

INDICE DE AUTORES Y OBRAS CITADOS

ALPHER, R. A.

HERMAN, R. C.

Theory of the origin and relative abundance distribution of the elements (Rev. of Mod. Phys., 22, 153-212, 1950). Cit.: pg. 74.

ARLEY, N.

Stochastic processes and cosmic radiation (Nueva York, John Wiley & Sons, 1943). Cit.: pg. 64.

AUERBACH, E.

Die Methoden der theoretischen Physik (Leipzig, Akad. Verlag, 1925). Cit.: pg. 67.

BHABHA, R. J.

Relativistic wave equations for the elementary particles (Rev. of Mod. Phys., 17, 200-216, 1945). Cit.: pg. 107.

On the postulatorial basis of the theory of elementary particles (ibid., 21, 451-462, 1949). Cit.: pgs. 4, 13, 22.

BOHR, D.

A suggested interpretation of the quantum theory in terms of "hidden" variables (Phys. Rev., 85, 166-179, 180-193, 1952). Cit.: pg. 81.

BORN, M.

JORDAN, P.

Zur Quantenmechanik (Z. Physik, 34, 557-615, 1926). Cit.: pg. 76.

BORN, M.

HEISENBERG, W.

JORDAN, P.

Zur Quantenmechanik (II. Z. Physik, 35, 557-615, 1926). Cit.: pg. 77.

BORN, M.

Zur Quantenmechanik der Stossvorgänge (Z. Physik, 37, 863-867, 1926 y 38, 803-827, 1926). Cit.: pg. 80.

Véase E. M. Corson (prólogo)

Elementary particles and the principle of reciprocity (Nature, 162, 207-208, 1949). Cit.: pg. 109.

Reciprocity theory of elementary particles (Rev. of Mod. Phys., 21, 463-473, 1949). Cit.: pg. 109.

BRAUER, R.

WEYL, H.

Spinors in n dimensions (Amer. Jour. of Math., 57, 425-449, 1935). Cit.: pg. 103.

BRILLOUIN, L.

Les tenseurs en mécanique et en elasticité (Paris, Masson, 1938). Cit.: pg. 68.

BROGLIE, L. DE

Recherches sur la théorie des Quanta. (Ann. de Phys., 2, 22-128, 1925). Cit.: pg. 75.

BRUNSCHVIG, L.

Las etapas de la filosofía matemática (Buenos Aires, 1945). Cit.: pg. 119.

CARSON, J. R.

The Heaviside operational calculus (Bull. Amer. Math. Soc., 32, 43-68, 1926). Cit.: pg. 65.

CARTAN, E.

Leçons sur la theorie des spineurs (Paris, Hermann, 1938). Cit.: pg. 103.

CORSON, E. M.

Perturbation methods in the Quantum Mechanics of n-electron systems (Londres, Blackie, 1951). Cit.: pgs. 47, 61.

COURANT, R.

HILBERT, D.

Methoden der Mathematischen Physik (Berlin, Springer, 1931-1937, Vol. I. prefacio). Cit.: pg. 31.

ibid., Vol II. prefacio. Cit.: pg. 32.

CRAMER, H.

Mathematical methods of statistics (Princeton, Univ. Press, 1946). Cit.: pg. 11.

DESTOUCHES, J. L.

Principes fondamentaux de physique théorique
(Paris, Herman, 1942, Vol. I.). Cit.: pgs. 23, 24
63, 126.

DIRAC, P. A. M.

Fundamental equations of Quantum Mechanics (Proc.
Roy. Soc., 109, 642-653, 1926). Cit.: pg. 77.

Heisenberg's Quantum Mechanics and the hydrogen
atom (ibid., 110, 561-579, 1926). Cit.: pg. 77.

Relativity Quantum Mechanics with application to
Compton scattering (Proc. Roy. Soc., 111, 405-423,
1926). Cit.: pg. 77.

Quantum Algebra (Proc. Phil. Soc. Cambridge, 23,
412-418, 1926). Cit.: pg. 77.

Physical interpretation of Quantum Dynamics (Proc.
Roy. Soc., 113, 621-641, 1927). Cit.: pg. 80.

The Quantum theory of the emission and absorption of
radiation (ibid., 114, 243-265, 1927). Cit.: pg. 81.

Quantum theory of the electron (ibid., 117, 610-624,
1928). Cit.: pg. 81 y (ibid., 118, 351-361, 1928).
Cit.: pg. 102.

The proton. (Nature, 126, 605-606, 1930). Cit.: pg. 89.

Electrons and protons (Proc. Roy. Soc., 126, 360-365,
1930). Cit.: pg. 89.

Annihilation of electrons and protons (Proc. Camb.
Phil. Soc., 26, 361-375, 1930). Cit.: pg. 89.

DIRAC, P. A. M.FOCK, V. A.PODOLSKY, B.

On quantum electrodynamics (Phys., Z. der Sowjetunion,
2, 468-479, 1932). Cit.: pg. 93.

DIRAC, P. A. M.

Infinite distribution of electrons in the theory of
the positron (Proc. Camb. Phil. Soc., 30, 150-163,
1934). Cit.: pg. 90.

Relativistic wave equations (Proc. Roy. Soc., Lon-
don, 156, 447-459, 1936). Cit.: pg. 105.

Classical theory of radiating electrons (Proc. Roy. Soc., 167, 148-169, 1938). Cit.: pgs. 3, 52, 56.

The physical interpretation of quantum mechanics (Proc. Roy. Soc., 180, 1-40, 1942). Cit.: pgs. 13, 14.

Unitary representations of the Lorentz group (*ibid.*, 183, 284-295, 1945). Cit.: pg. 103.

The principles of quantum mechanics (Oxford, Clarendon Press, 1947). Cit.: pgs. 19, 62.

DUETTECH, G.

Theorie und Anwendung der Laplace-Transformation (Berlin, Springer, 1937). Cit.: pg. 65.

DUBARLE, F. D.

La connaissance scientifique et la cosmologie (Actas del Congreso Internacional de Filosofía, Barcelona, 1948, Vol. II). Cit.: pg. 113.

DYSON, F. J.

The radiation theories of Tomonaga, Schwinger, and Feynman (Phys. Rev., 75, 486-502, 1949). Cit.: pgs. 93, 94.

The S matrix in quantum electrodynamics (*ibid.*, 75, 1736-1755, 1949). Cit.: pg. 93.

Heisenberg operators in quantum electrodynamics (*ibid.*, 82, 428-439, 1951 y 83, 608-627, 1951). Cit.: pg. 93.

The Schrödinger equation in quantum electrodynamics (*ibid.*, 83, 1207-1216, 1951). Cit.: pg. 93.

The renormalization in quantum electrodynamics (Proc. Roy. Soc., A 207, 395-401, 1951). Cit.: pg. 93.

Divergence of perturbation theory in quantum electrodynamics (Phys. Rev., 85, 631-632, 1952). Cit.: pgs. 15, 93.

ECHARRI, J.

Carácter cuasi-conceptual del espacio y del tiempo (Actas del Congreso Internacional de Filosofía en Barcelona, 1949, Vol. II.). Cit.: pg. 17.

ECHEGARAY, J.

Conferencias sobre Física Matemática (Curso 1905-1906) Cit.: pg. 27.

EDDINGTON, A. S.

A generalization of Weyl's Theory of the Electromagnetic and Gravitational Fields (Proc. Roy. Soc., A 99, 104-122, 1921). Cit.: pgs. 69,

The mathematical Theory of Relativity (Cambridge, Univ. Press, 1923). Cit.: pgs. 69, 72, 85, 89.

Relativity theory of protons and electrons (Cambridge, Univ. Press, 1936). Cit.: pg. 89.

Fundamental theory (Cambridge, Univ. Press, 1948). Cit.: pg. 89.

Nuevos senderos de la ciencia (Montaner y Simón, Barcelona, 1945). Cit.: pgs. 10, 18, 57, 113.

EINSTEIN, A.

Die Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie (Ann. der Phys., 49, 769-822, 1916). Cit.: pg. 67.

Neue Möglichkeit für eine einheitliche Feldtheorie von Gravitation und Electrizität (Sitz. Press. Akad. Wiss., 224-227, 1928). Cit.: pg. 71.

A generalization of the relativistic theory of gravitation (Annals of Math., 46, 578-584, 1945 y 47 731-741, 1946). Cit.: pg. 71.

A generalized theory of gravitation (Rev. of Mod. Phys., 20, 35-39, 1948). Cit.: pg. 71.

EINSTEIN, A.INFELD, L.

The gravitational equations and the problem of motion (Annals of Math., 41, 455-464, 1940). Cit.: pg. 73.

The evolution of physics (Nueva York, Simon and Schuster, 1942). Cit.: pg. 55.

EINSTEIN, A.INFELD, L.HOFFMANN, H.

The gravitational equations and the problem of motion (Ann. of Math., 39, 65-100, 1938). Cit.: pg. 73.

EINSTEIN, A.

MAYER, W.

Einheitliche Theorie von Gravitation und Elektrizität (Sitz. Akad., Berlin, 25, 541-557, 1931). Cit.: pg. 71.

ELIEZER, J.

The interaction of electrons and an electromagnetic field (Rev. of Mod. Phys., 19, 147-184, 1947). Cit.: pg. 3.

FENYES, I.

Eine wahrscheinlichkeitstheoretische Begründung und Interpretation der Quantenmechanik (Z. Physik, 132 81-106, 1952). Cit.: pg. 81.

FERMI, E.

Elementary particles (Yale, Univ. Press, 1951). Cit.: pg. 46.

FEYNMAN, R. P.

The theory of positrons (Phys. Rev., 76, 749-757, 1949). Cit.: pg. 92.

Space-time approach to quantum Electrodynamics (Phys. Rev. 76, 769-789, 1949). Cit.: pg. 92.

Mathematical formulation of the quantum theory of electromagnetic interaction (Phys. Rev., 80, 440-457, 1950). Cit.: pg. 92.

An operator calculus having applications in quantum electrodynamics (ibid., 84, 108-128, 1951). Cit.: pg. 66.

FIERZ, M.

Über die relativistische Theorie Kräftefreier Teilchen mit beliebigen Spin (Helv. Phys. Act., 12, 3-37, 1939). Cit.: pg. 105.

Über den Drehimpuls von Teilchen mit Ruhmasse null und beliebigen Spin (ibid., 13, 45-60, 1940). Cit.: pg. 105.

FIERZ, M.

PAULI, W.

On relativistic wave equations for particles of arbitrary spin in an electromagnetic field (Proc. Roy. Soc., 173, 211-232, 1939). Cit.: pg. 106.

FOCK, V.

Konfigurationsraum und zweite Quantelung (Z. Physik, 75, 622-653, 1932). Cit.: pg. 83.

FRANK, P.MISES, R. VON

Die Differential-und Integralgleichungen der Mechanik und Physik (Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1930-1935). Cit.: pg. 29.

GAMOW, G.GRITCHFIELD, C. L.

Theory of atomic nucleus and nuclear energy-sources (Oxford, Clarendon Press, 1949). Cit.: pgs. 29, 74, 101.

GREEN, H. S.

Quantized field theories and the principle of reciprocity (Nature, 163, 208-209, 1949). Cit.: pg. 109.

GUPTA, S. N.

Quantization of Einstein's gravitational field: linear approximation (Proc. Phys. Soc., 65, 161-169, 1952). Cit.: pg. 106.

HEIMSOETH, H.

La metafísica moderna (Rev. de Occi., Madrid, 1932). Cit.: pgs. 6, 7.

HEISENBERG, W.

Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen (Z. Physik, 33, 879-893, 1925). Cit.: pg. 75.

Bemerkungen zur Diracschen theorie des Positrons (ibid., 90, 209-231, 1934). Cit.: pg. 90.

La transformación de los principios de la ciencia natural exacta (Rev. de Occi., Madrid., 138, 277-301, 1934). Cit.: pg. 7.

Über die in der Theorie der Elementarteilchen auftretende universelle Länge (Ann. der Physik, 32, 20-33, 1938). Cit.: pg. 92.

HEISENBERG, W.

PAULI, W.

Zur Quantendynamik der Wellenfelder (Z. Physik, 56, 1-61, 1929). Cit.: pg. 85.

HEITLER, W.

The Quantum theory of Radiation (Oxford, Univ. Press, 1944). Cit.: pgs. 90, 95.

HEITLER, W.

FENG, W. H.

The influence of radiation damping on the scattering of mesons (Proc. Camb. Phil. Soc., 38, 296-312, 1942). Cit.: pg. 94.

HILBERT, D.

Grundzüge einer allgemeinen Theorie der linearen Integralgleichungen (Berlin, Teubner, 1912). Cit.: pg. 77.

HILL, E.

Hamilton's principle and the conservation theorems of mathematical physics (Rev. of Mod. Phys., 23, 253-260, 1951). Cit.: pg. 85.

HORVÁTH, J. I.

MOÓR, A.

Entwicklung einer einheitlichen Feldtheorie begründet auf die Finslersche Geometrie (Z. Physik, 131, 544-570, 1952). Cit.: pg. 72.

HUND, F.

Symmetrischaraktere von Termen bei Systemen mit gleichen Partikeln in der Quantenmechanik (Z. Physik, 43, 788-804, 1927). Cit.: pg. 100.

Symmetrieeigenschaften der Kräfte in Atomkernen und Folgen für deren Zustände, insbesondere der Kerne bis zu sechzen Teilchen (ibid., 105, 202-228, 1937). Cit. pg. 101.

INFELD, L.

SCHILD, A.

On the motion of test particles in general Relativity (Rev. of Mod. Phys., 21, 408-413, 1949). Cit.: pg. 73.

IGUÉZ ALMECH, J. M.

Mecánica cuántica (Memorias de la Academia de Ciencias de Zaragoza, Ser. 2^a, Mem. 2^a, Zaragoza, 1949). Cit.: pg. 18.

JEFFREYS, H.JEFFREYS, B. S.

Methods of mathematical physics (Cambridge, Univ. Press, 1946). Cit.: pgs. 33, 132.

JORDAN, P.

Über eine neue Begründung der Quantenmechanik (Z. Physik, 40, 809-838, 1927). Cit.: pg. 80.

El concepto positivista de la realidad (Rev. de Occi., 139, 1-20, 1935). Cit.: pgs. 19, 122.

Schwerkraft und Weltall (Grundlagen der theoretischen Kosmologie (Braunschweig, Vieweg, 1952). Cit.: pg. 74.

JORDAN, P.KLEIN, O.

Zum Mehrkörperproblem der Quantentheorie (Z. Physik, 45, 751-765, 1927). Cit.: pg. 83.

JORDAN, P.WIGNER, E.

Über das Paulische Äquivalenzverbot (Z. Phys., 47, 631-651, 1928). Cit.: pg. 83.

KALUZA, T.

Zum Unitätsproblem der Physik, (Sitz. Preus. Akad. Wiss., 966-972, 1921). Cit.: pg. 69.

KEMMER, N.

Quantum theory of Einstein-Bose particles and nuclear interaction (Proc. Roy. Soc., 166, 127-153, 1938). Cit.: pg. 104.

LAMB, W. E.RETHFORD, R. C.

Fine structure of the hydrogen atom (Phys. Rev., 72, 241-243, 1947). Cit.: pg. 95.

LE GOUTEUR, K. J.

The indefinite metric in relativistic quantum mechanics (Proc. Roy. Soc., 196, 251-271, 1949).
Cit.: pg. 108.

LENZEN, V. F.

The nature of physical theory (John Wiley & Sons, Nueva York, 1931). Cit.: pg. 22.

LEVI-CIVITA, T.

Nozione di parallelismo in una varietà qualunque (Rend. Circ. Mat. Palermo, 42, 173-203, 1917). Cit.: pg. 68.

LINDSAY, R. B.MARGENAU, H.

Foundations of Physics, (John Wiley & Sons, Nueva York, 1936). Cit.: pg. 135.

LUDWIG, G.

Fortschritte der projektiven Relativitätstheorie (Braunschweig, Vieweg, 1951). Cit.: pg. 70.

MINKOWSKY, H.

Raum und Zeit (Physik ZS. 10, 104-111, 1909). Cit.: pg. 68.

MIZUSHIMA, M.UMEZAWA, H.

Nuclear magnetic moment and j-j coupling shell model (Phys. Rev., 85, 37-40, 1952). Cit.: pg. 101.

MÖLLER, C.ROSENFIELD, L.

On the field theory of nuclear forces (Proc. Amst., 17, 8, 1940). Cit.: pg. 104.

MORSE, P. M.FESHBACK, H.

Methods of Theoretical Physics (Cambridge, Mass., Technology Press, 1946). Cit.: pg. 67.

MÜLLER, A.

Psicología (Rev. de Occi., Madrid, 1940). Cit.: pgs. 57, 131.

NEUMANN, J. VON

Mathematische Begründung der Quantenmechanik (Gött. Nachr., 1-57, 1927). Cit.: pg. 79.

Comunicación privada, diciembre 19, 1947. Cit.: pg. 23.

Fundamentos matemáticos de la mecánica cuántica (Publicaciones del Instituto "Jorge Juan", Madrid, 1949). Cit.: pgs. 65, 77, 79, 81.

NEUMANN, J. VONMORGENSTERN, O.

Theory of games and economic behavior (Princeton, Univ. Press, 1947). Cit.: pgs. 15, 118.

NEWTON, I.

Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, (Londres, 1687). Cit.: pg. 2.

ORTIZ FORNAGUERA, R.

Aspectos elementales de la representación de interacción (1950, no publicado. Trabajo reglamentario presentado a estas oposiciones). Cit.: Pg. 93.

FAIS, A.

The energy momentum tensor in projective relativity theory (Physica, 8, 1137-1160, 1941). Cit.: pg. 70.

PARKE, G. N.

Guide to the literature of mathematics and physics (Nueva York, Mc Graw-Hill, 1947). Cit.: pg. 28.

PAULI, W.

Formulierung der Naturgesetze mit fünf homogenen Koordinaten (Ann. der Phys., 16, 305-336, 337-372, 1933). Cit.: pg. 70.

The connection between spin and statistics (Phys. Rev., 58, 716-722, 1940). Cit.: pg. 107.

PIRANI, F. A. E.

SCHILD, A.

On the quantization of Einstein's gravitational field equations (Phys. Rev., 79, 986-991, 1950). Cit.: pg. 106.

POINCARÉ, H.

La Science et l'Hypothèse (Paris, 1902). Cit.: pgs. 26, 57.

Ciencias y Método (Espasa-Calpe, Madrid, 1944). Cit.: pgs. 29, 59, 60.

Sixte Vorträge über ausgewählte Gegenstände aus der reinen Mathematik und mathematische Physik (Göttingen 22-21 abril 1909, Teubner, 1910). Cit.: pg. 8.

PROCA, A.

Sur la théorie ondulatoire des électrons positifs et négatifs (Journ. Phys., 7, 343-353, 1936). Cit.: pg. 104

RAFAEL VERMULST, S.J., E. DE

Leibnitz filósofo (Rev. Acad. Cienc., Madrid, 41, 5-29, 1947). Cit.: pg. 8.

RAYCHANDHURI, A.

Condensations in expanding cosmological models (Phys. Rev., 86, 90-92, 1952). Cit.: pg. 74.

RAYSKI, J.

Remarks on the non-local electrodynamics (Proc. Roy. Soc., 206, 575-583, 1951). Cit.: pg. 4.

REICHENBACH, H.

Ziele und Wege der physikalischen Erkenntnis (Hand. der Phys., Vol. IV, Berlin, Springer, 1929). Cit.: pg. 61.

RICCI, G.

Sulla derivazione covariante ad una forma quadratica differenziale (Atti. dei Lincei, Rend., 3, 15-18, 1887 y 5, 112 y 643, 1889). Cit.: pg. 67.

ROSENFEILD, L.

Nuclear Forces (Amsterdam, North-Holland Pub. Comp. 1948-1949). Cit.: pg. 101.

SCHOUTEN, J. A.DANTZIG, D. VAN

Über eine vierdimensionale Deutung der neuesten Feldtheorie (Proc. Akad. Amsterdam, 35, 1398-1407, 1931). Cit.: pg. 70.

Generelle Feldtheorie (Z. Physik, 78, 639-667, 1932). Cit.: pg. 70.

SCHOUTEN, J. A.

La théorie projective de la relativité (Ann. Inst. H. Poincaré, 5, 51-88, 1935). Cit.: pg. 70.

Tensor analysis for physicists (Oxford, Clarendon Press., 1951). Cit.: pg. 68.

SCHRÖDINGER, E.

Über das Verhältnis der Heisenberg-Born-Jordanschen Quantenmechanik zu der meinen (Ann. der Phys., 72, 734-756, 1926). Cit.: pg. 79.

Quantisierung als Eigenwertproblem (Ann. der Phys., 75, 361-376, 1926; 80, 437-490; 81, 109-139). Cit.: pg. 76.

On distant affine connection (Proc. Roy. Irish Acad. 50, 143-154, 1945). Cit.: pg. 71.

SCHWARTZ, L.

Théorie des distributions (Paris, Hermann, 1950-1951, Act. Scient. et Ind. nos. 1091 y 1122). Cit.: pgs. 65, 66.

SCHWINGER, J.

Quantum electrodynamics. I. A covariant formulation (Phys. Rev., 74, 1439-1461, 1948). Cit.: pg. 92.

Quantum electrodynamics. II. Vacuum polarization and self-energy (ibid., 75, 651-679, 1949). Cit.: pg. 92.

Quantum electrodynamics. III. The electromagnetic properties of the electron (ibid., 76, 790-817, 1949). Cit.: pg. 92.

SELIGMAN DE WITT, B.

MORETTE DE WITT, C.

The quantum theory of interacting gravitational and spinor fields (Phys. Rev., 87, 116-122, 1952). Cit.: pg. 106.

SLATER, J. C.

Quantum theory of matter (Mc Graw-Hill, Nueva York, 1951). Cit.: pg. 46.

SPENGLER, O.

La decadencia de Occidente (Espasa-Calpe, Madrid, 1940, Vol. I.). Cit.: pgs. 9, 13.

SPRINGER, E.

Formas de vida (Rev. de Occi., Madrid, 1938). Cit.: pgs. 38, 39, 136.

STRAUSS, E. G.

Some results in Einstein's unified field theory (Rev. of Mod. Phys., 21, 414-420, 1949). Cit.: pg. 72.

TER HAAR, D.

Cosmological Problems and stellar energy (Rev. of Mod. Phys., 22, 119-152, 1950). Cit.: pg. 74.

TERRADAS, E.

ORTIZ, R.

Relatividad. (Buenos Aires, Espasa-Calpe Argentina, 1952). Cit.: pgs. 58, 74.

TOLEMAN, R. C.

Relativity, Thermodynamics and Cosmology (Oxford, Clarendon Press, 1934). Cit.: pg. 74.

TOMONAGA, S.

On a relativistically invariant formulation of the quantum theory of wave fields (Prog. of theor. Phys., Japon, 1, 27-42, 1946). Cit.: pg. 93.

TORROJA MIRET, A.

Discurso en su recepción a la Real Acad. de Ciencias, Madrid, 1947. Cit.: pg. 44.

TURTLE, L.SATTERLY, J.

The theory of measurements (Londres, Longmans, 1925). Cit.: pg. 62.

VEBLEN, O.HOFFMANN, B.

Projektive Relativity (Phys. Rev., 36, 810-822, 1930). Cit.: pg. 70.

VEBLEN, O.

Projektive Relativitätstheorie (Berlin, Springer, 1933). Cit.: pg. 70.

VOIGT, W.

Die fundamentalen Eigenschaften der Krystalle (Leipzig, 1898). Cit.: pg. 67.

WAERDEN, B. L. VAN DER

Die gruppentheoretische Methode in der Quantenmechanik (Berlin, Springer, 1932). Cit.: pg. 103.

WENTZEL, G.

Zum Problem des statischen Mesonfeldes (Helv. Phys. Act., 13, 269-308, 1940; 14, 633-635, 1941). Cit.: pg. 109.

Recent research in meson theory (Rev. of Mod. Phys., 19, 1-18, 1947). Cit.: pg. 108.

WEYL, H.

Reine Infinitesimalgeometrie (Math. Zeit, 2, 384-411, 1913). Cit.: pg. 68.

Gravitation und Elektrizität (Sitz. Preuss. Akad. Wiss., 465-480, 1918). Cit.: pg. 68.

Raum, Zeit, Materie (Berlin, Springer, 1921). Cit.: pg. 68.

The theory of groups and Quantum Mechanics (Nueva York, Dover Publications, sin fecha). Cit.: pg. 97.

WHITTAKER, E. T.

Some disputed questions in the Philosophy of the Physical Sciences (Phil. Mag., 33, 353-366, 1942). Cit.: pg. 12, 22, 55.

WHITTAKER, E. T.ROBINEON, G.

The calculus of observations (Londres, Blackie & Son, 1944). Cit.: pg. 62.

WIGNER, E.

Über nicht kombinierende Terme in der neueren Quantentheorie (Z. Physik, 40, 883-892, 1927). Cit.: pg. 100.

Einige Folgerungen aus der Schrödingerschen Theorie für die Termstrukturen (ibid., 43, 624-652, 1927). Cit.: pg. 100.

On the consequences of the symmetry of the nuclear hamiltonian on the spectroscopy of nuclei (Phys. Rev., 51, 106-119, 1937). Cit.: pg. 101.

On the structure of nuclei beyond oxygen (Phys. Rev., 51, 947-958, 1937). Cit.: pg. 101.

WILDA, E.

On first order wave equations for elementary particles without subsidiary conditions (Proc. Roy. Soc., 191, 253-268, 1947). Cit.: pg. 107.

YUKAWA, H.

Interactions of elementary particles (Proc. Phys. Math. Soc., Japón, 17, 46-57, 1935). Cit.: pg. 103.

Quantum theory of non-local fields (Phys. Rev., 77, 219-226, 1950). Cit.: pg. 109.

APÉNDICE A

FUENTES DE LA FÍSICA MATEMÁTICA

INTRODUCCION

En este apéndice se indicarán las obras que, a nuestro juicio, son fundamentales para el estudio de las teorías objeto del programa que se presenta en el apéndice B. Se incluyen, además, otros textos que consideramos útiles bien sea para completar o perfilar el contenido de aquéllas, manteniéndose dentro de lo general, bien sea para conseguir la preparación indispensable del ya graduado en el caso de especializarse en algun tema de los que más abajo se señalan, bien sea como obras de consulta. Es nuestra creencia que para iniciarse en la investigación en una determinada rama de la física teórica es menester ante todo haber estudiado a fondo un texto de solvencia reconocida que se ciña lo más posible al área que se trata de cultivar. Una vez esto conseguido, no se presentarán dificultades por lo general cuando se pase a otra obra dedicada al mismo asunto y de la que se requiera el estudio - o la mera lectura - de tan sólo un punto particular. Sólo así, una vez bien sentados los conceptos y métodos generales, será posible abordar el análisis de los artículos que traten del tema en que se pretende trabajar o con él relacionados. Sólo así se verá el problema destacado con relación a su entorno.

Hasta hoy, y desde hace años, hemos dedicado nuestra atención principalmente a la teoría de campos y a la física nuclear teórica - si bien en este último caso hemos abordado también determinados sectores teórico-técnicos. Es, por

lo tanto, en estos terrenos donde nos parece que podríamos prestar nuestra ayuda con mayor eficacia. Esta es la razón de que la relación de textos especiales quede limitada prácticamente a aquellos temas. En realidad, cada uno de dichos capítulos de la ciencia natural exacta es un extensísimo campo de trabajo - probablemente los más cultivados en la actualidad y a pesar de esto los menos agotados. No se pretende, pues, que la relación sea completa. Sin embargo, confiamos en que lo sea suficientemente y, en todo caso, incluye las obras que diversas necesidades profesionales nos ha llevado a utilizar. Salvo algunos importantes trabajos de puesta a punto, no se citan artículos especiales aun a sabiendas de que su lectura a conciencia es indispensable para ciertos estudios. Por lo demás, en la parte de esta memoria relativa al método en la física matemática se han indicado los más fundamentales de entre ellos.

Se advertirá fácilmente el predominio de la literatura anglosajona y en lengua alemana. Dos son las razones para ello. La primera es puramente cuestión de número: aquellos países producen mucho más que los otros en esos campos. La segunda es, en parte, consecuencia de la que precede: la terminología, notación y manera de plantear las cosas más generalizada en los artículos originales es la de aquellas escuelas. Fuera, por lo tanto, un grave inconveniente desde el punto de vista de la formación del alumno acostumbrarlo a una modalidad de pensar y a un formalismo que difiriera de los hoy más extendidos. De hacerlo así, se le obligaría, en efecto, a un ulterior esfuerzo de readaptación del todo inne-

cesario.

Dentro de la bibliografía correspondiente a cada tema se indican las obras fundamentales de iniciación escribiendo con mayúsculas los títulos de las mismas. Elegir una u otra dependerá de diversas circunstancias - grado de madurez intelectual del estudiante, características de su formación, acaso conocimientos lingüísticos. No existe el libro perfecto - en el sentido de adecuado a todo tipo de mentalidad. Por consiguiente en cada caso habrá que ver cuál conviene más. De todas formas, a la larga también habrá que entrar en relación con los otros.

I.- RELATIVIDAD

I.1 - Fundamentos y aspectos generales del problema.

La literatura es extensísima y de muy varia calidad. Desde un punto de vista elemental puede verse:

EINSTEIN, A.

INFELD, L.

(1) *The evolution of Physics* (Nueva York, Simon & Schuster, 1942),

EINSTEIN, A.

(2) *The meaning of relativity* (Princeton, Univ. Press, 1950, 3^a ed.),

LINDSAY, R. B.

MARGENAU, H.

(3) *Foundations of Physics* (Nueva York, Wiley, 1936)
Cap. VII y VIII,

Un análisis más profundo se encuentra en:

REICHENBACH, H.

- (4) Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre
(Braunschweig, Vieweg, 1924),

- (5) Philosophie der Raum-Zeit-Lehre (Berlin, 1926),

DESTOUCHES, J. L.

- (6) Principes fondamentaux de physique théorique (Paris, Hermann, 1942), Vol. II., caps. V-VI. Vol. III, caps. I-II. Esta obra fundamental no puede dejarse en todas las manos. Corresponde a la visión de la física teórica del que ya está de vuelta, del que reflexiona acerca de los principios y analiza con espíritu crítico los diferentes estadios del proceso que se desarrolló ante él. Aparte de presuponer en el lector un hábito mental acostumbrado al más profundo análisis lógico y al razonar abstracto, requiere cierto conocimiento de las estructuras generales de la matemática - amen de la relatividad y de la mecánica cuántica en sus formas ordinarias. Su estudio es, por lo tanto, sólo aconsejable durante el doctorado, y aun en este periodo tan sólo para aquél que se dedique a cuestiones de fundamentos. No parece, por otra parte, que el análisis de Deatouches haya permitido hasta hoy vencer las dificultades que se presentan a la física teórica. Quizá convenga también advertir que en el problema relativista adopta en esencia el punto de vista de Milne (E. A. Milne, Relativity, gravitation, and world-structure (Oxford, Clarendon Press, 1935); Kinematic relativity (Oxford, Clarendon Press, 1948)).

I.2 - Geometría de los espacios generalizados n-dimensionales.

Las propiedades generales del espacio vectorial (afín) de n dimensiones se encuentran descritas en multitud de textos. Bien sea por el punto de vista que adoptan, bien por alguno de los aspectos que tratan, resultan interesantes para el físico:

LICHNEROWICE, A.

- (7) Algèbre et analyse linéaires (Paris, Masson, 1947) en particular, Caps. I y IV,

HALMOS, P. R.

- (8) Finite dimensional vector-spaces (Princeton, Univ. Press, 1948).

Dichas propiedades las encontramos también estudiadas, claro está, en aquellas obras dedicadas al cálculo tensorial y a las geometrías generalizadas, por ejemplo:

BRILLOUIN, L.

- (9) LES TENSEURS EN MECANIQUE ET EN ELASTICITE (Paris, Masson, 1938). Obra particularmente recomendable y de fácil estudio.

SCHOUTEN, J. A.

- (10) TENSOR ANALYSIS FOR PHYSICISTS (Oxford, Univ. Press, 1951).

SCHRODINGER, E.

- (11) SPACE-TIME STRUCTURE (Cambridge, Univ. Press, 1950). Muy ceñida al tema, puede resultar útil. La estructura del libro es la misma en lo esencial que la adoptada en el libro de Brillouin - espacio amorfio, espacio afín y espacio métrico - y en el apéndice a (20).

APPEL, P.THIRY, R.

- (12) Elements de calcul tensorial (Traité de Mécanique Rationnelle, Appel, Vol. V; Paris, Gauthier-Villars, 1933). Resulta un tanto anticuado en la manera de tratar el tema, si bien ofrece algunos aciertos y puede ser conveniente para acabar de fijar ideas.

CRAIG, H. V.

- (13) Vector and tensor analysis (Nueva York, Mc Graw-Hill, 1943). Obra de características muy peculiares. La parte B está dedicada al análisis vectorial elemental. La parte C, a los tensores y extensores. Introduce éstos para evitar el concepto de conexión afín en la definición de derivada absoluta. La pretensión de agotar matrices se lleva a tal extremo, que este texto resulta un algo abstruso para el principiante.

Para un estudio ulterior de geometría de los espacios generalizados con vistas a temas especiales de la física teórica, nos parecen indicadas las obras siguientes:

CARTAN, E.

- (14) *Leçons sur la géometrie des espaces de Riemann*, (Paris, Gauthier-Villars, 1928). Muy completa y accesible al físico con buena preparación matemática. La exposición es elegante y clara como en todas las obras de Cartan.

LEVI-CIVITA, T.

- (15) *Der absolute Differentialkalkül* (Berlin, Springer, 1928). Salvo en lo que concierne a los últimos capítulos dedicados a la teoría de la relatividad, nos parece superada esta obra por las dos que siguen, a pesar de serle anterior una de ellas.

SCHOUTEN, J. A.

- (16) *Der Ricci-Kalkül* (Berlin, Springer, 1924). Puramente matemática, pero completa y con numerosos ejercicios bien elegidos al final de cada capítulo. Constituye una excelente obra de consulta.

THOMAS, T. Y.

- (17) *THE DIFFERENTIAL INVARIANTS OF GENERALIZED SPACES* (Cambridge, Univ. Press, 1934). De lectura más fácil que (16), es a nuestro entender muy adecuada para quien pretenda conseguir una sólida base geométrica sin vistas a trabajar en temas de relatividad general.

WEYL, H.

- (18) *Mathematische Analyse des Raumproblems* (Berlin, Springer, 1923). Obra clásica en su género. Conveniente para pulir los conceptos adquiridos e interesante desde el punto de vista metodológico.

I. 3 - Teoría de la relatividad

De acuerdo con el plan que nos hemos trazado, señalaremos únicamente unos pocos títulos:

BERGMANN, P. G.

- (19) *INTRODUCTION TO THE THEORY OF RELATIVITY* (Nueva York, Prentice-Hall, 1942). De entre las obras que han lle-

gado a nuestras manos, es ésta la introducción más completa. Bien estudiada, poco más se necesita para abordar la mayor parte de los trabajos originales acerca de relatividad general riemanniana. Aumentan su utilidad la iniciación que permite a las teorías de Weyl y Kaluza (Caps. XVI a XVIII),

TERRADAS, E.

ORTIZ, R.

- (20) Relatividad (Buenos Aires, Espasa-Calpe Argentina, 1952). Su finalidad fue una introducción más bien descriptiva a las teorías relativistas. En este sentido puede quizás prestar una cierta ayuda al que comienza.

PLANS Y FREYRE, J. M.

- (21) Nociones fundamentales de mecánica relativista (Mem. Real Acad. de Cienc., Madrid, 1921). Representa un notable esfuerzo de síntesis, pero en su manera de exponer el tema resulta hoy un tanto anticuada.

LEVI-CIVITA, T.

- (22) Fondamenti di Meccanica relativistica (Bolonia, Zanichelli, 1928). Muy interesante por su originalidad en la forma de pasar de la mecánica clásica a la relativista. El significado físico del formalismo de la primera relatividad einsteiniana queda en ella bien de manifiesto.

Entre las obras que se sitúan en un nivel superior y que, por lo tanto, convienen mejor al futuro especialista, consideramos particularmente recomendables:

EDDINGTON, A. S.

- (23) THE MATHEMATICAL THEORY OF RELATIVITY (Cambridge, Univ. Press, 1923). Indispensable para quien se dedique a investigaciones que requieran un conocimiento previo, aunque a fondo, de la teoría de la relatividad general. De ninguna sabemos que pueda superarla en este aspecto.

TOLMAN, R. C.

- (24) RELATIVITY, THERMODYNAMICS AND COSMOLOGY (Oxford, Clarendon Press, 1934). Interesante de suyo, constituye un buen complemento a (23) para quien piense dedicarse a ciertos problemas teóricos que plantea la astrofísica. En particular, ofrece la hermosa termodinámica relativista tan conveniente para el estudio de la estructura estelar y aun para el proble-

ma del origen de los elementos (Caps. V, IX y X).

LAUE, H. VON

- (25) Die Relativitätstheorie (Braunschweig, Vieweg, 1921). Como en todas las obras escritas pocos años después de la aparición de la teoría general (1916) y en plena polémica, se echa de ver en esta el afán de convenir y una cierta falta de perspectiva. Con todo, en el aspecto histórico conserva todo su valor.

WEYL, H.

- (26) Raum, Zeit, Materie (Berlin, Springer, 1921).

DONDER, TH DE

- (27) La gravifique einsteinienne (Ann. de l'Ob. Royal de Belgique, 3^a serie, 1, pg. 75, 1921). Excesivamente formal, a nuestro parecer. Sin embargo, puede resultar útil como obra de consulta. Cabe completarla con toda una serie de pequeñas monografías del mismo autor publicadas en la colección Ném. Scien. Math., París, Gauthier-Villars.

Tres excelentes artículos de puesta a punto cabe señalar:

TERRADAS, E.

- (28) Relatividad (Enciclop. Espasa, Madrid-Barcelona),

PAULI, W.

- (29) Relativitätstheorie (Enzyk. der Math. Wiss., Vol 5, 2^a parte; Leipzig, Teubner), 1921,

BECK, G.

- (30) Allgemeine Relativitätstheorie (Hand. der Phys., Geiger-Scheel, vol. 4, pg. 299; Berlin, Springer, 1929).

De los otros modelos geométricos propuestos para una teoría de la relatividad general, quizás el más elaborado es el proyectivo. Cabe consultar, por ejemplo:

VERBLEN, O.

- (31) Projektive Relativitätstheorie (Berlin, Springer, 1933).

SCHOUTEN, J. A.

- (32) LA THÉORIE PROJECTIVE DE LA RELATIVITÉ (Ann. Inst. H. Poincaré, 5, 51-88, 1935). Una muy buena introducción que representa la síntesis de toda una serie de artículos sobre el tema debidos a Schouten y sus colaboradores aparecidos los más en los Proc. Amsterdam.

LUDWIG, G.

- (33) Fortschritte der projektiven Relativitätstheorie (Braunschweig, Vieweg, 1951). Se desarrolla la teoría en forma distinta de la que se advierte en (31) y (32). Además, se parte de la tesis de Jordan según la cual las "constantes" de la gravedad serían, no constantes, sino parámetros lentamente variables. (Cf. también P.A.M. Dirac, A new basis for cosmology (Proc. Roy. Soc., 165, 199-208, 1938)).

Dentro de un orden de ideas completamente distinto - y por ello muy discutido - caen las dos obras de Eddington que con (23) resumen el contenido de toda su labor científica:

EDDINGTON, A. S.

- (34) Relativity theory of protons and electrons (Cambridge, Univ. Press., 1936),
- (35) Fundamental theory (Cambridge, Univ. Press, 1949). Es sabido que este libro no llegó a terminarse. Eddington falleció cuando le quedaban por escribir los tres últimos capítulos de los que sólo se ha encontrado el índice. Cómo habría que desarrollarlos es el problema que dejó planteado.

II.- MECANICA CUANTICAII.1 - Fundamentos y aspectos generales del problema.HEISENBERG, W.

- (36) Die physikalische Grundlagen der Quantentheorie (Leipzig, 1930). Existen traducciones francesa e inglesa de esta bien conocida obra de Heisenberg. No es de difícil lectura, aunque algunas de las "explicaciones" resulten en sí poco convincentes.

LINDSAY, R. B.

MARCENAU, H.

- (37) Loc. tit. (3). Además de permitir una visión de conjunto, si bien elemental, en los cap. IX y X se encuentran expuestos algunos puntos de vista interesantes, aunque más o menos discutibles.

REICHENBACH, H.

- (38) Philosophic foundations of Quantum Mechanics (Berkeley, Los Angeles, Univ. of California Press, 1946). Profundo análisis crítico de la mecánica cuántica y comparación de la misma con la mecánica clásica. La segunda parte, en particular, es muy conveniente para lo que en la pg. 131 llamábamos "re-visar".

DESTOUCHES, J. L.

- (39) Loc. cit. (6). En realidad, éste es el tema central de la obra de Destouches. Téngase en cuenta, con todo, lo dicho en (6).

II.2 - Geometría del espacio de Hilbert.

Esta nos interesa aquí en tanto que instrumento de la mecánica cuántica. Desde este punto de vista, son útiles los siguientes textos, aunque de nivel más elevado del que corresponde a una mera introducción a dicha mecánica.

ÍÑIGUEZ ALMECH, J. M.

- (40) OPERADORES LINEALES EN LOS ESPACIOS METRICOS (Mem. Acad. de Cien., Zaragoza, serie 2^a, Mem. 1^a, 1946). Conveniente para un estudio riguroso de las bases matemáticas de la mecánica cuántica. Como ocurre con (41), este libro se estudia con mayor provecho una vez se poseen las nociones fundamentales de aquélla - a menos que lo que interese sea la teoría matemática en sí. La teoría de la medida que en él se presenta constituye una buena base para el estudio de la moderna mecánica estadística.

NEUMANN, J. VON

- (41) FUNDAMENTOS MATEMATICOS DE LA MECANICA CUANTICA (Madrid, Inst. Mat. Jorge Juan, 1949). Cap/ II., Cf. lo dicho en (40).

JULIA, G.

- (42) Introduction mathématique aux théories quantiques (Paris, Gauthier-Villars, dos volúmenes) (1936-1938). Obra claramente expuesta, pero incompleta. El tercer volumen no ha llegado a publicarse que sepamos (operadores acotados, y su espectro).

II.3 - Mecánica cuánticaDIRAC, P. A. M.

- (43) THE PRINCIPLES OF QUANTUM MECHANICS (Oxford, Clarendon Press, 1947). Huelga casi hacer resaltar la amplia resonancia alcanzada por el método de Dirac en la investigación contemporánea. Las ideas están claramente expuestas, pero no por ello es un libro fácil para quien lo aborde sin ayuda o sin preparación previa. Es de aquellos textos que hay que conocer bien, aunque sea indispensable completarlo con otro en el que la teoría esté más desarrollada y aparezca aplicada a casos concretos, por ejemplo el libro de

SCHIFF, L. I.

- (44) QUANTUM MECHANICS (Nueva York, Mc Graw-Hill, 1949), probablemente el más utilizado en los E. U. como texto. Escrito con sumo cuidado, su estudio proporciona una potente herramienta para trabajar en cualquier campo que suponga conocimientos generales de mecánica cuántica,

IRIGUEZ ALMECH, J. M.

- (45) MECANICA CUANTICA (Mem. Acad. de Cienc., Zaragoza, serie 2^a, Mem. 2^a, 1949). Un buen tratado de mecánica cuántica general. Da los medios necesarios para el estudio y resolución de los problemas que plantea la mecánica atómica y la molecular. Los cálculos están muy desarrollados, lo que hace de él un libro particularmente adecuado para quienes pretenden iniciarse en dichos campos al margen de cursos regulares. Los capítulos IV al VI pueden utilizarse como introducción a II.2.

Como obras de consulta, pero poco convenientes para un primer estudio, indicaremos:

KEMBLE, E. C.

- (46) The fundamental principles of quantum mechanics (Nueva York, Mc Graw-Hill, 1937)

PAULI, W.

- (47) Die allgemeinen Prinzipien der Wellenmechanik (Hand. der Phys., Geiger-Scheel, vol. 24₁; Berlin, Springer, 1933),

BOHM, D.

- (48) Quantum theory (Nueva York, Prentice-Hall, 1951). En cambio, puede ser provechoso para el principiante ampliar sus nociones generales con el estudio de algunos capítulos de

MOTT, N. F.SNEDDON, J. N.

- (49) Wave mechanics and its applications (Oxford, Clarendon Press, 1948), libro que ofrece un enlace entre la teoría y los hechos experimentales.

Un poco al margen de las corrientes contemporáneas quedan en su exposición las conocidas obras de de Broglie:

BROGLIE, L. DE

- (50) Introduction à l'étude de la mécanique ondulatoire (Paris, Hermann, 1930),
- (51) Théorie de la quantification dans la nouvelle mécanique (Paris, Hermann, 1932),
- (52) L'électron magnétique (Paris, Hermann, 1934).

Con vistas al futuro investigador, tienen el inconveniente que señalábamos en la introducción, a saber, que el formado exclusivamente en ellas se ve obligado posteriormente a una readaptación a las escuelas anglosajonas y de la Europa central. Por lo demás, permiten aclarar ciertos conceptos y ofrecen a veces nuevos puntos de vista. En este último aspecto, es también útil

SCHAFFER, C.

- (53) Einführung in die theoretische Physik (Vol. 2, 2^a parte; Berlin, De Gruyter, 1937).

Para quienes la mecánica cuántica ha de convertirse en un instrumento consideramos particularmente adecuados:

FLÜGGE, S.

- (54) Rechenmethoden der Quantentheorie dargestellt in Aufgaben und Lösungen (Berlin, Springer, 1947)

GOMBAS, P.

- (55) Theorie und Lösungsmethoden des Mehrteilchenproblems der Wellenmechanik (Basilea, Birkhäuser, 1950),

CARSON, E. M.

- (56) Perturbation methods in the quantum mechanics of n-electron systems (Londres, Blackie, 1951).

Un curso regular de mecánica cuántica es casi condición indispensable, sin embargo, para lograr de estos textos todo el fruto que pueden rendir. El que trabaja, o ha de trabajar, en mecánicas atómicas o en temas de estática nuclear encontrará en los dos últimos una buena ayuda. En cambio, para problemas dinámicos es preferible el estudio, o la consulta detenida por lo menos, de

WENTZEL, G.

- (57) Wellenmechanik der Stoß- und Strahlungsworgänge (Hand. der Phys., Geiger-Scheel, vol. 24, ; Berlin, Springer, 1933),

MOTT, N. F.MASSEY, H. S. W.

- (58) The theory of atomic collisions (Oxford, Clarendon Press, 1949).

III.- TEORIA DE GRUPOS EN MECANICA CUANTICA

Acerca de este tema cabe señalar como fundamentales cuatro obras bien conocidas, si bien se encuentra tratado desde un punto de vista menos completo, aunque suficiente para muchos fines, en (45), caps. XVII al XIX, en (47), A §§ 13-14 y pgs. 225-226, y en (56), cap. VI. Las obras citadas son:

WAERDEN, B. L. VAN DER

(59) DIE GRUPPENTHEORETISCHE METHODEN IN DER QUANTENME-

CHANIK (Berlin, Springer, 1932).

Quizá la más adecuada para un estudio general del método. En particular, el § 20 contiene parte de la base matemática inicial para el estudio de la teoría de campos (espinores). La teoría de los espectros atómicos y moleculares se trata, algo por encima, en los caps. V y VI.

WIGNER, E.

(60) GRUPPENTHEORIE UND IHRE ANWENDUNG AUF DIE QUANTENME-

CHANIK DER ATOMEPEKTREN (Braunschweig, Vieweg, 1931).

Aunque esta obra en sí merece ser objeto de estudio

y no es de difícil lectura, quizás es más útil como

complemento de (59). Lo mismo cabe decir de

WEYL, H.

(61) The theory of groups and Quantum Mechanics (Nueva York, Dover Pub., 1931 (?)). Poco adecuada para el principiante, ofrece en cambio al ya iniciado capítulos de gran interés, por ejemplo el cap. V dedicado al estudio del grupo simétrico tan importante para la física nuclear y atómica,

MURNAUGHAN, F. D.

(62) The theory of groups representations (Baltimore, The John Hopkins Press, 1938). Probablemente el estudio de conjunto más completo dedicado a las representaciones lineales de los grupos de mayor interés para la física. No es un texto elemental, pero no por ello requiere extensos conocimientos iniciales.

Para la teoría de espinores, aparte los §§ 16 a 20 de (59), el texto más indicado es el de

CARTAN, E.(63) Leçons sur la théorie des spineurs (Act. Scient. et Ind., 643, 701; Paris, Hermann, 1938), texto que hay que considerar más bien como objeto de estudio monográfico.

El interesado en esta teoría con vistas únicamente a la base matemática de la ecuación de Dirac, puede consultar en cambio el notable artículo de síntesis de

PAULI, W.

- (64) Contributions mathématiques à la théorie des matrices de Dirac (Ann. Inst. H. Poincaré, 6, 109-136, 1936).

Finalmente, si una determinada investigación requirió un conocimiento más profundo de la teoría de grupos, creemos que podría resultar eficaz el estudio de

MASSENHAKUS, H.

- (65) The theory of groups (Nueva York, Chelsea Pub., 1949) para los grupos finitos,

WEYL, H.

- (66) The classical groups (Princeton, Univ. Press, 1946) para grupos en general y

WAERDEN, B. L. VAN DER

- (67) Gruppen von linearen Transformationen (Berlin, Springer, 1935), como síntesis de los resultados obtenidos acerca de este tema hasta el año de su publicación.

IV.- TEMAS ESPECIALES

Conforme se indicó en la introducción, y por los motivos allí señalados, limitamos a dos los temas especiales que podrían ser objeto de estudio para post-graduados. Claro está que al calificarlos de especiales lo hacemos tan sólo para destacarlos dentro de la teoría general, porque de hecho cada uno de ellos constituye de suyo un amplio cuerpo de doctrina a pesar de las íntimas relaciones que existen entre uno y otro. Estas relaciones llevarán necesariamente al que cultive uno de ellos a hacer alguna incursión en el otro más o menos tarde. Por consiguiente, la separación entre ellos obedece a una mera cuestión de énfasis.

IV.1 - Física nuclear teórica

FERMI, R.

(68) NUCLEAR PHYSICS (Chicago, Univ. Press, 1949). Se trata de un curso general dedicado a estudiantes universitarios de 2º. y 3º. año, ésto es, antes de la especialización dentro de las ciencias físicas. Su inconveniente principal reside en el carácter del libro: no es una obra pensada para la publicación, sino unas notas de clase. Sin embargo se indican en él las referencias suficientes para completar el contenido de aquellos capítulos que lo requieran,

HEISENBERG, W.

(69) THEORIE DES ATOMKERNES (Göttingen, Max Planck Inst. für Phys., 1951). Menos extensa que la anterior, pero de carácter más teórico. Proporciona una base suficiente para iniciarse en la teoría del núcleo. Con todo y dado que su autor se propone sólo esto, fuera inútil pedir más de ella.

FERMI, E.

(70) ELEMENTARY PARTICLES (New Haven, Conn., Yale Univ. Press, 1951). Este librito puede ser muy útil para quien necesite de la teoría de campos tan solo una visión general por el hecho de dedicarse a la parte más bien fenomenológica de la física nuclear teórica,

GAMOW, G.

CRITCHFIELD, C. L.

(71) Theory of atomic nucleus and nuclear energy sources (Oxford, Clarendon Press, 1949). Una excelente obra para completar cualquiera de (68) y (69). Salvo en casos especiales, no parece recomendable como introducción. De todas maneras, conviene estudiar algunos de sus capítulos (p.e., caps. I al V) antes de abordar el estudio de

ROSENFELD, L.

(72) NUCLEAR FORCES (Amsterdam, North-Holland Pub. Co., 1948). En la actualidad el texto más completo sobre este tema. No es un libro de estudio fácil - en particular presupone el dominio de la mecánica cuántica general. Pero paga con creces el esfuerzo que se demande a conocerlo a fondo.

A continuación indicemos otras obras que pueden ayudar en el estudio de las anteriores, aunque un poco anticuadas (75) y (76).

BETHE, H. A.

(73) Elementary nuclear theory (Nueva York, Wiley, 1947),

BROGLIE, L. DE

(74) De la mécanique ondulatoire à la théorie du noyau (Paris, Hermann, 1944-1946),

BETHE, H. A.

BACHER, R. F.

(75) Nuclear Physics: A. Stationary states of nuclei (Rev. of Mod. Phys., 8, 82-229, 1936); B. Theoretical nuclear dynamics (ibid., 9, 69-244, 1937),

RASETTI, E.

(76) Elements of nuclear physics (Nueva York, Prentice-Hall, 1936).

Dado que la física nuclear es una rama relativamente joven de la física contemporánea, no abundan los tratados teóricos referentes a ella. La mayor parte de la literatura está contenida en artículos originales. Cuáles convendrá estudiar dependerá del tema concreto en que se trabaje. Lo mismo vale para el aspecto teórico de la técnica nuclear, con el sgravante en este caso de que los más importantes trabajos constituyen material secreto por razones obvias.

IV.2 - Teoría de campos

HILL, E. L.

(77) HAMILTON'S PRINCIPLE AND THE CONSERVATION THEOREMS OF MATHEMATICAL PHYSICS (Rev. of Mod. Phys., 23, 253-260, 1951). Este interesante artículo de puesta a punto presenta de manera muy clara las ideas fundamentales sobre que se apoya la teoría "clásica" de los campos. Recomendable su estudio antes de iniciar el de

WENTZEL, G.

(78) QUANTUM THEORY OF FIELDS (Nueva York, Interscience Pub., 1949), obra fundamental y hasta el presente la más completa. Fuera de desear una nueva edición que incluyera los más importantes métodos que han aparecido desde que fué escrita (la primera edición alemana, *Einführung in die Quantentheorie der Wellenfelder*, Viena, Deuticke, es de 1943). Esta misma razón hace preferible la versión americana que complementa la edición alemana con un apéndice relativo a la simetrización del tensor de energía-impulso y con nuevas referencias bibliográficas,

HEITLER, W.

(79) THE QUANTUM THEORY OF RADIATION (Oxford, Clarendon Press, 1945). Su conocimiento a fondo es imprescindible, no ya para el estudio de la electrodinámica cuántica, sino también para el de la física nuclear teórica. No conocemos ningún otro texto sobre el tema que supere a éste en claridad y elegancia de exposición. Muy acertadas las referencias a la base experimental.

Indicamos a continuación una serie de artículos de síntesis adecuados para acabar de fijar ideas y como elemento de enlace entre las teorías expuestas en los libros anteriores y las más elaboradas que hay que buscar en artículos especiales:

PAULI, W.

(80) Relativistic field theories of elementary particles
Rev. of Mod. Phys., 13, 203-232, 1941).

BHABHA, H. J.

(81) The theory of the elementary particles (Reports on Progr. in Phys., 10, 253-271, 1946),

PAIS, A.

(82) On the theory of elementary particles (Verh. Nederl. Akad. Wetensch., 19, 1947),

BHABHA, H. J.

(83) On the postulational basis of the theory of elementary particles (Rev. of Mod. Phys., 21, 451-462, 1949),

DIRAC, P. A. M.

(84) La seconde quantification (Ann. Inst. H. Poincaré, 11, 15-47, 1949).

Para la conexión entre campos de mesones y fuerzas nucleares, nos parece aconsejable

PAULI, W.

- (85) MESON THEORY OF NUCLEAR FORCES (Nueva York, Interscience Pub., 1946), pequeño libro cuyo único inconveniente es quizás precisamente su brevedad que lleva la concisión hasta el punto de requerir algún conocimiento previo de la materia del mismo. Por lo demás, excelente.

En un terreno puramente formal y de crítica de las nociones primeras hay que colocar la obra de

DETOUCHES, J. L.

- (86) Corpuscules et systèmes de corpuscules (Paris, Gauthier-Villars, 1941), para la que vale lo dicho acerca de (6).

El punto de vista de de Broglie acerca de todos esos temas se encuentra expuesto en sus numerosas obras publicadas entre 1939 y 1949:

BROGLIE, L. DE

- (87) La mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules (Paris, Gauthier-Villars, 1939),
 (88) Une nouvelle théorie de la lumière (Paris, Hermann, 1942),
 (89) Théorie générale des particules à spin (méthode de fusion), (Paris, Gauthier-Villars, 1943),
 (90) Mécanique ondulatoire du photon et théorie quantique des champs (Paris, Gauthier-Villars, 1949).

Tanto por aquel contenido como por presentar las otras formas de dichas teorías, es útil la consulta de estos libros bien sea en busca de una posible aclaración, bien sea simplemente para ver como trata un problema particular.

V.- ELEMENTOS AUXILIARES

Es claro que tanto en IV.1 como en IV.2 habrá que contar con elementos auxiliares que, a decir verdad, considerados cada uno de ellos en sí constituyen ya un cuerpo de doctrina y un campo de investigación. Sin embargo, aquí los tomamos como elementos al servicio de lo que precede. En tal caso se encuentra por ejemplo la mecánica estadística

V.1 - Mecánica estadística

Desde el punto de vista clásico, los fundamentos de la mecánica estadística se encuentran expuestos con todo rigor en KHINCHIN, A. I.

(91) MATHEMATICAL FOUNDATIONS OF STATISTICAL MECHANICS (Nueva York, Dover Pub., 1949). Dudamos que en 178 páginas (8º) se pueda presentar con mayor elegancia y rigor la mecánica estadística clásica, incluyendo un profundo análisis del problema ergódico, el gas perfecto monoatómico y las bases de la termodinámica. Su estudio requiere tan sólo poseer el concepto de medida de Lebesgue y el de integral de Lebesgue al nivel en que se encuentran expuestas en multitud de textos generales de matemáticas.

HOPF, E.

(92) Ergodentheorie (Berlin, Springer, 1937). Obra fundamental para el que hiciera de la mecánica estadística objeto de investigación o de estudio profundo. La preparación matemática necesaria puede encontrarse en (40) cap. I, en (102) pgs. 3 a 88 y en (113) vol I.

Entre los textos de carácter general y de nivel más o menos elevado citaremos:

MAYER, J. E.

MAYER, M. G.

(93) Statistical mechanics (Nueva York, Wiley, 1940)

MERCIER, A.

- (94) Leçons et problèmes sur l'équilibre statistique et l'évolution de la matière (Neuchâtel, Ed. du Griffon, 1945),

LINDBAY, R. B.

- (95) Introduction to physical statistics (Nueva York, Wiley, 1948),

TOLMAN, R. C.

- (96) THE PRINCIPLES OF STATISTICAL MECHANICS (Oxford, Univ., Press, 1938). Tratado de reconocida bondad. Quizá repite demasiado algunos conceptos, pero esto no constituye un grave inconveniente. En todo caso, aun si lo fuera, quedaría compensado con mucho por la aguda interpretación física que se da en él del formalismo matemático,

PERRIN, F.

- (97) MECANIQUE STATISTIQUE QUANTIQUE (Paris, Gauthier-Villars, 1939). Recomendable para un primer estudio serio del tema. Las ideas se presentan con claridad y la extensión no excesiva del libro hacen de él una excelente introducción.

Citaremos finalmente los dos tratados debidos a Fowler, muy indicados como obras de consulta:

FOWLER, R. H.

- (98) Statistical mechanics (Cambridge, Univ. Press, 1936),

FOWLER, R. H.GUGGENHEIM, E. A.

- (99) Statistical thermodynamics (Cambridge, Univ. Press, 1949).

Otro instrumento auxiliar lo ofrece la

V.2 - Estadística y cálculo de probabilidades

ARLEY, N.BUCH, K. R.

- (100) INTRODUCTION TO THE THEORY OF PROBABILITY AND STATISTICS (Nueva York, Wiley, 1950), texto adecuado

para adquirir los conceptos y métodos generales que interesan al físico. Numerosos ejercicios ayudan a conseguirlo,

ARLEY, N.

- (101) On the theory of stochastic processes and their application to the theory of cosmic radiation (Nueva York, Wiley, 1943),

CRAMER, H.

- (102) MATHEMATICAL METHODS OF STATISTICS (Princeton, Univ. Press, 1946). Recomendable por doble motivo. La primera parte - introducción matemática - proporciona sin gran esfuerzo por parte del lector nociones útiles para el físico acerca de la teoría de la medida y la integración en el sentido de Lebesgue y de Lebesgue-Stieltjes. Las partes segunda y tercera, las propiamente de estadística, contienen prácticamente todos los recursos que la estadística puede ofrecer al físico, teórico o experimental. Desde este punto de vista, resulta más elemental, pero también útil,

LINDEP, A.

- (103) Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure (Basilea, Birkhäuser, 1951),

DAVID, F. N.

- (104) Probability theory for statistical methods (Cambridge, Univ. Press, 1949). Obrita interesante y que permite adquirir un conocimiento bastante completo del cálculo de probabilidades. Suficiente para las necesidades del físico, rara vez será indispensable acudir al tratado de

JEFFREYS, H.

- (105) Theory of probability (Oxford, Clarendon Press, 1948).

Finalmente, citaremos la reciente obra de Feller de la que sólo conocemos el primer volumen

FELLER, W.

- (106) An introduction to probability theory and its applications (Nueva York, Wiley, 1950).

V.3 - Análisis Matemático

Si incompletos en muchos aspectos son los índices bibliográficos que preceden, tanto o más incompleta es la relación que sigue de obras de matemáticas a las que puede acudir el físico teórico en busca de recursos para resolver sus problemas. En el actual estado de cosas, no le es posible, en efecto, aprender más que un pequeño número de teorías matemáticas fundamentales, pero éstas deben ser tales que le permitan en un momento dado valerse de obras más específicas (cf. 3.34 a)). El trabajo de buen número de matemáticos españoles ha proporcionado textos bien conocidos en los que en una u otra ocasión hemos aprendido todos. No creamos necesario, por lo tanto, reseñarlos aquí salvo en un caso por la índole del tema. Nos referimos a

REY FAITOR, J.

- (107) Los problemas lineales de la física (Conferencias en el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica "Esteban Terradas", Madrid, 1951).

Tampoco es necesario insistir acerca de los méritos y la utilidad de los tres tratados ya clásicos en el área de la física matemática:

COURANT, R.

HILBERT, D.

- (108) Methoden der mathematischen Physik (Berlin, Springer, 1931-1937),

FRANK, P.

KISEE, R. VON

- (109) Die Differential- und Integralgleichungen der Mechanik und Physik (Braunschweig, Vieweg, 1930-1935),

JEFFREYS, H.

- (110) *Methods of mathematical physics* (Cambridge, Univ. Press, 1950).

Se sabido que (108) es puramente matemático, mientras que en (109, vol. II) y (110) se encuentran desarrolladas buen número de teorías físicas, particularmente las clásicas. Parte de las teorías matemáticas que presentan pueden verse también en (7), parte 2^a.

De un nivel mucho más elemental, pero que en ciertos casos puede proporcionar elementos suficientes, es el libro de

MARGENAU, H.MURPHY, G. M.

- (111) *The mathematics of physics and chemistry* (Nueva York, Van Nostrand, 1943) notable por su claridad de exposición y el amplia área que cubre.

Entre los tratados generales de análisis, quizá el más completo desde el punto de vista de la teoría física sea

WHITTAKER, E. T.WATSON, G. N.

- (112) *A course of modern analysis* (Cambridge, Univ. Press, 4^a ed., 1927).

También representa un buen auxiliar para ciertos problemas el libro de

VITALI, G.SANSCONE, G.

- (113) *Moderna teoria delle funzioni di variabile reale* (Bolonia, Zanichelli, 1946), particularmente el volumen segundo.

El campo de las ecuaciones diferenciales queda prácticamente cubierto por:

INCE, E. L.

(114) Ordinary differential equations (Nueva York, Dover Pub., sin fecha. La edición inglesa es del año 1926),

BATEMAN, H.

(115) Partial differential equations of mathematical physics (Nueva York, Dover Pub., 1944),

KAMKE, E.

(116) Differentialgleichungen, Lösungsmethoden und Lösungen (Nueva York, Chelsea, 1948). Obra de consulta de utilidad inapreciable para la resolución de ecuaciones diferenciales.

COLLATZ, L.

(117) Eigenwertprobleme und ihre numerische Behandlung (Nueva York, Chelsea, 1948). Libro muy práctico, con ejercicios al final de cada capítulo. La teoría está bien presentada y el problema se enfoca desde el punto de vista de las ecuaciones diferenciales, de las ecuaciones integrales y del cálculo de variaciones.

CHURCHILL, R. V.

(118) Fourier series and boundary value problems (Nueva York, Mc Graw-Hill, 1941). De contenido mucho más limitado que (117) expone de manera elemental la aplicación de las series de Fourier a la resolución de los clásicos problemas de contorno.

Es sabido que con frecuencia aparecen problemas en la física matemática cuya resolución puramente analítica es impracticable. Es menester en tal caso acudir a métodos numéricos. Recientemente han aparecido dos libros muy completos sobre este tema, uno de ellos del mismo autor de (117):

COLLATZ, L.

(119) Numerische Behandlung von Differentialgleichungen (Berlín, Springer, 1951),

BUCKNER, H.

(120) Die praktische Behandlung von Integralgleichungen (Berlín, Springer, 1952).

Cuando no baste lo que se encuentra en los tratados generales y en multitud de pequeñas monografías, las transformaciones funcionales de uso más corriente en la teoría física pueden verse por ejemplo en

CARSLAW, H. S.

JAEGER, J. C.

- (121) Operational methods in applied mathematics (Oxford, Univ. Press, 1948),

DOETSCH, G.

- (122) Theorie und Anwendung der Laplace-Transformation (Berlin, Springer, 1937). Obra fundamental. Particularmente interesantes las partes IV y V. Del mismo autor está en curso de publicación un tratado general sobre este tema.

WILDEY, L. V.

- (123) The Laplace transform (Princeton, Univ. Press, 1946). Trata el problema desde un punto de vista más general que (122). Se vale de la integral de Stieltjes, pero esto no representa inconveniente alguno para quien no esté familiarizado con su concepto, pues de la teoría de dicha integral se da en el cap. I un excelente resumen en 33 páginas.

TITCHMARSH, E. C.

- (124) Introduction to the theory of Fourier integrals (Oxford, Clarendon Press, 1948).

En cuanto a ciertas funciones especiales de la física matemática, pocas serán las propiedades de las mismas que aparezcan en un problema físico y no se encuentren en los siguientes textos:

WATSON, G. N.

- (125) A treatise on the theory of Bessel functions (Cambridge, Univ. Press, 1944),

HOBSON, E. W.

- (126) The theory of spherical and ellipsoidal harmonics (Cambridge, Univ. Press, 1931),

MCLACHLAN, N. W.

- (127) Theory and applications of Mathieu functions (Oxford, Clarendon Press, 1947),

ÖBERHETTINGER, F.MAGNUS, W.

- (128) Anwendung der elliptischen Funktionen in Physik und Technik (Berlin, Springer, 1949).

Numerosos son los formularios y las tablas más o menos detallados que se han publicado. Consideraré particularmente aconsejables:

MAGNUS, W.ÖBERHETTINGER, F.

- (129) Formulas and theorems for the special functions of mathematical physics (Nueva York, Chelsea, 1949),

MADELUNG, E.

- (130) Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers (Berlin, Springer, 1936),

JAHNKE, E.KEMPE, F.

- (131) Tables of functions with formulae and curves (Nueva York, Dover Publ., 4^a ed., 1945),

BIERENS DE HAAN, D.

- (132) Nouvelles tables d'intégrales définies (Nueva York, Stechert, 1939), completadas y corregidas por

LINDMAN, C. F.

- (133) Examen des nouvelles tables d'intégrales définies de M. Bierens de Haan (Nueva York, Stechert, 1944),

GRÖBNER, W.HOFREITER, N.

- (134) Integraltafeln (Viena, Springer, 1949-1950),

DORSTECK, G.

- (135) Tabellen zur Laplace-Transformation und Anleitung zum Gebrauch (Berlin, Springer, 1947).

Finalmente, para el cálculo numérico señalaremos

WHITTINGTON, E.

ROBINSON, J. G.

(136) *The calculus of observations* (Londres, Blackie, 1940),

KILME, W. E.

(137) *Numerical calculus* (Princeton, Univ. Press, 1949)

V.4 - Revistas

Citaremos tan sólo aquéllas que la experiencia nos ha mostrado que presentan mayor interés para el físico teórico además de proporcionarle, en buen número de casos, un fructífero contacto con los resultados experimentales.

Annalen der Physik (Leipzig, J. A. Barth)

Annales de L'Institut Henry Poincaré (París)

Arkiv för Fysik (antes: *Arkiv för Matematik, Astronomie och Fysik*) (Estocolmo)

Atti dell'Accademia Nazionale di Lincei. Rendiconti della Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali (Roma)

Cahiers de Physique (París)

Canadian Journal of Research (Ottawa)

Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences (París, Gauthier-Villars)

Helvetica Phisica Acta (Basilea, Birkhäuser)

Journal de Physique et le Radium (París)

Journal of Science of Hiroshima University

Det. Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Matematisk-Fysiske Meddelelser (Copenhague)

Mathematical Reviews (Providence, Rhode Island, Brown Univ.)

- Mathematical tables and other aids to computation (Washington, National Acad. of Sciences),
- Nature (Londres, Mc Millan)
- Nuclear Science Abstracts (Oak Ridge, Tenn., Technical Information Service)
- Il nuovo cimento (Bologna, Zanichelli)
- Physica (La Haya, Nijhoff)
- The Physical Review (Nueva York, American Institute of Physics)
- Phyikalische Berichte (Braunschweig, Vieweg)
- Portugaliae Physica (Lisboa, Laboratorio de Física)
- Proceedings of the Cambridge Philosophical Society (Cambridge Univ. Press)
- Proceedings Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (Amsterdam, Trippenhuis)
- Proceedings of the Physical Society (Londres)
- Proceedings of the Physico-Mathematical Society of Japan
- Proceedings of the Royal Irish Academy (Dublin)
- Proceedings of the Royal Society of London
- Proceedings of the Royal Society of Edinburgh
- Progress of theoretical Physics (Kyoto, Japón, Kyoto Univ.)
- Quarterly of Applied Mathematics (Providence, Brown University)
- Reports of the Physical Society on Progress in Physics (Londres)
- Reviews of Modern Physics (Nueva York, American Institute of Physics)
- Science Abstracts. Section A, Physics (Londres)
- Transactions of the Royal Society of Canada (Ottawa)
- U. S. Atomic Energy Commission Documents (Oak Ridge, Tenn., Document Sales Agency)
- Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik (Basilea, Birkhäuser)

Zeitschrift für Naturforschung (Tübingen)

Zeitschrift für Physik (Berlin, Springer)

Zentralblatt für Mathematik und ihre Grenzgebiete. Reine
und angewandte Mathematik, Mathematische Physik,
Astrophysik (Berlin, Springer)

APENDICE B

PROGRAMA DE UN CURSO DE FISICA MATEMATICA

INTRODUCCION

Bien pues creemos necesario añadir a lo dicho acerca de cómo concebimos un curso de física matemática en el momento presente. Orientado hacia los estudiantes de ciencias físicas y ciencias matemáticas indistintamente, presupone un nivel medio de conocimientos físicos y matemáticos común a unos y a otros - en particular un conocimiento general de la física clásica, del análisis y de la geometría. En él se insiste sobre todo en las cuestiones de principio y en las técnicas fundamentales más bien que en las aplicaciones a problemas particulares. Consideramos que cuando las aplicaciones se ofrecen como ejemplo del manejo de semejantes principios y técnicas, el máximo rendimiento formativo se consigue al analizar la aplicación concreta en sus elementos ligándolos a los principios generales. Esta labor, conforme se indicó, está vinculada al papel que, a nuestro entender, ha de representar el seminario, no la lección ordinaria. El curso supone tres conferencias y un seminario por semana, éste último dedicado a discusión de los puntos más importantes tratados en las lecciones de la semana precedente, al examen crítico de los problemas y cuestiones propuestas y a la consideración más detenida de las aplicaciones de las teorías presentadas en aquel período de tiempo. El número de conferencias que en el intervalo octubre-mayo de un curso normal pueden tener lugar es, en estas condiciones, del orden de noventa.

Repetidamente se ha insistido en que no cabe considerar el contenido del programa como algo rígido. En particular, llevaría a modificarlo un cambio en el plan de estudios. Supongamos, por ejemplo, que se hiciera de la física matemática una asignatura de una especialidad más o menos dirigida a la astrofísica y que, por otro lado, figurara en una especialidad en estudios atómico-nucleares la mecánica cuántica. En estas condiciones nos parecería adecuado, en el primer caso, aumentar el número de lecciones de I.c) con, por ejemplo, la termodinámica relativista y algunas teorías cosmológicas a expensas de un número igual de lecciones que se suprimirían de III. En cuanto a la mecánica cuántica, podría suprimirse buena parte de I.a) y I.c) substituyendo las lecciones afectadas por otras que completaran el contenido de II, por ejemplo acerca de métodos variacionales, estadísticas cuánticas y de la teoría de las colisiones. En resumen, el contenido vendrá fijado en cada caso por las circunstancias legales y de ambiente. Por virtud de las que se dan en la actualidad proponemos el siguiente

PROGRAMA DE UN CURSO DE FÍSICA MATEMÁTICA

I. a) Nociones de geometría de los espacios n-dimensionales.

1.- Espacio vectorial de n dimensiones, V_n . Postulados fundamentales. Cambio de sistema de referencia. Definición general de tensor. Operaciones algebraicas con tensores. Tensores simétricos y antisimétricos.

2.- El espacio amorfó de n-dimensiones, X_n . Concepto de espacio afín tangente, A_n . Sistemas de coordenadas en X_n y referencias locales. Campos de tensores. Operadores diferenciales: gradiente, rotacional y divergencia.

3.- Concepto de conexión afín. Espacios afines generales de n dimensiones. Traslación de vectores. Tensor de curvatura y tensor de torsión. Geodésicas. Espacios planos.

4.- Derivación covariante. Derivación covariante o absoluta de tensores y pseudotensores. Propiedades del tensor de curvatura en los espacios de torsión nula. Identidades de Bianchi. Tensor contracto de Ricci-Einstein.

5.- Introducción de la métrica en A_n y X_n . El tensor métrico fundamental. Producto escalar de dos vectores. Forma cuadrática fundamental. Métricas indefinidas: vectores espaciales, temporales e isotropos. Tensor contragrediente asociado a un tensor dado.

6.- Concepto de conexión métrica. Conexiones métricas de Eddington y de Weyl. Transformaciones de contraste: intensores y co-tensores. Tensor de curvatura segmentaria. Conexión métrica de Riemann.

7.- Espacios métricos. Definición y propiedades generales de los espacios de Eddington, Weyl y Riemann. Teorema de Ricci.

8.- Espacio de Riemann. Tensor de Riemann-Christoffel. Tensor contracto de Ricci-Einstein. El escalar de curvatura. El tensor $R^i_{;j} - \frac{1}{2} g^i_{;j} R$. Curvatura de un espacio de

Riemann en una orientación dada. Espacios de Riemann de curvatura constante.

I. b) Teoría de la relatividad especial.

9.- Transformaciones de Lorentz. Postulados de la teoría de la relatividad especial. Fórmulas de transformación de Lorentz.

10.- Estudio del grupo de Lorentz. El espacio-tiempo de Minkowski. Grupo completo de Lorentz. Transformaciones de Lorentz ortocronas y antícronas. Subgrupos especiales. Cinemática relativista. Líneas de universo.

11.- Dinámica relativista del punto material. Ecuaciones fundamentales de la dinámica relativista. Vector energía-impulso. Masa y energía.

12.- Dinámica relativista de los medios continuos. Ecuaciones fundamentales. El tensor material de energía-impulso. Casos particulares: fluido perfecto, fluido incoherente.

13.- Electrodinámica. Ecuaciones de Maxwell-Lorentz. El vector potencial electromagnético y el vector corriente. Invariancia de contraste de segunda especie y condición de Lorentz. Tensor electromagnético de energía-impulso. Leyes de conservación.

14.- Movimiento de un corpúsculo en un campo electromagnético
Fuerza de Lorentz. Funciones de Lagrange para el movimiento

clásico y relativista de un corpúsculo que se mueve en un campo electromagnético. Función de Hamilton relativista. Relaciones entre las componentes de E . y de H en dos sistemas inerciales. Aplicaciones.

I. c) Teoría de la relatividad general.

15.- Principio de equivalencia y principio de relatividad general. Consideraciones preliminares. Los postulados fundamentales. Estructura eucloriemanniana del espacio-tiempo: potenciales de Einstein.

16.- Ecuaciones del campo gravitatorio. Analogía clásica. Tensor de Ricci-Einstein y tensor de energía impulso. Significado de las cuatro identidades fundamentales. Sistemas estacionarios y sistemas estáticos.

17.- Campo de Schwarzschild. Campo gravitatorio de un punto material en reposo. Corrimiento del perihelio de Mercurio.

18.- El principio variacional. Las ecuaciones del campo gravitatorio deducidas de un principio de extremum. Presencia de un campo electromagnético.

19.- Algunos modelos de universo. Universo cilíndrico de Einstein. Universo esférico de De Sitter. Universo de Friedmann.

II. a) Geometría del espacio de Hilbert-Dirac.

20.- Transformaciones lineales. Espacio vectorial complejo de n dimensiones. Operadores lineales; matrices asociadas. Producto de operadores. Operadores regulares y operadores singulares. Espacio unitario de n-dimensiones. Producto escalar de dos vectores. Subespacios lineales. Operadores unitarios y operadores hermíticos; vectores propios y valores propios.

21.- Definición y propiedades generales del espacio de Hilbert. Postulado A. Variedades lineales. Funciones lineales de vector; espacio vectorial dual. Postulado B: productos escalares. Desigualdad de Cauchy-Schwarz. Funciones escalares y vectoriales de vector. Continuidad, Convergencia. Postulados C, D y E.

22.- Geometría del espacio de Hilbert. Sistemas ortonormales. Teoremas de convergencia relativos a los sistemas ortonormales. Sistemas ortonormales completos; condiciones necesarias y suficientes.

23.- Operadores lineales. Operadores adjuntos, hermíticos y unitarios. Valores propios y vectores propios de un operador lineal. Teorema de ortogonalidad. Operadores cuyos vectores propios forman un sistema completo.

24.- Operadores lineales. Operadores hermíticos que satisfacen una ecuación algébrica. Variables dicotómicas. Spin y spin isotópico. Operadores de permutación.

25.- Operadores permutables. Funciones de operador. Condición necesaria y suficiente para la permutabilidad. Sistemas completos de operadores permutables.

26.- Representaciones. Funciones singulares de Dirac. Propiedades de los vectores de base. Representación de operadores lineales.

27.- Teoremas relativos a funciones de operador. Commutabilidad y relaciones funcionales. El vector standard; funciones de onda. Producto de espacios.

II. b) Mecánica cuántica.

28.- Postulados fundamentales de la mecánica cuántica.

Concepto de variable aleatoria. Espectro de una variable aleatoria. Distribuciones discretas y continuas. Probabilidad y densidad de probabilidad. Procesos estocásticos. Concepto de estado de un sistema dinámico. Postulados de la mecánica cuántica.

29.- Ecuaciones cuánticas de condición. Paréntesis de Poisson y ecuaciones de condición; comutadores. Representación de Schrödinger; la función de onda $\psi(q)$. Representación en el espacio de los impulsos; la función de onda $\varphi(p)$. Relaciones de indeterminación.

30.- Ecuaciones cuánticas de evolución. Hamiltoniano de un sistema dinámico. Ecuación de Schrödinger. Representación de Schrödinger y representación de Heisenberg. Integrales

primeras de las ecuaciones de evolución.

31.- Estados estacionarios. Estados estacionarios de un sistema dinámico. La partícula libre. Oscilador armónico.

32.- Momentos cinéticos.- Definición y propiedades generales. Valores propios de los operadores de momento cinético M_z y M^2 .

33.- Momentos cinéticos orbitales y de spin. Operadores de momento cinético orbital. Armónicos esféricos. Momento cinético de spin.

34.- Estados estacionarios en un campo central. Separación de variables. Estados estacionarios de un corpúsculo en un potencial de Coulomb.

35.- Teoría cuántica de las colisiones. Concepto de sección eficaz de dispersión. Dispersión en un campo central. Corrimiento de fase.

36.- Teoría de las perturbaciones. Perturbaciones en los estados estacionarios.

37.- Teoría de las perturbaciones. Perturbaciones que dependen del tiempo. Probabilidad de transición por unidad de tiempo. Aproximación de Born.

38.- Teoría semicásica de la radiación. Absorción y emisión inducida. Probabilidad de transición. Transiciones prohibidas.

- 39.- Teoría semicásica de la radiación. Emisión espontánea. Radiación dipolar. Momento cinético de la radiación. Paso a la teoría cuántica. Fórmula de Planck.
- 40.- Sistemas de corpúsculos indiscernibles. Estados simétricos y antisimétricos. Su construcción a partir de estados individuales. Determinantes de Slater. Bosones y fermiones. Relación entre spin y estadística.
- 41.- Estructura atómica. Aproximación mediante un campo central. Modelo de Thomas-Fermi. Método de Hartree.
- 42.- Estructura atómica. Correcciones a la aproximación basada en un campo central. Acoplamiento Russell-Saunders.
- 43.- Corpúsculos de Dirac.- Corpúsculo de Dirac libre. Corpúsculo de Dirac en un campo electromagnético.
- 44.- Corpúsculos de Dirac. Formulación e invariancias relativistas de la ecuación de Dirac. Estados conjugados con relación a la carga.
- 45.- Corpúsculos de Dirac en un campo central. Acoplamiento spin-órbita. Teoría relativista del étomo de hidrógeno.
- 46.- Asambleas de Bosones. Operadores de creación y destrucción. Emisión y absorción de bosones.
- 47.- Asambleas de fermiones. Relaciones de anticonmutación . Operadores de creación y destrucción.
- 48.- Teoría de campos. Coordenadas de un campo. Formas

lagrangiana y hamiltoniana de las ecuaciones de un campo.
Relaciones de commutación.

49.- Campo de corpúsculos de spin cero. Formas lagrangiana y hamiltoniana de las ecuaciones del campo. Mesones escalares.

50.- Campo de corpúsculos de Dirac. Formas lagrangiana y hamiltoniana de las ecuaciones del campo. Teoría del positón.

III. Teoría de grupos.

51.- Conceptos fundamentales. Dominios multiplicativos, semigrupos y grupos. Subgrupos. Congruencias respecto de un subgrupo; clases adjuntas. Divisores normales; grupo factor. Transformaciones de semejanza; clases de elementos conjugados. Centro de un grupo.

52.- Representaciones de grupos. Homomorfía y homomorfismo, isomorfía e isomorfismo entre dominios multiplicativos. Caso particular de un grupo. Homomorfismos entre un grupo y un grupo factor. Primer teorema del isomorfismo. Operadores o endomorfismo. Mereomorfismos y automorfismos.

53.- Grupos especiales. Módulos, anillos y campos. Espacios vectoriales; transformaciones lineales; anillo completo de matrices; espacios duales. Grupo lineal, grupo unitario, grupo ortogonal, grupo de Lorentz.

- 54.- Representaciones lineales de un grupo. Espacio y grado de una representación. Representaciones equivalentes. Variedades invariantes: representaciones irreductibles, reducibles y completamente reductibles. Reductibilidad y degeneración en mecánica cuántica.
- 55.- Ejemplos de representaciones. Grupos de permutaciones. Teorema de Cayley. Representaciones de grupos abelianos. Grupo de rotaciones y simetrías axiales. Grupo simétrico S_3 y alternado A_3 .
- 56.- Producto directo de representaciones. Lema de Schur. Representaciones contragredientes. Matrices permutables con los operadores de una representación: lema de Schur.
- 57.- Representaciones de un grupo finito. Sistema hipercomplejo o álgebra de orden n. Álgebra de un grupo finito. Teoremas fundamentales. Generalizaciones.
- 58.- Caracteres. Relaciones entre los elementos de las matrices de dos representaciones de un mismo grupo. Caracteres de una representación; propiedades fundamentales. Ejemplos.
- 59.- Grupo simétrico. Representaciones irreductibles aplicables a los sistemas de electrones. Caracteres.
- 60.- Grupo de las rotaciones en el E_3 . Grupo lineal especial, O_2 . Grupo unitario especial, U_2 . Representación D_j del U_2 . D_j como representación lineal de las rotaciones en el E_3 . Transformaciones infinitesimales.

- 61.- Grupo de las rotaciones en el E_3 . Determinación de las matrices I_k en la representación D_j . Momentos cinéticos asociados. Reductibilidad de las representaciones del grupo de las rotaciones en el E_3 . Armónicos esféricos. Reducción de $D_j \times D_{j'}$.
- 62.- Grupo de Lorentz. El grupo lineal especial y las transformaciones propias de Lorentz. Espinores de primera y segunda especie. Representación lineal de cuarto grado del grupo completo de Lorentz.
- 63.- Grupo de Lorentz. Espinores de Van der Waerden. Relación entre espinores y tensores de espacio-tiempo. Representaciones irreductibles del grupo de Lorentz.
- 64.- Aplicaciones de la teoría de espinores. Forma spinorial de la ecuación de Dirac. Formas de interacción covariante entre corpúsculos de Dirac. Forma spinorial de los diferentes tipos de mesones de spin cero y uno.
- 65.- Sistemas de n electrones. Sentido del acoplamiento L-S y del acoplamiento j-j desde el punto de vista de la teoría de grupos. Multipletes. Reglas de selección.
- 66.- Efecto Zeeman. Teoría del efecto Zeeman como aplicación de la teoría de grupos.

INDICE

CONCEPTO DE FISICA MATEMATICA

1.- Finalidad de la física teórica	pg. 2
2.- Carácter abstracto de la física teórica	" 11
3.- Física teórica y física matemática	" 21

EL METODO EN FISICA MATEMATICA

Introducción	" 51
4.- El método en el enlace observación-hipótesis estructural	" 52
5.- El método en el enlace hipótesis estructural-ley matemática	" 61
6.- El método en la enseñanza de la física matemática	" 111
Índice de autores y obras citadas	" 137

APENDICES

A.- Fuentes de la física matemática	" 154
B.- Programa de un curso de física matemática	" 185
