

---

IV Escuela "La Hechicera" Relatividad, Campos  
y Astrofísica

---

**Enric Verdaguer**  
**César Gómez**  
**Jose Luis Ballester**

**Universidad de Los Andes**  
**Facultad de Ciencias**  
**Mérida, Venezuela**

**Noviembre, 1998**

# Índice General

<b>I Termodinámica de Agujeros Negros.</b> <i>Enric Verdaguer</i>	<b>1</b>
1 <b>Introducción</b>	<b>5</b>
2 <b>Teoría cuántica de campos en espacio-tiempos curvos</b>	<b>7</b>
3 <b>Efecto Unruh</b>	<b>11</b>
4 <b>Radiación de Hawking</b>	<b>19</b>
5 <b>Termodinámica de agujeros negros</b>	<b>31</b>
6 <b>Apéndice</b>	<b>39</b>
6.1 Paquetes de ondas . . . . .	39
6.2 Aproximación de óptica geométrica . . . . .	41
6.3 Horizontes de Killing . . . . .	41
6.4 Congruencias de geodésicas . . . . .	44
<b>Bibliografía</b>	<b>51</b>
<b>II Dualidad y D-branas.</b> <i>César Gómez López</i>	<b>53</b>
7 <b>Bosonic String</b>	<b>55</b>
7.1 Classical Theory . . . . .	55
7.2 Closed Bosonic String . . . . .	57
7.3 Open Bosonic String . . . . .	61
7.4 Background Fields . . . . .	62
8 <b>Toroidal Compactifications</b>	<b>67</b>
8.1 T-Duality . . . . .	67
8.1.1 Closed Bosonic String Compactifications . . . . .	67

8.2	Discrete Light Cone: Compactification of Light . . . . .	68
8.3	Open Bosonic String Compactifications: D-Branes . . . . .	70
8.3.1	D-Brane Dynamics . . . . .	72
8.4	Orientifolds . . . . .	74
<b>9</b>	<b><math>\sigma</math>-Model Geometry</b> . . . . .	<b>77</b>
9.1	$K3$ Geometry. A First Look at Quantum Cohomology . . . . .	77
9.2	Mirror Symmetry . . . . .	81
9.3	Elliptic Fibrations . . . . .	82
9.3.1	Singularities of Type $\hat{D}_4$ : $\mathbf{Z}_2$ Orbifolds . . . . .	84
9.3.2	Singularities of Type $\hat{A}_{n-1}$ . . . . .	85
9.3.3	Singularities of Type $\hat{D}_{n+4}$ . . . . .	87
9.4	Kodaira's Classification . . . . .	88
9.5	Elliptically Fibered $K3$ . . . . .	89
<b>10</b>	<b>Superstring Theories</b> . . . . .	<b>91</b>
10.1	Worldsheet Supersymmetry . . . . .	91
10.2	Green-Schwarz Superstring: String Scan . . . . .	94
10.3	The $SO(32)$ Type I Superstring . . . . .	95
10.4	Toroidal Compactification of Type IIA and Type IIB Theories. $U$ -duality . . . . .	98
10.5	Heterotic String and $K3$ Surfaces . . . . .	102
10.6	Heterotic Compactifications to Four Dimensions . . . . .	106
10.7	Heterotic-Type I Duality . . . . .	109
10.8	The Quantum Fate of Moduli Singularities . . . . .	109
10.8.1	Small Instantons for Heterotic String on $K3$ . . . . .	109
10.8.2	Conifold Singularities for Type II Strings . . . . .	112
10.9	Point Particle Limit . . . . .	114
<b>11</b>	<b>Dirichlet-Branes</b> . . . . .	<b>121</b>
11.1	Supersymmetric D-Branes . . . . .	121
11.2	D-Brane Scattering . . . . .	124
11.2.1	Field Theory Effective Potentials . . . . .	124
11.2.2	Brane-Antibrane Scattering . . . . .	127
11.3	Elliptic Fibrations and D-7branes . . . . .	127
11.4	D-Brane Classical Supergravity Solutions . . . . .	128
11.5	D-Branes and Black Holes . . . . .	131
	<b>Bibliografía</b> . . . . .	<b>133</b>

---

<b>III Magnetohidrodinámica de las estructuras coronales solares.</b>	<b>139</b>
<i>Jóse Luis Ballester</i>	
<b>12 Introducción</b>	<b>141</b>
<b>13 Ecuaciones de la Magnetohidrodinámica</b>	<b>143</b>
13.1 Ecuaciones de Maxwell . . . . .	144
13.2 Ecuaciones de la dinámica de fluidos . . . . .	146
<b>14 Ecuación de Inducción</b>	<b>151</b>
14.1 El límite difusivo . . . . .	152
14.2 Congelación del campo magnético . . . . .	155
14.3 Advección del campo magnético . . . . .	156
<b>15 La Fuerza de Lorentz</b>	<b>159</b>
<b>16 Magnetohidrostática</b>	<b>163</b>
16.1 Campos magnéticos libres de fuerzas . . . . .	166
16.1.1 Campos potenciales . . . . .	166
16.1.2 Soluciones para $\alpha = \text{constante}$ . . . . .	168
16.1.3 Soluciones $\alpha \neq \text{constante}$ . . . . .	169
<b>17 Arcadas Coronales</b>	<b>171</b>
17.1 Arcadas magnéticas con $\alpha$ constante . . . . .	172
17.2 Ecuación de Grad-Shafranov . . . . .	173
17.3 Campos magnetohidrostáticos . . . . .	176
<b>18 Tubos de Flujo magnético</b>	<b>179</b>
18.1 Propiedades . . . . .	179
18.2 Flotabilidad magnética . . . . .	185
<b>19 Protuberancia solares</b>	<b>187</b>
<b>20 Soporte de Protuberancias</b>	<b>189</b>
20.1 Modelo de Kippenhahn-Schlüter con ecuación de energía . . . . .	192
20.2 Modelo de Hood-Anzer . . . . .	192
<b>21 Formación de protuberancias</b>	<b>195</b>
21.1 Formación en una arcada coronal . . . . .	196
21.2 Formación en una hoja de corriente . . . . .	197
<b>22 Nuevas Teorías</b>	<b>199</b>
22.1 Protuberancias estelares . . . . .	200

---

<b>23 Ondas magnetohidrodinámicas</b>	<b>201</b>
23.1 Ecuaciones linealizadas . . . . .	201
23.2 Ondas acústicas . . . . .	202
23.3 Análisis de Fourier . . . . .	203
23.4 Ondas de Alfvén . . . . .	205
23.5 Ondas magnetoacústicas . . . . .	206
<b>24 Conclusión</b>	<b>209</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>211</b>

---