

# **MECÁNICA**

Patricio Cordero S.      &      Rodrigo Soto B.

Departamento de Física

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Universidad de Chile

versión 23 de septiembre de 2005



# Índice general

<b>1. Movimiento y Coordenadas</b>	<b>7</b>
1.1. Posición y movimiento . . . . .	7
1.2. Coordenadas y movimiento . . . . .	10
1.2.1. Coordenadas cartesianas . . . . .	11
1.2.2. Coordenadas cilíndricas . . . . .	11
1.2.3. Coordenadas esféricas . . . . .	13
1.3. Velocidad angular . . . . .	14
1.4. Rapidez, aceleración centrípeta y tangencial . . . . .	16
1.4.1. Velocidad y rapidez . . . . .	16
1.4.2. Coordenadas intrínsecas . . . . .	18
1.4.3. Aceleración centrípeta y tangencial . . . . .	18
1.5. Movimientos particulares . . . . .	20
1.5.1. Movimiento uniforme . . . . .	20
1.5.2. Movimiento con aceleración constante . . . . .	21
1.5.3. Movimiento circunferencial . . . . .	21
1.5.4. Disco rodando . . . . .	22
1.6. Problemas . . . . .	23
<b>2. Dinámica</b>	<b>25</b>
2.1. Momentum lineal, fuerza y leyes de Newton . . . . .	25
2.1.1. Ejemplos de fuerzas . . . . .	27
2.1.2. Ejemplo de argolla en una vara horizontal que gira . . . . .	28
2.2. Muchas partículas . . . . .	29
2.3. Momento Angular y Torque . . . . .	31
2.3.1. Ecuaciones generales . . . . .	31

4	2.3.2. El centro de masa y el momento angular . . . . .	36
	2.4. Sistemas de dos partículas: masa reducida . . . . .	38
	2.5. Fuerzas centrales . . . . .	39
	2.5.1. La idea . . . . .	39
	2.5.2. Corolario: una ley de Kepler. . . . .	39
	2.6. Problemas . . . . .	40
<b>3.</b>	<b>Fuerzas específicas y movimiento</b>	<b>43</b>
	3.1. Ley de Gravitación Universal . . . . .	43
	3.1.1. La ley . . . . .	43
	3.1.2. Aceleración de gravedad . . . . .	44
	3.2. Fuerza elástica ideal . . . . .	45
	3.2.1. Generalidades . . . . .	45
	3.2.2. Caso unidimensional sencillo . . . . .	46
	3.3. Fuerza de roce estático y dinámico . . . . .	48
	3.3.1. Roce estático . . . . .	48
	3.3.2. Roce dinámico . . . . .	50
	3.4. Roce viscoso . . . . .	52
	3.4.1. Generalidades . . . . .	52
	3.4.2. Roce viscoso lineal . . . . .	52
	3.4.3. Roce viscoso cuadrático . . . . .	54
	3.5. Problemas . . . . .	58
<b>4.</b>	<b>Trabajo y energía</b>	<b>61</b>
	4.1. Trabajo y energía cinética . . . . .	61
	4.2. Potencia . . . . .	64
	4.3. La energía cinética de un sistema . . . . .	65
	4.4. Fuerzas conservativas y energía potencial . . . . .	65
	4.4.1. Energía mecánica . . . . .	65
	4.4.2. Energía mecánica de un sistema . . . . .	67
	4.5. Energía mecánica total no conservada . . . . .	68
	4.6. Fuerzas centrales y energía potencial . . . . .	69
	4.6.1. Energía potencial de fuerzas centrales . . . . .	69
	4.6.2. La energía potencial asociada a la fuerza de gravitación universal . . . . .	70

	Mecánica	5
4.6.3.	La energía potencial del oscilador armónico tridimensional . . . . .	71
4.7.	Problemas . . . . .	71
<b>5.</b>	<b>Equilibrio y oscilaciones</b>	<b>73</b>
5.1.	Energía potencial y equilibrio . . . . .	73
5.1.1.	Punto de equilibrio . . . . .	73
5.1.2.	Análisis unidimensional . . . . .	74
5.1.3.	Discusión avanzada: Tiempos de frenado en puntos de retorno . . .	77
5.2.	Pequeñas oscilaciones en torno a un punto de equilibrio. . . . .	79
5.2.1.	Oscilaciones 1D. . . . .	79
5.2.2.	Ejemplo de energía y pequeñas oscilaciones . . . . .	81
5.2.3.	Otra vez el péndulo simple . . . . .	82
5.2.4.	Equilibrio y pequeñas oscilaciones en 2D y 3D . . . . .	83
5.3.	Oscilador forzado . . . . .	84
5.3.1.	La ecuación del oscilador forzado . . . . .	84
5.3.2.	Solución, resonancia y batido . . . . .	85
5.3.3.	Ejemplos en la práctica . . . . .	86
5.3.4.	Un ejemplo sencillo . . . . .	87
5.4.	Oscilador amortiguado . . . . .	87
5.5.	Oscilador forzado y amortiguado . . . . .	89
5.6.	Problemas . . . . .	92
<b>6.</b>	<b>Fuerzas centrales y planetas</b>	<b>95</b>
6.1.	Barrera centrífuga y potencial efectivo $U^*$ . . . . .	95
6.1.1.	La noción . . . . .	95
6.1.2.	Ejemplo sencillo . . . . .	97
6.1.3.	Órbitas circunferenciales . . . . .	98
6.1.4.	Ecuación de Binet . . . . .	99
6.2.	Planetas y todo eso . . . . .	100
6.2.1.	La ecuación de la órbita y su integral . . . . .	100
6.2.2.	Cónicas . . . . .	101
6.2.3.	El caso planetario . . . . .	102
6.2.4.	La tercera ley de Kepler . . . . .	104
6.3.	Problemas . . . . .	104

<b>7. Movimiento relativo</b>	<b>107</b>
7.1. Cinemática relativa . . . . .	107
7.1.1. Fuerzas inerciales y no inerciales . . . . .	107
7.1.2. Sistemas de referencia y su relación . . . . .	108
7.1.3. Derivadas temporales en distintos sistemas de referencia . . . . .	109
7.2. Velocidad y aceleración en un sistema no inercial . . . . .	110
7.3. La ecuación de movimiento en un sistema no inercial . . . . .	111
7.4. Nave espacial que rota . . . . .	113
7.5. Efectos de la rotación de la Tierra . . . . .	114
7.5.1. Cuestiones generales . . . . .	114
7.6. Problemas . . . . .	117
<b>8. Sistemas extendidos</b>	<b>121</b>
8.1. Repaso . . . . .	121
8.1.1. Centro de masa . . . . .	121
8.1.2. Posiciones con respecto al centro de masa . . . . .	121
8.1.3. Momento angular . . . . .	122
8.2. Sistemas rígidos con punto fijo . . . . .	123
8.2.1. Momento angular y matriz de inercia . . . . .	123
8.2.2. Ejes apropiados para la matriz de inercia . . . . .	125
8.2.3. Ejemplo: péndulo cónico doble . . . . .	125
8.2.4. Propiedades de la matriz de inercia . . . . .	127
8.3. Límite al caso continuo . . . . .	129
8.3.1. Ejemplo: Péndulo de $N$ masas y su límite al continuo . . . . .	129
8.3.2. Densidades de masa y el centro de masa . . . . .	131
8.3.3. Matriz de inercia . . . . .	133
8.3.4. Ejemplo: péndulo circular que oscila en torno a un punto en su perímetro . . . . .	134
8.3.5. Disco que rota en círculos sobre un plano . . . . .	135
8.3.6. Trompo en movimiento cónico . . . . .	136
8.4. Problemas . . . . .	137