

Klassische Mechanik

WS02/03C. Wetterich

Übersicht

0) Einführung

I Newtonsche Mechanik

1) Die Newtonschen Gesetze

a) Kinetik, Beschreibung durch Massenpunkte

b) Kraft

(i) Kraftgesetze

(ii) Differentialgleichungen für einfache Kraftgesetze

c) Wichtige Kräfte

(i) unabhängige Kräfte

(ii) Zweikörperproblem

(iii) Gravitationskraft zwischen zwei Körpern

(iv) Invarianzen

(v) Gravitationelles N-Körper System

(vi) Gravitationsfeld

(vii) Elektromagnetische Kräfte

2) Bewegung eines Massenpunktes

a) Kraftfeld

b) Eindimensionales Problem und allgemeine Lösung

c) Periodisches Potenzial

(i) beschränkte und unbeschränkte Bewegung

(ii) Stabilität gegen kleine Änderung der Anfangsbedingungen

(iii) Phasenportrait, Separatrix

3) Energiesatz

a) Konservatives Kraftfeld, Potenzial und Energieerhaltung

b) Stabile und instabile Bahnen

c) Äquivalente Bedingungen für konservatives Kraftfeld

d) Eigenschaften von Wegintegralen

e) Teilchenbeschleuniger

4) Systeme von Massenpunkten in Wechselwirkung

a) Konfigurationsraum

b) konservative äußere Kräfte und zentrale innere Paarkräfte

5) Erhaltungssätze (Impuls, Drehimpuls)

a) Impuls

(i) Erhaltung des Gesamtimpulses

(ii) Schwerpunkt- und Relativbewegung

(iii) Wie gut ist Beschreibung durch Massenpunkt für ausgedehntes System?

Rückwirkung der inneren Dynamik auf Schwerpunktsbewegung

(iv) Taylor-Entwicklung für schwach inhomogene Potentiale

(v) Gezeitenkräfte

b) Drehimpuls

(i) Drehmoment

(ii) Drehimpulserhaltung für Zentralkräfte

6) Zweikörperproblem

a) Reduktion auf Punktteilchen in Kraftfeld, Energie- und Drehimpulserhaltung

b) Flächensatz

c) Bewegungsgleichung in Polarkoordinaten

- d) Effektives Potenzial und Zentrifugalbarriere
 - e) Bahnkurve
 - f) Planetenbahnen, Keplerproblem
 - g) Ungebundene Bewegung, Streuung
- 7) Virialsatz
- a) Zeitliche Mittelwerte von kinetischer und potenzieller Energie
 - b) Homogene Potenziale

III Lagrange Formalismus

- 8) Die Lagrange Methode erster und zweiter Art (Zwangsbedingungen)
- a) Problemstellung mit Zwangskräften
 - i) Lösungsstrategien
 - ii) Sphärisches Pendel
 - iii) Tangentialraum und virtuelle Verrückungen
 - iv) Gleichgewichtsbedingung für einen Massenpunkt
 - b) Lagrange -Methode erster Art
 - i) holonome Zwangsbedingungen
 - ii) Richtung der Zwangskräfte
 - iii) Virtuelle Verrückungen
 - iv) d'Alembert'sches Prinzip
 - v) Zwangskräfte
 - vi) Statik
 - vii) Energieerhaltung für holonome -skleronome Zwangsbedingungen
 - c) Lagrange -Methode zweiter Art
 - i) Euler-Lagrange Gleichungen
 - ii) Ebenes Schienenpendel
- 9) Invarianz und Erhaltungssätze
- a) Euler -Lagrange -Gleichungen als grundlegende Formulierung der klassischen Mechanik
 - b) Symmetrie e-Transformationen
 - i) Invarianz der Lagrange -Funktion unter Symmetrie -Transformationen
 - ii) Symmetriegruppen
 - c) Das Noether'sche Theorem
 - i) kontinuierliche Symmetrien und Erhaltene Größen
 - ii) Translations- und Rotations -Symmetrie
 - d) Energieerhaltung
 - i) Erhaltung der Hamilton -Funktion
 - ii) Bedeutung der Hamilton -Funktion
- 10) Das Prinzip der stationären Wirkung
- a) Das Hamilton'sche Prinzip (1)
 - b) Praktische Definition der Wirkung
 - c) Funktionale
 - d) Variierte Bahnen
 - e) Das Hamilton'sche Prinzip (2)
 - f) Beispiel: der kürzeste Weg zwischen zwei Punkten
 - g) Funktionalableitung
 - h) Wirkungsprinzip als grundlegende Formulierung der Physik
- 11) Die Hamilton -Funktion
- a) Kanonische Bewegungsgleichungen
 - b) Phasenraum
 - c) Zyklische Koordinaten

III Mechanik für Vielteilchensysteme

12) Starrer Körper

- a) Zwangsbedingungen und Freiheitsgrade
- b) Eulersche Kreiselgleichungen
- c) Kinematik des starren Körpers, Eulersche Winkel
 - i) Lage des starren Körpers
 - ii) Drehmatrix
 - iii) aktive und passive Drehung
 - iv) Eulersche Winkel
 - v) Momentane Winkelgeschwindigkeit
- d) Kinetische Energie, Trägheitstensor
- e) Drehimpuls
- f) Bezugssysteme
 - i) Körperfestes Bezugssystem
 - ii) Trägheitstensor im körperfesten Bezugssystem
 - iii) Kreiselgleichung im körperfesten System
 - iv) Spezialfall: diagonaler Trägheitstensor
 - v) Skalare Erhaltungsgrößen
- g) Hauptachsen des Trägheitstensors
- h) Freiersymmetrischer Kreisel
- i) Kreisel mit Zwangsbedingungen
 - i) Lagrange-Funktion
 - ii) Beispiel: Symmetrischer Kreisel mit festgelagerter Spitze

13) Kleine Schwingungen

- a) Linearisierung
- b) Eigenschwingungen und Eigenfrequenzen
 - i) Diagonales System
 - ii) Diagonalisierung einer symmetrischen Matrix
 - iii) Diagonalisierung der Lagrange-Funktion in drei Schritten
 - iv) Allgemeine Lösung
 - v) Superpositionsprinzip
- c) Bestimmung der Eigenfrequenzen, Säkulargleichung
 - i) Komplexe Exponentialschreibweise
 - ii) Säkulargleichung
- d) Gekoppelte Pendel

14) Lineare Differentialgleichungen

- a) Homogene lineare Differentialgleichungen
 - i) Gedämpfte Schwingung
 - ii) Superpositionsprinzip
 - iii) Lineares Gleichungssystem
- b) Inhomogene lineare Differentialgleichungen
- c) Harmonische äußere Kräfte
 - i) Spezielle Lösung
 - ii) Phase
 - iii) Resonanz
 - iv) Gekoppelte lineare Systeme
- d) Beliebige zeitabhängige äußere Kräfte
 - i) Überlagerung periodischer Kräfte
 - ii) Beliebige Kräfte
 - iii) Fourier-Transformation

15) Kontinuumsmechanik und Statistische Mechanik (Ausblick)

- a) Dichtefeld, Geschwindigkeitsfeld
- b) Kontinuitätsgleichung
- c) Ideale Flüssigkeit

- d) Schallwellen
- e) Statistische Mechanik (Ausblick)

IV Bewegte Bezugssysteme

- 16) Bewegung in einem Nicht-Inertialsystem
 - a) Beschleunigtes Bezugssystem
 - b) Scheinkräfte
 - c) Beispiel: Erdsches beschleunigtes Bezugssystem
 - d) Das Foucault'sche Pendel

- 17) Relativistische Mechanik
 - a) Lorentz-Symmetrie
 - b) Vierer-Vektoren, Lorentz-Transformationen
 - c) Eigenzeit
 - d) Relativistische Mechanik, Wirkung
 - e) Impuls und Energie
 - i) Impuls
 - ii) Energie
 - iii) Energie-Impuls-Beziehung für freie Teilchen
 - f) Teilchenzerfall
 - g) Impuls-Vierervektor, Vierergeschwindigkeit
 - h) Kovariante und Kontravariante Vektoren
 - i) Invariante Masse
 - j) Abstand zwischen zwei Ereignissen
 - k) Wechselwirkungen

V Determinismus und Chaos

- 18) Determinismus der klassischen Mechanik?
 - a) Vektorfelder als dynamische Systeme
 - b) Kriterien für Determinismus
 - c) Liapunov-Exponenten