

Índice general

I. Métodos Generales de la Dinámica

1. Principios de la Mecánica	1.1
1.1. La Mecánica como Teoría Científica	1.1
1.2. Sistemas de Referencia; Espacio y Tiempo	1.5
1.3. Principio de la Relatividad de Galileo	1.6
1.4. Las Leyes de Newton	1.8
1.5. Conceptos de Masa y Fuerza	1.11
1.6. La Ley de la Gravitación Universal	1.15
1.6.1. Masa Gravitatoria y Masa Inerte.	1.17
2. Dinámica de la Partícula	2.1
2.1. Principios y Teoremas Generales	2.2
2.1.1. Cantidad de Movimiento	2.2
2.1.2. Momento Cinético	2.3
2.1.3. Energía Cinética	2.5
2.2. Expresiones de Velocidad y Aceleración	2.11
2.2.1. Coordenadas Cartesianas.	2.11
2.2.2. Coordenadas Cilíndricas / Polares.	2.12
2.2.3. Coordenadas Esféricas.	2.13
2.2.4. Triedro Intrínseco.	2.14
2.3. Movimiento de una Partícula Libre	2.17
2.3.1. proyectil Pesado en el Vacío.	2.17
2.3.2. proyectil Pesado en Medio Resistente	2.20
2.4. Movimiento de una Partícula sobre una Curva	2.24
2.5. Movimiento de una Partícula sobre una Superficie	2.30
2.6. Problemas propuestos.	2.33
3. Oscilaciones Lineales con 1 Grado de Libertad	3.1
3.1. El Oscilador Armónico Simple	3.2

3.1.1.	Ecuación del Movimiento	3.2
3.1.2.	Energía	3.3
3.1.3.	Integración de la Ecuación	3.4
3.2.	Oscilaciones en 2 Dimensiones	3.6
3.3.	Oscilaciones con amortiguamiento	3.9
3.3.1.	Ecuación del movimiento	3.9
3.3.2.	Integración de la ecuación	3.10
3.4.	Oscilaciones Forzadas	3.14
3.4.1.	Ecuación del movimiento	3.14
3.4.2.	Integración de la ecuación	3.16
3.5.	Amplificación dinámica y resonancia	3.20
3.6.	El Espacio de las Fases	3.26
3.7.	Análisis mediante Series de Fourier	3.29
3.7.1.	Carácter Lineal de las Ecuaciones	3.30
3.7.2.	Análisis de Series de Armónicos	3.31
3.7.3.	Desarrollo en Serie de Fourier	3.31
3.8.	Análisis de Transitorios mediante la Función de Green	3.34
3.8.1.	Respuesta a una Función Impulso	3.34
3.8.2.	Análisis de Transitorios para una Excitación Arbitraria	3.36
3.9.	Métodos Numéricos para Integración Directa	3.37
3.9.1.	Método de Euler	3.38
3.9.2.	Método de Runge-Kutta	3.39
3.10.	Problemas propuestos.	3.41
4.	Cinemática de Sistemas Rígidos	4.1
4.1.	Derivación de Vectores en Sistemas Móviles	4.1
4.2.	Velocidad y Aceleración en Sistemas Móviles	4.7
4.3.	Campo de Velocidades del Sólido Rígido	4.9
4.3.1.	Movimiento Helicoidal Tangente	4.11
4.3.2.	Axoides del Movimiento	4.13
4.4.	Campo de Aceleraciones del Sólido Rígido	4.16
4.5.	Composición de Movimientos	4.18
4.5.1.	Composición del Movimiento de 2 Sistemas	4.18
4.5.2.	Composición del Movimiento de n Sistemas	4.18
4.5.3.	Movimiento de Sólidos Tangentes	4.21
4.6.	Movimiento Plano	4.25
4.6.1.	Centro Instantáneo de Rotación	4.26
4.6.2.	Curvas Polares	4.26
4.6.3.	Aceleraciones	4.28
4.7.	Problemas propuestos.	4.41

5. Fuerzas Centrales y Órbitas Gravitatorias	5.1
5.1. Reducción del Sistema Binario	5.1
5.1.1. Sistema Binario Gravitatorio	5.4
5.2. Movimiento bajo Fuerzas centrales	5.6
5.2.1. Propiedades del Movimiento	5.6
5.2.2. Ecuaciones del Movimiento	5.7
5.2.3. Fórmula de Binet	5.9
5.3. Órbitas Gravitatorias	5.10
5.4. Energía de las órbitas gravitatorias	5.14
5.4.1. Potencial Efectivo	5.19
5.5. Leyes de Kepler	5.21
5.6. Ecuaciones Horarias	5.23
5.6.1. Trayectoria elíptica	5.23
5.6.2. Movimiento hiperbólico	5.25
5.6.3. Movimiento parabólico	5.26
5.7. Estudio del Sistema Ternario	5.27
5.7.1. Planteamiento de las Ecuaciones	5.28
5.7.2. Movimiento Alineado	5.29
5.7.3. Movimiento Equilátero	5.30
5.8. Problemas propuestos.	5.32
6. Teoremas Generales de Dinámica de Sistemas.	6.1
6.1. Morfología de los Sistemas	6.1
6.1.1. Sistema mecánico	6.2
6.1.2. Fuerzas	6.2
6.1.3. Enlaces	6.3
6.2. Principios y Teoremas de la Dinámica de Newton-Euler	6.9
6.2.1. Principio de la Cantidad de Movimiento	6.9
6.2.2. Principio del Momento Cinético	6.12
6.2.3. Teorema de la Energía Cinética	6.15
6.2.4. Teorema del Virial	6.20
6.3. El Sistema del Centro de Masas	6.22
6.3.1. Cantidad de movimiento	6.23
6.3.2. Momento cinético	6.23
6.3.3. Energía cinética	6.26
6.3.4. Aplicación: sólidos rígidos con movimiento plano	6.27
6.3.5. Constantes del Movimiento en Sistemas Aislados	6.36
6.4. Trabajos Virtuales	6.37
6.4.1. El Principio de los Trabajos Virtuales	6.39
6.4.2. El Principio de D'Alembert	6.40

6.5.	Dinámica en Sistemas no Inerciales.	6.44
6.5.1.	Dinámica de la Partícula	6.44
6.5.2.	Dinámica de Sistemas de varias Partículas	6.46
6.5.3.	Ejes Ligados a la Superficie de la Tierra	6.47
6.6.	Sistemas de masa variable	6.53
6.6.1.	Sistema puntual: ecuación fundamental	6.53
6.6.2.	Sistema con masa distribuida	6.54
6.6.3.	Aplicaciones	6.56
6.7.	Problemas propuestos.	6.59
7.	Dinámica Analítica	7.1
7.1.	Coordenadas Generalizadas	7.2
7.2.	Ecuaciones de Lagrange	7.7
7.2.1.	El Principio de D'Alembert en Coordenadas Generalizadas	7.7
7.2.2.	Forma básica de las Ecuaciones de Lagrange	7.9
7.2.3.	Caso en que las fuerzas provienen de un potencial. Función Lagrangiana	7.10
7.2.4.	Desarrollo explícito de las ecuaciones del movimiento	7.17
7.2.5.	Integrales Primeras	7.20
7.2.6.	Teorema de Noether	7.25
7.2.7.	Sistemas naturales	7.26
7.2.8.	Sistemas Giroscópicos	7.28
7.3.	Potencial dependiente de la velocidad	7.31
7.4.	Sistemas con Ligaduras	7.34
7.4.1.	Método de los Multiplicadores de Lagrange	7.35
7.5.	Introducción al Cálculo de Variaciones	7.40
7.5.1.	Los Principios Variacionales	7.40
7.5.2.	El Problema Fundamental del Cálculo de Variaciones	7.41
7.6.	El Principio de Hamilton	7.45
7.6.1.	Las Ecuaciones de Lagrange a Partir del Principio de Hamilton	7.46
7.6.2.	Generalización del principio de Hamilton	7.47
7.7.	La Dinámica a Partir del Principio de Hamilton	7.49
7.7.1.	Estructura de la Función Lagrangiana	7.50
7.7.2.	Teoremas de Conservación	7.53
7.8.	Problemas propuestos.	7.56

II. Aplicaciones de la Dinámica y Estática

8. Dinámica del Sólido Rígido	8.1
8.1. Conceptos generales	8.1
8.1.1. Ecuaciones Cardinales de la dinámica	8.2
8.2. Expresión de las magnitudes cinéticas	8.4
8.2.1. Movimiento de rotación instantánea	8.4
8.2.2. Movimiento general (rotación y traslación)	8.7
8.2.3. Dinámica del sólido con un eje fijo	8.7
8.3. El tensor de inercia	8.8
8.4. Propiedades del Tensor de Inercia	8.13
8.4.1. Momentos y Productos de Inercia	8.13
8.4.2. Elipsoide de Inercia	8.15
8.4.3. Ejes Principales de Inercia	8.16
8.4.4. Simetrías de Masas	8.19
8.5. Campo Tensorial de Inercia	8.22
8.6. Rotación Finita del Sólido	8.26
8.6.1. Rotaciones infinitesimales y su composición	8.26
8.6.2. Composición de rotaciones finitas	8.29
8.6.3. La Rotación finita como cambio de base	8.30
8.6.4. La Rotación finita como transformación ortogonal	8.32
8.6.5. Teorema de Euler	8.34
8.6.6. Relación entre rotaciones finitas e infinitesimales	8.36
8.6.7. Parametrización de la rotación; fórmula de Rodrigues y parámetros de Euler	8.38
8.6.8. Ángulos de Euler	8.40
8.6.9. Expresiones de la velocidad de rotación	8.43
8.7. Ecuaciones de la Dinámica	8.46
8.7.1. Ecuaciones de Euler	8.46
8.7.2. Ecuaciones de Euler derivando respecto al triedro in- termedio	8.48
8.7.3. Ecuaciones de Euler derivando respecto al triedro fijo	8.49
8.7.4. Ecuaciones de Lagrange	8.50
8.7.5. Cálculo de Reacciones en los Enlaces	8.51
9. Aplicaciones de la Dinámica del Sólido	9.1
9.1. Movimiento por inercia; Descripción de Poincot.	9.1
9.1.1. Propiedades del movimiento	9.1
9.1.2. Ejes permanentes de rotación	9.6
9.1.3. Ecuaciones del movimiento	9.9

9.2.	Dinámica del sólido en sistemas no inerciales	9.12
9.3.	El Giróscopo	9.16
9.3.1.	Ecuaciones del movimiento de una peonza	9.16
9.3.2.	Efecto giroscópico	9.20
9.3.3.	Estabilidad de la peonza dormida	9.25
9.4.	El Péndulo Esférico	9.26
10.	Dinámica de Impulsiones	10.1
10.1.	Introducción	10.1
10.2.	Teoría de impulsiones	10.2
10.2.1.	Impulsión sobre una partícula	10.2
10.2.2.	Fuerzas impulsivas; Función Delta de Dirac	10.3
10.2.3.	Axiomática	10.5
10.2.4.	Teorema Fundamental	10.5
10.2.5.	Aplicación del Principio de los Trabajos Virtuales	10.7
10.2.6.	Aplicación del Principio de la Cantidad de Movimiento	10.8
10.2.7.	Aplicación del Principio del Momento Cinético	10.8
10.3.	Consideraciones Energéticas	10.9
10.3.1.	Energía Cinética	10.9
10.3.2.	Coefficiente de Restitución	10.11
10.3.3.	Teorema de Carnot	10.13
10.4.	Choque Entre Sólidos Rígidos	10.14
10.4.1.	La Deformabilidad de los sólidos	10.14
10.4.2.	Caso general de choque entre dos sólidos	10.16
10.4.3.	Choque directo	10.17
10.4.4.	Impulsiones tangenciales	10.19
10.5.	Dinámica Analítica de Impulsiones	10.19
11.	Oscilaciones Lineales con varios Grados de Libertad	11.1
11.1.	Ecuaciones del Movimiento	11.1
11.1.1.	Linealización de las Ecuaciones	11.1
11.1.2.	Formulación Matricial	11.4
11.2.	Oscilaciones Libres	11.7
11.2.1.	Oscilaciones sin amortiguamiento; problema de autovalores	11.7
11.2.2.	Frecuencias propias y modos normales de vibración	11.9
11.2.3.	Caso de autovalores múltiples	11.15
11.2.4.	Análisis Modal; Coordenadas normales	11.16
11.2.5.	Condiciones iniciales	11.20
11.2.6.	Oscilaciones libres con amortiguamiento	11.21

11.3. Oscilaciones Forzadas	11.25
11.3.1. Oscilaciones sin amortiguamiento; Resonancia	11.25
11.3.2. Oscilaciones con amortiguamiento; régimen transitorio y permanente	11.26
11.4. Métodos para la obtención de modos y frecuencias propias	11.28
12. Ecuaciones de Hamilton	12.1
12.1. Introducción	12.1
12.2. La Transformada de Legendre y sus propiedades	12.2
12.3. Ecuaciones de Hamilton	12.3
12.4. Obtención práctica de las ecuaciones	12.6
12.5. Integrales Primeras	12.7
12.6. Generalización para fuerzas no conservativas	12.8
12.7. El Método de Routh	12.9
12.8. El principio de Hamilton aplicado a la función Hamiltoniana	12.11
12.9. Estructura de las ecuaciones canónicas	12.12
12.9.1. Transformaciones Canónicas	12.13
12.10. Ejemplos	12.15
13. Estática	13.1
13.1. Consideraciones Generales	13.1
13.2. Condiciones Analíticas del Equilibrio	13.4
13.2.1. Unicidad del Equilibrio. Condición de Lipschitz	13.5
13.3. Estabilidad del Equilibrio	13.6
13.3.1. Concepto de Estabilidad	13.6
13.3.2. Condiciones de Estabilidad: Teorema de Lejeune-Dirichlet	13.8
13.4. Equilibrio de una partícula	13.11
13.4.1. Partícula libre	13.11
13.4.2. Partícula ligada a una superficie	13.12
13.4.3. Partícula ligada a una curva	13.14
13.5. Equilibrio de un sistema de partículas	13.16
13.5.1. Ecuaciones cardinales de la estática	13.16
13.5.2. Principio de los Trabajos Virtuales	13.18
13.6. Equilibrio del Sólido Rígido	13.20
13.6.1. Aplicación del Principio de los Trabajos Virtuales	13.20
13.6.2. Sistemas isostáticos e hiperestáticos	13.22
13.7. Reacciones en los enlaces	13.24
13.7.1. Enlaces lisos	13.25
13.7.2. Enlaces con resistencias pasivas; Rozamiento	13.29

13.8. Sistemas de barras articuladas	13.34
13.8.1. Clasificación	13.34
13.8.2. Método de los nudos	13.37
13.8.3. Método de las secciones	13.38
14. Estática de Hilos	14.1
14.1. Consideraciones Generales	14.1
14.2. Ecuaciones de equilibrio bajo cargas continuas	14.2
14.2.1. Ecuación vectorial del equilibrio	14.2
14.2.2. Ecuaciones en coordenadas intrínsecas	14.4
14.2.3. Ecuaciones en coordenadas cartesianas	14.5
14.2.4. Casos de fuerzas conservativas	14.6
14.2.5. Casos de Fuerzas centrales o paralelas	14.7
14.2.6. Analogía dinámica	14.10
14.3. Configuraciones de equilibrio de hilos	14.10
14.3.1. Hilo homogéneo sometido a peso propio (Catenaria)	14.10
14.3.2. Hilo sometido a carga constante por unidad de abscisa (parábola)	14.15
14.3.3. Efecto de cargas puntuales	14.22
14.3.4. Algunos tipos de condiciones de apoyo en los extremos	14.24
14.4. Hilos apoyados sobre superficies	14.28
14.4.1. Superficie lisa sin cargas	14.28
14.4.2. Superficie lisa con cargas	14.28
14.4.3. Enrollamiento sobre tambor rugoso	14.31
A. Resumen de álgebra vectorial y tensorial	A.1
A.1. Escalares, puntos y vectores	A.1
A.2. Producto escalar y vectorial	A.2
A.3. Bases y coordenadas	A.2
A.4. Tensores de orden dos	A.3
A.5. Cambio de base	A.5
A.6. Operaciones y clases especiales de tensores	A.7
A.7. Cambio de coordenadas de un tensor	A.7
A.8. Coeficientes de permutación	A.8
A.9. Forma cuadrática asociada a un tensor	A.8
A.10. Vector axial asociado a un tensor hemisimétrico	A.9
A.11. Traza y determinante	A.10