MAGIC a les illes Canàries i el 2008 fou llançat per la NASA el satèl·lit *Fermi*: aquests sistemes permeten observar els fenòmens més violents de l'Univers, com nuclis actius de galàxies, col·lisions d'estrelles de neutrons o alguns altres mecanismes, encara poc coneguts, d'acceleració de partícules. Els estudis sobre matèria fosca i energia fosca han estat altres protagonistes de la física d'aquest període.

La distribució espacial de matèria fosca i la seva correlació amb les galàxies de matèria visible han estat observades pel *Hubble*, la Sloan Digital Sky Survey (del 2008 al 2011) o la Dark Matter Survey, o, a escala més puntual, l'observació més o menys directa dels efectes de la matèria fosca sobre una col·lisió de galàxies, el 2006.

En un marc més clàssic, el de la relativitat general einsteiniana, segueix l'interès per la detecció de les ones gravitatòries, amb estudis com els del LIGO (Observatori d'Ones Gravitatòries per Interferometria Làser), entre el 2002 i el 2011 (amb una reactivació prevista per al 2014), i projectes en curs com el LISA (Antena Espacial d'Interferometria Làser), el desenvolupament del qual ha hagut de ser posposat a causa de dificultats econòmiques. Ara com ara, no hi evidències fermes d'observacions. D'altra banda, el satèl·lit *Gravity Probe B*, enlairat el 2004, però amb uns petits defectes que n'han dificultat molt la tasca, ha verificat algunes prediccions subtils de la relativitat general respecte d'efectes geodèsics i d'arrossegament de marcs d'observació en sistemes ràpidament rotatoris.

En l'àrea de les partícules elementals i les altes energies, destaca l'observació de les oscil·lacions de neutrins atmosfèrics, és a dir, del pas de neutrins electrònics a neutrins muònics i tauònics. Aquest fenomen permet fer estimacions de les masses dels neutrins. Pel que fa a les observacions de neutrins d'origen còsmic, destaca la instal·lació i posada en marxa de l'Observatori de Neutrins IceCube, ben a prop del pol Sud, els primers resultats del qual es comencen a tenir el 2011. Pel que fa a les grans instal·lacions, destaca la inauguració de l'LHC del CERN, inaugurat el setembre del

2008, però amb una posterior aturada d'uns quants mesos a causa d'una avaria greu en el sistema de refrigeració amb heli líquid. El novembre del 2009 va ser posat novament en marxa, ara amb èxit, i el juliol del 2012 s'hi va anunciar la probable descoberta del bosó de Higgs, confirmada un any després. Entre altres estudis en partícules elementals, destaquen els experiments sobre violació de la simetria CP (conjugació de càrrega, paritat) en partícules amb quarks pesants, per esbrinar l'origen de la ruptura de simetria entre matèria i antimatèria, o els estudis sobre la transició de fase de matèria nuclear a plasma de quarks i gluons en col·lisions ultrarelativistes de ions pesants; l'obtenció del plasma esmentat (anunciada provisionalment al CERN el 2000) va ser confirmada (no al cent per cent, però sí amb considerable probabilitat) el 2005 a Brookhaven. En la recerca de la unificació de les interaccions, s'ha aprofundit en l'estudi de les diverses dualitats que en la teoria M relacionen les diferents teories de supercordes.

L'optoelectrònica i la fotònica han estat protagonistes en el camp de l'òptica. Entre altres progressos, podem esmentar el fort avenç dels làsers de semiconductors, la utilització de làsers per al refredament de la matèria fins a temperatures ultrabaixes, l'òptica ultraràpida i la biofotònica. S'han seguit desenvolupant fibres òptiques dopades convenientment per amplificar el senyal que transporten i tècniques d'imatgeria mèdica i microscòpia d'alta resolució.

En l'estudi de la matèria, han seguit els estudis en magnetisme i superconductors i l'interès per la nanotecnologia. Els sistemes que més novetat han suposat, però, han estat els nanotubs de carboni i el grafè, que, juntament amb els ful·lerens, han posat de manifest la riquesa sorprenent de la fisicoquímica del carboni, amb propietats tèrmiques, elèctriques i mecàniques de gran interès. Amb aquests materials, s'està aconseguint fabricar dispositius a escales nanomètriques amb prestacions molt prometedores. També s'ha treballat en la combinació de macromolècules orgàniques i nanopartícules per potenciar propietats relacionades amb la conversió de l'energia de la llum en electricitat (cèl·lules fotovoltaïques, fotosíntesi artificial). Aconseguir bateries i acumuladors de corrent capaços d'emmagatzemar molta energia i de carregar-se amb relativa rapidesa és un objectiu rellevant per al desenvolupament de cotxes elèctrics, o per a la potenciació d'energies renovables.

Un tema que ha atret força atenció, en els aspectes òptics i electromagnètics dels materials, ha estat el desenvolupament de metamaterials amb índex de refracció negatiu, cap al 2006. La possibilitat de desenvolupar recobriments que atorguin invisibilitat als objectes ha cridat molt l'atenció del gran públic. Des de llavors, l'estudi dels

metamaterials i les seves sorprenents propietats i aplicacions en camps diversos, com ara la producció i el control de microones, ha estat molt notable.

El novembre del 2006 va ser signat el protocol definitiu del projecte internacional ITER (Reactor Experimental Termonuclear Internacional) sobre fusió nuclear, i a finals del 2007 van començar les obres de construcció de la futura central, que sembla que no estarà acabada i operativa fins al 2019, a causa de retallades pressupostàries que han endarrerit el projecte.

3.2. LÍNIES DE RECERCA EN FÍSICA A CATALUNYA

A continuació descrivim l'evolució de les línies de recerca en física a Catalunya en aquest període. La recerca ha anat desenvolupant-se en funció de les descobertes internacionals, de les noves possibilitats instrumentals, de les relacions internacionals amb altres grups, dels instituts i d'altres factors, amb un gran dinamisme dels diversos grups.

3.2.1. *Física de la matèria condensada. Física de materials*

(UNESCO 2211; PACS 60, 70 i 81)

La denominació *física de la matèria condensada* designa l'estudi dels materials, que també pot ésser considerat des d'altres classificacions, com ara la física aplicada, la física de l'estat sòlid, la química de materials, la química orgànica o l'enginyeria de materials. És un camp amb un elevat nombre d'investigadors i de grups (taules 2.6a i 2.6b), que es van consolidant i ampliant considerablement. El magnetisme i les seves aplicacions és el tema que capta l'atenció de més investigadors, seguit de la superconductivitat i de l'estudi termodinàmic i estadístic de transicions de fase.

A la UB, els grups que treballen en ciència de materials són en el Departament de Física Aplicada i Òptica (Grup de Capes Fines i Enginyeria de Superfícies, que treballa en biosensors, energia solar i espintrònica, i Grup de Física i Enginyeria de Materials Amorfs i Nanoestructurats [FEMAN]), d'Estructura i Constituents de la Matèria (Grup de Transicions de Fase i Física de Materials, que treballa en transicions de fase i propietats magnètiques i de transport; Grup de Física Estadística i No Lineal; Grup de Física de Sistemes Complexos, i Grup de Magnetisme, que treballa en efecte

túnel ressonant, partícules i clústers nanoscòpics i nanotecnologia per a bits magnètics per a computació quàntica) i d'Electrònica (Grup d'Enginyeria i Materials Electrònics, que treballa en síntesi de materials nanoestructurats, semiconductors i ceràmics, caracterització de dispositius per tècniques microscòpiques, fabricació de nanosensors i dispositius nanoelectrònics).

A la UPC, en el Departament de Física Aplicada s'estudien aliatges amb memòria de forma i les seves aplicacions a sistemes intel·ligents, especialment per amortir els efectes dels terratrèmols en edificis i infraestructures diverses, les oscil·lacions de ponts sostinguts per cables i l'acció del vent sobre molins generadors d'electricitat. Al mateix departament hi ha un grup de caracterització de materials conductors i dielèctrics, amb interès especial pels materials piezoelèctrics per a dispositius de potència i els conductors elèctrics, amb la incorporació de nanotubs de carboni, i un altre grup que estudia les característiques físiques dels materials emprats en l'art (pigments de pintures antigues i actuals, ceràmiques antigues). En el Departament de Física i Enginyeria Nuclear, s'hi estudien els aliatges moleculars, les transicions de fase, les propietats elèctriques dels materials dielèctrics (a Terrassa) i els materials i les tecnologies d'anàlisi per a la construcció i el medi ambient. Hi ha també un Laboratori de Caracterització de Materials que treballa en cristalls líquids, fases semidesordenades, aliatges moleculars, ful·lerè i desenvolupament de programari per a l'estudi de processos en materials. Al mateix departament, el Grup de Simulació per Ordinador en Matèria Condensada estudia el moviment molecular en fases condensades, així com els líquids quàntics (el tractarem més extensament en l'apartat de física estadística i no lineal). També a la UPC, hi ha un Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica, que treballa, entre altres temes, en el desenvolupament de biomaterials, però no l'hem inclòs en aquest treball perquè el considerem més propi del report «Enginyeria industrial».

En el Departament de Física de la UAB, dos grups es dediquen a la física dels materials. L'un estudia propietats magnètiques en materials constituïts per làmines fines paral·leles i vidres i materials amorfs en general, i l'altre, la termodinàmica dels nanosistemes, en especial la nanocalorimetria i la conducció tèrmica i elèctrica en nanosistemes de materials termoelèctrics.

A l'ICMAB, del CSIC, el Grup de Materials Superconductors i Nanoestructuració a Gran Escala treballa en el creixement de cintes i cables superconductors nanoestructurats, i el Grup de Magnetisme, en nous òxids magnètics,

espintrònica i propietats optoelectròniques de materials nanoestructurats. El Laboratori de Cristal·lografia i Difracció de Raigs X treballa en noves metodologies de resolució i refinament d'estructures cristal·lines, cristal·lografia de superfícies, nanotubs de carboni, tecnologia i aplicacions d'espectroscòpia Mössbauer i compostos polimorfs per a la indústria farmacèutica; el Grup d'Estructura Electrònica investiga en simulació per ordinador de nanoestructures i propietats electròniques i magnètiques; el Grup de Creixement Cristal·lí prepara capes primes de materials magnètics i conductors iònics, i el Grup de Propietats Òptiques investiga les propietats òptiques de semiconductors, materials orgànics i d'altres, mitjançant espectroscòpia Raman i el·lipsometria, així com el creixement de punts quàntics.

A la UdG estudien compòsits avançats, nanopartícules ceràmiques i superconductores, caracterització tèrmica de materials i modelització d'injecció de plàstics, mentre que a la URV alguns investigadors estudien dissolucions polimèriques i el Grup de Física i Cristal·lografia de Materials treballa en l'obtenció i caracterització de materials amb aplicacions en làsers d'estat sòlid, en guies d'ona i en òptica no lineal.

3.2.2. *Altes energies*

Considerem dins d'aquesta secció les recerques en partícules elementals i en gravitació i cosmologia. La proporció d'investigadors en aquestes dues àrees és del 85 % per a partícules i del 15 % per a gravitació.

3.2.3. *Partícules i camps*

(UNESCO 2212 i 2208; PACS 10)

En el Departament de Física de la UAB hi ha els grups de Fenomenologia de Partícules Elementals i de Partícules i Astropartícules, que formen part del Grup de Física Teòrica i de l'IFAE: treballen en física del model estàndard i més enllà del model estàndard, estudiant prediccions comparables a l'LHC (és a dir, de l'ordre de 10 TeV), i en temes de partícules en un context cosmològic, especialment en l'Univers primitiu (leptogènesi, bariogènesi, bosó de Higgs, camp de Higgs).

A la UB, en el Departament d'Estructura i Constituents de la Matèria i en el Departament de Física Fonamental es treballa en introducció al model estàndard, teoria de cordes, fenomenologia de partícules elementals, en el model estàndard i més enllà i en física experimental (participen a l'experiment LHCb del CERN i a l'experiment BaBar de l'SLAC National Accelerator Laboratory de Califòrnia sobre violació de la simetria CP i ruptura de simetria entre matèria i antimatèria). Investigadors de l'ICCUB participen en l'estudi de la fenomenologia de les diverses ruptures espontànies de simetries fonamentals de la física.

L'IFAE té un grup experimental; participa en els experiments ATLAS (CERN), amb la construcció de calorímetres i imants, en col·laboració amb empreses d'enginyeria; en l'experiment CDF (Detector de Col·lisions del Fermilab) de col·lisions protó-antiprotó al Fermi National Accelerator Laboratory de Chicago (EUA); en recerques en astronomia i astrofísica de raigs gamma, com ara el disseny i la preparació de matrius de telescopis Txerenkov (CTA) i treballs al MAGIC (situat a l'observatori del Roque de los Muchachos, a l'illa canària de La Palma, posat en marxa el 2003 per a la detecció de raigs còsmics i astropartícules de gran energia), i en treballs en astropartícules i física de neutrins, al T2K del Japó i al Laboratori Subterrani de Canfranc. Es treballa també en dos grans projectes de cosmologia: Dark Energy Survey (DES) i Physics of the Accelerating Universe (PAU, col·laboració espanyola coordinada per l'IFAE).

A la UB, un grup experimental participa en els experiments LHCb (CERN) i BaBar (SLAC), i a la UPC un grup participa en l'experiment TOF (CERN). També podrien ésser considerats en aquesta línia alguns estudis de col·lisions nuclears de ions pesants, que incloem en l'apartat de física nuclear.

3.2.4. Física matemàtica

Vam comentar en el report anterior que si bé la física matemàtica, tradicionalment, havia estat dedicada a problemes relacionats amb les altes energies, el camp s'havia anat diversificant.

Actualment, es desenvolupa especialment a l'ICE-CSIC i en els departaments d'Estructura i Constituents de la Matèria de la UB i de Física i Enginyeria Nuclear i de Física Aplicada de la UPC. Destaquen els estudis sobre la funció zeta de Riemann i

altres funcions especials (amb un llibre molt citat sobre el tema), a l'IEEC; transformacions de contrast, superfícies aleatòries, teories quàntiques topològiques i simetries d'equacions diferencials, a la UB, i vidres de *spin*, difusió anòmala, caos, teoria de la informació i simulació de sistemes físics, a la UPC.

Durant aquest període, l'interès pels problemes de computació quàntica, més propers a la fonamentació de la teoria quàntica, s'ha consolidat administrativament amb grups reconeguts de recerca a la UB i la UAB, i n'ha augmentat la visibilitat.

3.2.5. *Gravitació i cosmologia*

(UNESCO 2212; PACS 01, 02, 04 i 10)

La recerca en gravitació i relativitat general és minoritària, però està força ben representada en diverses línies capdavanteres, com les ones gravitatòries i teories de gravitació en universos membrana, i en altres temes més clàssics. A l'ICE (CSIC-IEEC), el Grup d'Astronomia d'Ones Gravitatòries treballa en la detecció d'ones gravitatòries, amb participació en el projecte internacional LISA Pathfinder, que es basarà en la distància relativa entre dues naus espacials. Pel que fa a la cosmologia, va atraient un nombre creixent d'investigadors, i cal tenir en compte la participació de membres del Grup d'Astronomia i Astrofísica i de l'ICCUB: treballen en l'estudi de supernoves distants, que el 1998 va posar de manifest l'expansió accelerada de l'Univers, i en temes de formació, evolució i distribució de galàxies. De fet, actualment es fa difícil separar nítidament aquests estudis dels d'astrofísica i astronomia, que esmentem a continuació.

A l'IEEC, alguns investigadors treballen en models d'energia fosca i gravetat modificada; un altre grup, en els efectes de la microgravetat sobre els fluids bifàsics (líquids amb bombolles gasoses, principalment) i sobre el creixement de cristalls.

3.2.6. *Astronomia i astrofísica*

(UNESCO 21; PACS 95, 96, 97 i 98)

Bona part dels investigadors en aquesta àrea, de la UB, la UAB, la UPC i el CSIC, també són membres de l'IEEC.

A la UB (en grups que formen part de l'ICCUB) es treballa en cosmologia (creixement i estructura interna d'halos de matèria fosca, energia fosca i expansió accelerada de l'Univers mitjançant observació de supernoves distants), nucleosíntesi primordial, formació i evolució de galàxies i els seus agrupaments, supernoves termonuclears (nucleosíntesi explosiva), medi interestel·lar (núvols moleculars, formació estel·lar), astronomia galàctica (models cinemàtics de la galàxia, observació i modelització de microquàsars), estudis de fotosfera solar i relació Sol-Terra, feixos de radiació prop de sistemes massius, etcètera.

A la UPC, en el Departament de Física Aplicada, el Grup d'Astronomia i Astrofísica estudia l'evolució estel·lar, emprant la simulació numèrica, amb modelització dels fenòmens hidrodinàmics, nuclears i electromagnètics, amb interès especial per la formació d'objectes compactes i per la dinàmica dels finals catastròfics.

A l'ICE-CSIC es treballa en formació d'estructures còsmiques de gran escala, física estel·lar (formació d'estrelles; observació i identificació d'estrelles de diversos tipus; nucleosíntesi en estrelles de carboni; models de sistemes planetaris, i formació, refredament i estructura de nanes blanques) i noves clàssiques (emissió de raigs X i raigs gamma en noves, màsers d'aigua a Cefeú, condrites carbonàcies i cosmoquímica orgànica).

Els estudis esmentats en els dos paràgrafs anteriors són complementats amb investigacions sobre física fonamental (constants fonamentals, universos membrana), microgravetat (efectes en fluids i en ciència de materials), geodèsia espacial i cosmoquímica orgànica.

Hi ha relacions assídues amb grans instal·lacions internacionals (observatoris astronòmics de La Palma, Calar Alto i l'Observatori Europeu del Sud de Xile, i es participa en el disseny de nous telescopis a l'Antàrtida) i amb missions espacials internacionals (amb contribucions a projectes de l'ESA, en especial l'International Gamma-Ray Astrophysics Laboratory [*INTEGRAL*]; el telescopi *MAGIC*; l'interferòmetre global astromètric *Gaia*; el satèl·lit *Planck Surveyor* per a la determinació d'anisotropies de la radiació de fons, i els projectes PAU i DES).

Els temes tractats a l'Observatori de l'Ebre (de la URL i relacionat amb projectes del CSIC) són el geomagnetisme (variacions del camp geomagnètic, variacions magnètiques d'origen extern, caracterització magnètica de l'Antàrtida), la ionosfera (forçament extern i intern, modelatge de paràmetres), la sismologia (atenuació

sísmica a partir d'ones de coda, tomografia sísmica d'estructures terrestres), l'activitat solar i el clima.

3.2.7. *Termodinàmica i física estadística i no lineal*

(UNESCO 2213, 2205 i 2307; PACS 05, 44, 51, 65 i 82)

Aquesta àrea és molt diversa i ha tingut un creixement ràpid en els darrers quinze anys. Aquest creixement és explicable, en bona mesura, pel fet que hem incorporat en aquest grup les recerques en física no lineal, seguint la tendència marcada per la Societat Europea de Física, que agrupa la física estadística amb la no lineal. Aquí, a més, hi hem sumat la termodinàmica, molt propera en els seus interessos a la física estadística. Com ja hem comentat en l'apartat 2.5, alguns dels investigadors en termodinàmica haurien pogut ésser inclosos en ciència de materials, una frontera sempre activa i ambigua pel que fa a l'atribució dels investigadors. Els temes predominants han estat els fenòmens de no-equilibri, les transicions de fase i la física no lineal. A la UB, en el Departament de Física Fonamental, el Grup de Física Estadística treballa en moviment brownià anòmal, soroll no lineal i ressonància estocàstica, termodinàmica mesoscòpica i sistemes amb criticalitat autoorganitzada (com xarxes neuronals, xarxes tròfiques i de comunicacions, piles d'arròs i volcans); també cal referir-se a l'aplicació de la física no lineal a l'anàlisi econòmica, o a les noves branques de l'anomenada *econofísica*. En el Departament d'Estructura i Constituents de la Matèria, el Grup de Transicions de Fase estudia des del punt de vista teòric i experimental la dinàmica de les transicions de fase, la cinètica dels processos d'ordenació, la relaxació estructural en sistemes amorfs i la formació de patrons estructurals i la interacció entre càrregues i matèria. En el mateix departament, el Grup de Processos Estocàstics investiga les fluctuacions en sistemes extensos fora de l'equilibri.

A la UAB, el Grup de Física Estadística estudia la termodinàmica estesa fora de l'equilibri, els aspectes termodinàmics de models cosmològics, el transport de calor i electricitat en nanosistemes i els desenvolupaments en fonònica i la modelització matemàtica de moviments en sistemes biològics a diverses escales (virus i bacteris en cultius, propagació d'epidèmies, moviments de cerca d'aliments i migracions d'animals).

A la UPC, en el Departament de Física Aplicada, el Grup de Transicions de Fase, Polimorfisme i Metaestabilitat treballa en nanocalorimetria i transicions de fase, i el Grup de Turbulència, Fluctuacions i Difusió estudia la formació de patrons, les fluctuacions en sistemes extensos, la dinàmica de les reaccions químiques i la propagació de fronts. El Grup de Física No Lineal i Sistemes Fora de l'Equilibri estudia l'autoorganització en sistemes complexos (sistemes biofísics, dispositius nanomètrics), temes de ciència de materials, l'acústica arquitectònica i mediambiental i l'eficiència energètica en edificis. En el Departament de Física i Enginyeria Nuclear de la UPC, el Grup de Simulació per Ordinador en Matèria Condensada analitza el comportament atòmic de la matèria condensada (dissolucions iòniques, líquids iònics, moleculars i quàntics, en un ampli ventall de situacions), i un altre grup treballa en estadística de sistemes complexos i xarxes (criticalitat autoorganitzada, transport i correlacions en xarxes complexes, sincronització en models extensos i simulació de sistemes microbians d'interès biològic); a Terrassa treballen en dinàmica no lineal en sistemes fotònics i biològics. Alguns investigadors del Departament de Química Física de la UB estudien la dinàmica no lineal, la propagació d'ones en medis excitables i els fronts de propagació amb fluctuacions.

Per arrodonir la perspectiva dels estudis en termodinàmica, caldria esmentar recerques més tecnològiques referides a màquines tèrmiques, bombes de calor i cicles de refrigeració, tant a la UPC com a la URV, que no incloem en aquest report perquè considerem que estan bàsicament interessades en problemes d'enginyeria, tot i que no menystenen qüestions d'interès fonamental.

3.2.8. Òptica

(UNESCO 2209; PACS 42 i 78)

Igual que la termodinàmica i la física estadística, l'òptica ha estat una àrea de recerca amb una capacitat elevada de creixement. Làsers, òptica no lineal, fotònica, reconeixement d'imatges i fibres òptiques són els temes predominants en la recerca del conjunt de grups. La recerca en òptica s'ha anat consolidant, té relacions amb empreses i ha estat molt potenciada, indubtablement, per l'ICFO, fundat el 2002. A la UPC, a Terrassa, en el Departament de Física i Enginyeria Nuclear, el Grup d'Òptica no Lineal i Làsers investiga la generació de fenòmens no lineals en cristalls fotònics i

microcavitats, així com la dinàmica temporal i espaciotemporal dels làsers (làsers de semiconductor i de medi amplificador atòmic, solitons espacials, sincronització d'oscil·ladors caòtics). També a Terrassa, en el Departament d'Òptica i Optometria, el Grup d'Òptica Aplicada treballa en enginyeria òptica (sensors, instruments i sistemes), tecnologia de sistemes làser, òptica fisiològica i processament d'imatges. D'altra banda, al Campus Nord, en el Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions, hi ha un grup de fotònica amb interès pels solitons en fibres òptiques, i altres grups que estudien sistemes òptics de seguretat, la inversió lidar i l'atmosfera.

En el Departament de Física de la UAB, el Grup d'Òptica estudia la biestabilitat òptica, els moduladors òptics de fase, els apoditzadors d'amplitud, el reconeixement de formes en moduladors òptics espacials i els làsers sense inversió, i recentment ha iniciat la recerca en el camp de l'òptica atòmica i quàntica.

A la UB, el Grup d'Informació Quàntica treballa en les relacions entre òptica quàntica i teoria de la informació. En el Departament de Física Aplicada i Òptica de la UB, hi ha els següents grups i temes d'estudi: Grup de Capes Fines i Enginyeria de Superfícies (processament amb làser i aplicacions biomèdiques, recobriments durs), Grup d'Energia Solar (desenvolupament de materials i dispositius fotovoltaics, estratègies d'eficiència energètica en edificis), Grup d'Estructures en Capa Fina per a la Spintrònica (GECFE) (preparació i caracterització de capes fines d'òxids mitjançant dipòsit amb làser polsat amb propietats funcionals, estructures i dispositius en capa fina per a les aplicacions en electrònica de *spin*, dispositius sintonitzables en alta freqüència basats en capes fines de materials ferroelèctrics i de materials superconductors d'alta temperatura crítica), FEMAN (producció i caracterització de materials amorfs i subcristal·lins en capa fina, en pols nanomètrica i capes nanoestructurades resultants de l'aplicació de tècniques de dipòsit en buit), Grup d'Enginyeria de Fronts d'Ona (codificació del front d'ona, propagació de feixos de llum altament focalitzats no paraxials, recerca en educació en òptica) i Optical Trapping Lab - Grup de Biofotònica (BiOPT) (pinces òptiques hologràfiques, manipulació i mesura de forces, estudi de processos biològics en cèl·lules vives).

A l'ICFO s'investiga un ampli ventall de temes de fotònica: nanofotònica, nanooptoelectrònica, nanofotònica molecular, fotònica quàntica amb àtoms i sòlids, fotònica nanoquàntica, nanoòptica plasmònica, fenòmens òptics no lineals, pinces òptiques, optoelectrònica, enginyeria quàntica de la llum, informació quàntica, gasos quàntics ultrafreds, imatgeria avançada de fluorescència i biofísica, fotovoltaica

orgànica nanoestructurada, biofotònica de molècules individuals, oscil·ladors òptics paramètrics i òptica ultraràpida.

3.2.9. *Electrònica*

(UNESCO 2203; PACS 41 i 72)

Com que hi ha un report dedicat a la tecnologia electrònica («Tecnologies de la informació i de les comunicacions»), aquí no ressenyem tota l'activitat en aquest camp. Així, no hem inclòs ni l'IMB del CSIC, ni diversos grups d'enginyeria electrònica de la UPC, la UB i l'Escola d'Enginyeria (ETSE) de la UAB.

A la UB, en el Departament de Física Aplicada i Òptica, un grup treballa en capes fines de silici, amb aplicacions a plaques fotovoltaïques, i en el Departament d'Electrònica, hi ha grups de Bioelectrònica i Nanobioenginyeria (SIC-BIO), Sistemes d'Instrumentació i Comunicacions (SIC), Processat de Senyal Intel·ligent per Sistemes Sensors en Bioenginyeria, Radiofreqüència (GRAF), Materials Electrònics i Energia (M-2E) i Micronanotecnologies i Nanoscòpies per a Dispositius Electrònics i Fotònics (MIND). Participen en el Centre d'Enginyeria de Microsistemes per a Instrumentació i Control (CEMIC) i el Centre de Recerca en Bioelectrònica i Nanobiociència (CBEN) de la UB.

A la UPC, un grup del Departament de Física Aplicada explora el comportament dels transductors piezoelèctrics. A l'ETSE de la UAB, els grups més afins a la física pròpiament dita treballen en el transport en sistemes nanomètrics, en els dispositius quàntics i les aplicacions a microones, en la fiabilitat dels dispositius electrònics i, de manera una mica més aplicada, en circuits i sistemes.

3.2.10. *Mecànica de fluids*

(UNESCO 2204; PACS 47)

En el Departament d'Estructura i Constituents de la Matèria de la UB, alguns investigadors fan treballs experimentals sobre inestabilitats hidrodinàmiques i estructures espacials en interfícies líquid-gas.

En el Departament de Física Aplicada de la UPC, el Grup de Dinàmica No Lineal de Fluids estudia la transició a la turbulència, la dinàmica no lineal d'ones i la formació d'estructures dissipatives, amb interès especial pels sistemes geofísics (oceanografia, dinàmica atmosfèrica, dinàmica mediambiental).

En el Departament de Física i Enginyeria Nuclear de la UPC s'estudia la miscibilitat de mesofases desordenades; en el Departament de Química Física i Inorgànica de la URV alguns investigadors treballen en turbulència, i en el Grup de Física Estadística de la UB es treballa en alguns problemes relacionats amb els fluids, com la viscoelasticitat i els ferrofluids. A la UPC hi ha un Departament de Mecànica de Fluids, dedicat a la fluïdotècnia (turbomàquines, sistemes de control de potència en circuits oleohidràulics i pneumàtics), que no hem inclòs en aquest treball ja que és més tècnic.

3.2.11. Física atòmica, molecular i nuclear

(UNESCO 2207 i 2208; PACS 21 i 24)

La física atòmica i la molecular pròpiament dites estan usualment més desenvolupades a les facultats de química que no pas a les de física; però un cert nombre d'investigadors en òptica també estan centrats en les propietats físiques d'àtoms i molècules. Són, en canvi, típicament físics els temes relacionats amb la física nuclear: física nuclear bàsica, enginyeria de reaccions nuclears i radioactivitat ambiental.

En el Departament d'Estructura i Constituents de la Matèria de la UB, el Grup de Física Atòmica i Nuclear treballa en física nuclear i hadrònica (nous elements superpesants, teories efectives per a la interacció barió-barió i mesó-barió, equació d'estat de la matèria nuclear densa en estrelles de neutrons i en col·lisions de ions pesants), física nanoscòpica (gotes mesoscòpiques de líquids quàntics, punts quàntics en heteroestructures semiconductoras, condensats de Bose-Einstein), física de radiacions i teoria de fenòmens quàntics en sòlids.

A la UPC, el Departament de Física i Enginyeria Nuclear estudia el moviment molecular en fases condensades i els líquids quàntics; d'altra banda, treballa en temes de fusió nuclear i control de reactors nuclears, i analitza experiments del CERN. L'INTE estudia la radiació ionitzant d'origen natural o artificial, les seves aplicacions, els riscos i l'impacte ambiental.

A la UAB, el Grup de Física de Radiacions estudia aspectes de dosimetria de radiacions i de radioactivitat ambiental.

3.2.12. *Biofísica*

(UNESCO 2406; PACS 87)

La biofísica continua essent un camp en creixement, arrossegada en part pel gran impuls de la biologia molecular; la neurobiologia i, en particular, els seus models computacionals, i la biomedicina. Un nombre creixent d'investigadors d'altres àrees es va incorporant a temes relacionats amb problemes biològics o mèdics. Hi ha un interès creixent per l'estudi de problemes biofísics per part de grups de matèria condensada, física estadística, òptica, nanotecnologia, etcètera. En el Departament de Física Fonamental de la UB, s'hi estudien les propietats elàstiques i elèctriques de l'àcid desoxiribonucleic (DNA), el plegament de proteïnes, els motors moleculars i la microreologia de cèl·lules vives; en el Departament d'Estructura i Constituents de la Matèria de la UB es coordina la participació catalana en el programa europeu MAESTRO («Methods and advanced equipments for simulation and treatment in oncology»); en el Grup de Física Estadística de la UAB, s'hi estudia la propagació d'epidèmies i d'espècies biològiques, la simulació de propietats de macromolècules, els canals iònics i les membranes biològiques (en col·laboració amb l'ICMAB). A la UPC, en el Departament de Física Aplicada un grup estudia models físics dels éssers vius, i en el Departament de Física i Enginyeria Nuclear es fan estudis de dinàmica no lineal en sistemes biològics.

A la UB, la Unitat de Biofísica del Departament de Ciències Fisiològiques II treballa en bioenergètica cel·lular (metabolisme en models d'apoptosi, metabolisme de l'hepatòcit de rata) i en l'anàlisi de senyals i d'imatges biomèdics (modelització de sistemes fisiològics, processament de seqüències dinàmiques d'imatges gammagràfiques, estudi de la funció renal). La Unitat de Biofísica i Bioenginyeria del Departament de Ciències Fisiològiques I treballa en mecànica respiratòria, i més recentment ha impulsat la línia de la nanomecànica cel·lular i molecular i la producció d'imatges mèdiques amb tomografia d'emissió de fotons. Forma part del CBEN-UB, juntament amb el Departament d'Electrònica de la UB (del qual ja hem ressenyat la recerca en bioelectrònica i nanobioenginyeria).

A la UAB, la Unitat de Biofísica de la Facultat de Medicina treballa en l'estructura i la funció de detectors i transportadors en membranes, i en el plegament de proteïnes i diverses patologies relacionades amb el seu mal funcionament. Per la seva banda, a l'IFAE, com a aplicació dels progressos en sensors de radiació, han desenvolupat noves tècniques en imatgeria mèdica, que han dut a diverses patents i una empresa derivada

3.2.13. Física de l'atmosfera

(UNESCO 2501 i 2509; PACS 86 i 92)

El grup més gran està format per investigadors de la UB (Departament d'Astronomia i Meteorologia). Els estudis realitzats per aquest grup combinen dades de satèl·lits amb models de predicció de dinàmica atmosfèrica en la mesoescala, que incorporen les característiques orogràfiques i micrometeorològiques del paisatge, amb una atenció especial a la nostra zona mediterrània (en particular, a les tempestes convectives de gran intensitat que produeixen grans riuades, i que en són típiques), la propagació de contaminants atmosfèrics pel vent i l'anàlisi de sèries meteorològiques de xarxes, amb interès pels estudis de radar meteorològic. A l'ICE-CSIC es treballa en l'ús òptim del GPS per a mesures de la humitat i en la *MetOp* (primera plataforma polar del nou sistema europeu de predicció meteorològica).

A l'Observatori de l'Ebre, la secció de meteorologia estudia les relacions entre el clima i l'activitat solar, a més de les activitats observacionals. A la UPC, en els departaments de Física Aplicada i de Física i Enginyeria Nuclear, alguns investigadors estudien el canvi climàtic i el medi ambient, i els sistemes espacials i la percepció remota, i a la UdG, la meteorologia i la radiació solar, l'avaluació d'aerosols atmosfèrics, la dispersió de contaminants i l'avaluació de la coberta de núvols.

3.2.14. Geofísica

(UNESCO 2507; PACS 91)

Aquesta branca té una tradició llarga en el nostre país, sobretot pel que fa als estudis observacionals de sismologia (Observatori Fabra) i dels acoblaments entre l'activitat solar i

la ionosfera terrestre (Observatori de l'Ebre). A la UB, en el Departament de Geodinàmica i Geofísica de la Facultat de Geologia, les línies de recerca són: estudis de propietats físiques de la litosfera (a partir de mètodes electromagnètics, gravimètrics, sísmics i magnètics), tant en zones continentals com oceàniques; aplicació de mètodes GPS per a la quantificació de deformacions corticals, i sismologia aplicada a l'estudi de les propietats de la dinàmica d'allaus de neu i la seva detecció. En el Departament d'Astronomia i Meteorologia s'estudia l'origen i l'ocurrència de terratrèmols, les ressonàncies d'estructures i l'activitat microsísmica.

El Grup de Modelització Geofísica i Geoquímica de l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera (CSIC) treballa en simulació de processos geològics, desenvolupament de nous algoritmes per a sensors remots i geofísica de la perforació i de la imatgeria de l'interior terrestre.

L'IEEC fa diversos estudis sobre teledetecció i sistemes d'informació geogràfica, i participa en la missió *SMOS* (Satèl·lit d'Humitat Terrestre i Salinitat en els Oceans) del programa de l'ESA Earth Explorer.

A l'Observatori de l'Ebre hi ha una secció de ionosfera (forçament solar sobre la ionosfera, modelatge de paràmetres ionosfèrics) i una de sismologia (estudis d'atenuació sísmica, anàlisi de soroll sísmic ambiental, tomografia sísmica d'estructures terrestres).

En el Departament de Física Aplicada de la UPC, un grup estudia ciències de la Terra, dinàmica de fluids i turbulència geofísica.

3.2.15. Oceanografia

(UNESCO 2510; PACS 86 i 92)

L'Institut de Ciències del Mar (CSIC) té el Departament d'Oceanografia Física, que estudia el comportament físic de l'oceà i la seva incidència en el clima de la Terra, tant pel que fa a la circulació a la Mediterrània occidental, amb atenció especial a la dinàmica de capes marines superficials, com a fenòmens d'escala planetària, com ara El Niño o l'oscil·lació de l'Atlàntic nord.

En el Departament de Física de la UdG, el Grup de Física Ambiental treballa en limnologia física, turbulència, oceanografia costanera i qualitat de l'aigua.

A la UPC, en el Departament de Física Aplicada, el Grup de Dinàmica No Lineal de Fluids estudia temes de turbulències de fluids estratificats, arrossegament de sediments, corrents de gravetat i sistemes en rotació.

No incloem, en canvi, altres grups de la UPC, com el Laboratori d'Enginyeria Marítima, que disposa d'un canal d'investigació i experimentació, perquè els seus estudis se centren en un camp més pròpiament d'enginyeria.

3.2.16. Història de la física

En aquest camp hi ha pocs investigadors institucionalitzats, però se'ls pot sumar l'activitat de la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, filial de l'IEC. A la UAB hi ha el Centre d'Estudis d'Història de les Ciències (CEHIC), amb dos investigadors especialitzats en història de la física del segle XX i, en termes més particulars, en el desenvolupament de les diverses àrees de la física en l'Espanya de l'etapa franquista. També destaca la fundació del Servei d'Arxius de Ciència, que aplega informació sobre els arxius de científics catalans, sigui on sigui la seva localització concreta. A la UB, dos investigadors del Departament de Física Fonamental estudien alguns problemes de les relacions entre la física estadística i els orígens de la física quàntica.

Un altre camp a esmentar és la didàctica de la física (UPC, UAB, UB), amb interès pels nous mitjans docents informàtics i en xarxa i els mètodes multimèdia per a l'ensenyament, i amb una incidència creixent en la formació del professorat de ciències. A començaments de l'any 2004, es va constituir a la UAB un centre per impulsar aquests estudis.