
II Escuela Venezolana de Relatividad, Campos y Astrofísica

Goran Senjanović
Luis Herrera
Juan Jiménez

Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias
Mérida, Venezuela

Noviembre, 1996

Prefacio

Entre los días 6 y 15 de noviembre de 1996 se llevó a cabo la II Escuela Venezolana de Relatividad, Campos y Astrofísica, en la ciudad de Mérida, Venezuela, en los espacios de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes, en el núcleo universitario de La Hechicera, recientemente bautizado con el nombre de “Pedro Rincón Gutiérrez”.

Al igual que a su predecesora, a esta segunda edición de la Escuela la animaron el deseo y la necesidad de congregar a expertos y aficionados, investigadores consagrados y estudiantes que gravitan en diferentes órbitas de la física teórica: la relatividad, la teoría cuántica de campos, y la astrofísica; para cumplir la imprescindible tarea de enseñar y aprender, intercambiar certidumbres e ideas y promover la colaboración en una comunidad que comparte un interés común y que en los últimos años ha logrado un desarrollo nada desdeñable.

Este ejemplar recoge las clases dictadas durante esta II Escuela, tal como las concibieron sus autores antes de ser dictadas. A ellos les corresponde el mérito no sólo de haber contribuido con la formación de más de medio centenar de jóvenes investigadores, sino de haber entendido la importancia del énfasis pedagógico que le hemos querido imprimir a esta iniciativa, además de comenzar a forjar una bibliografía al día, de alto nivel en idioma castellano.

Los autores de los capítulos que siguen son:

- El Dr. Goran Senjanoviç, quien dictó el curso *Defectos Topológicos en Cosmología*. El Dr. Senjanoviç obtuvo su primer título en física en la Universidad de Belgrado, en Yugoslavia y luego su doctorado en el City College de New York y trabaja actualmente en el International Center for Theoretical Physics, en Trieste, Italia. Su área de interés es la interface entre la física de las partículas elementales y la evolución del Universo temprano, área en la que ha hecho importantes y numerosas contribuciones.
- El Dr. Luis Herrera Cometta es el responsable del curso *Campos Gravitacionales en la Materia: la Otra Cara de la Moneda*. Egresado en Física de la Universidad Patricio Lumumba en Moscú y doctorado en la Universidad Pierre et Marie Curie, en Paris, el Dr. Herrera es profesor titular de la Universidad Central de Venezuela y en buena medida puntal de las investigaciones en física gravitacional y astrofísica relativista en el país.
- El Dr. Juan Jiménez es el autor del curso *Determinismo y Azar*. Egresado como licenciado y posteriormente como Doctor en Ciencias Físicas de la Universidad Central de Venezuela, el Dr. Jiménez es actualmente profesor titular de dicha universidad. Luego de haber trabajado en la teoría general de la relatividad, su área de trabajo actual es la física de fenómenos no lineales y caos.

La puesta en escena de una idea como la de la Escuela Venezolana de Relatividad, Campos y Astrofísica sólo es posible gracias a la decidida colaboración y apoyo de un buen número de personas e instituciones. El Comité Organizador, formado por los profesores Mario Cosenza, Miguel Ibáñez, Adel Khoudeir, Luis Núñez, Nelson Pantoja, Umberto Percoco y Héctor Rago, quiere agradecer muy particularmente a las siguientes instituciones y dependencias cuya contribución fue relevante para la realización de la II Escuela:

- Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes y sus autoridades.
- Jefatura del Departamento de Física de la ULA.
- Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, CONICIT.
- Fundacite-Mérida.
- Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes, CDCHT-ULA.
- Fundación Polar
- Consejo de Estudios de Postgrado de la Universidad de Los Andes, CEP.
- Meritec.

Entre las personas que cedieron sus esfuerzos para hacer factible la Escuela, el Comité Organizador quiere agradecer muy profundamente a Helga Malavé, Secretaria Ejecutiva de la Escuela, no sólo por su dinamismo y eficiencia sino por sus ideas y claridad organizativa. No podemos obviar el excelente trabajo de diagramación y edición del arte final de este texto, realizado por la Profesora Mayerlin Uzcátegui. El diseño de la carátula del libro y el logo de la Escuela correspondió a Ramón Rujano. Nuestro agradecimiento también a los estudiantes del Grupo de Física Teórica, siempre preparados para aportar esfuerzos y conocimientos.

Finalmente, la esencia misma de la Escuela se desvanece si no se contara con un auditorio de jóvenes ávidos y entusiastas, dispuestos a oír, aprender y discutir. Ellos (ustedes) ratifican la sospecha que subyace a la idea de emprender un proyecto como el de la Escuela: que aún a pesar de todas las dificultades, vale la pena el esfuerzo.

El Comité Organizador

Índice General

| | |
|---|-----------|
| I Defectos Topológicos en Cosmología. <i>Goran Senjanović</i> | 1 |
| 1 Introducción | 3 |
| 2 Simetrías y cómo romperlas espontáneamente | 5 |
| 2.1 Simetrías discretas | 5 |
| 2.2 Simetrías continuas | 6 |
| 2.3 Simetrías no abelianas | 8 |
| 2.4 Problemas Propuestos | 10 |
| 3 Paredes de Dominio | 13 |
| 3.1 Simetrías discretas y paredes de dominio | 13 |
| 3.2 La solución pared de dominio | 15 |
| 3.3 Topología y estabilidad de las paredes de dominio | 18 |
| 3.4 El campo gravitacional de una pared de dominio | 21 |
| 3.5 Problemas Propuestos | 22 |
| 4 Cuerdas | 23 |
| 4.1 La estabilidad de la solución de cuerdas | 27 |
| 4.2 Modelos realistas de cuerdas | 27 |
| 5 Monopolos | 29 |
| 5.1 La Solución Monopolo | 30 |
| 6 Defectos y Cosmología | 39 |
| 6.1 Transiciones de fase a alta temperatura | 39 |
| 6.2 El Universo temprano | 43 |
| 6.3 Formación de defectos topológicos | 45 |
| 6.4 Problemas Propuestos | 48 |
| 7 ¿Quo vadis, defectum? | 49 |
| Bibliografía | 51 |

II Campos Gravitacionales en la Materia: La otra cara de la moneda.

| | |
|--|------------|
| <i>L. Herrera</i> | 53 |
| 8 Introducción | 57 |
| 9 Ecuaciones de campo y condiciones de acoplamiento. Ecuaciones dinámicas y tensor de deformación | 59 |
| 9.1 Ecuaciones de campo | 59 |
| 9.2 Condiciones de acoplamiento | 62 |
| 9.3 Ecuaciones dinámicas y tensor de deformación | 66 |
| 10 Fracturas. Fracturas y fuerzas de marea. Ejemplos | 69 |
| 10.1 Fracturas y fuerzas de marea | 69 |
| 10.2 Fractura en una distribución de densidad inhomogénea | 73 |
| 10.3 Fractura en el modelo de Bowers y Liang | 74 |
| 10.4 Fractura en el modelo de Di Prisco | 78 |
| 11 La masa de Tolman-Whittaker, la función masa y el tensor de Weyl | 83 |
| 11.1 El régimen de evolución lenta | 83 |
| 11.2 La función masa y la masa de Tolman-Whittaker | 85 |
| 11.3 Contracción lenta de una esfera de densidad homogénea y localmente isótropa | 89 |
| 11.4 Esfera homogénea sostenida sólo por tensiones tangenciales | 91 |
| 12 Conducción térmica en la aproximación de evolución lenta | 97 |
| 12.1 Sistemas sin deformación | 97 |
| 12.2 El fluido homogéneo y localmente isótropo | 98 |
| 12.3 El modelo de Florides con disipación | 100 |
| 13 Evolución térmica y tiempos de relajación | 103 |
| 13.1 Ondas de calor y la ecuación de Cattaneo | 103 |
| 13.2 Tiempo de relajación para una estrella de neutrones | 105 |
| 13.3 Ecuación de Cattaneo relativista | 106 |
| 13.4 Colapso gravitacional y procesos de relajación | 107 |
| 14 Conducción térmica fuera del equilibrio dinámico | 109 |
| 14.1 Fracturas en sistemas disipativos | 110 |
| 14.2 Tiempos de relajación y salida del equilibrio | 112 |
| 15 Conclusiones | 115 |
| Bibliografía | 117 |

III Determinismo y Azar.*J. Jiménez***121****16 Introducción****123****17 Reconstrucción de atractores caóticos****127****18 Modelaje no lineal de series caóticas****133****19 Reordenamiento de series irrelevantes****137****Bibliografía****141**
