

2. Übungsblatt zur Theoretischen Physik I

Abgabe: Montag 15. Mai 2006 bis 12:00 Uhr in den Briefkasten im Physik-Altbau.

Aufgabe 4 (9 Punkte): *Lagrange-Funktionen*

Als Wiederholung der Vorlesung soll der Umgang mit Lagrange-Funktionen für Vielteilchensysteme und Felder trainiert werden.

- 4.1 Betrachte N gravitativ gekoppelte Teilchen. Gib die entsprechende Lagrange-Funktion an und leite durch Einsetzen in die Euler-Lagrange-Gleichung die Bewegungsgleichungen für die $3N$ Koordinaten her, die in der Vorlesung ohne Rechnung angegeben wurden.
- 4.2 Betrachte N Teilchen mit den Ladungen q_n ($n = 1, \dots, N$), die sich mit den Geschwindigkeiten $\dot{\vec{r}}_n$ bewegen. Für dieses Vielteilchensystem mit elektrischem Feld $\vec{E}$ und magnetischer Induktion $\vec{B}$ gilt folgende Lagrange-Gleichung:

$$L = \sum_{n=1}^N \frac{m_n \dot{\vec{r}}_n^2}{2} + \int d^3r \left(\frac{\epsilon_0}{2} \vec{E} \cdot \vec{E} - \frac{1}{2\mu_0} \vec{B} \cdot \vec{B} \right) - \int d^3r \left(\sum_{n=1}^N q_n \delta(\vec{r} - \vec{r}_n) \phi - \sum_{n=1}^N q_n \delta(\vec{r} - \vec{r}_n) \dot{\vec{r}}_n \cdot \vec{A} \right).$$

Der Zusammenhang zwischen den Potenzialen (ϕ und $\vec{A}$) und den Feldern ($\vec{E}$ und $\vec{B}$) lautet: $\vec{E} = -\vec{\nabla}\phi - \partial_t \vec{A}$ und $\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$.

Leite aus der Euler-Lagrange-Gleichung für Felder die Maxwell-Gleichungen $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \rho/\epsilon_0$ und $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + c^{-2} \dot{\vec{E}}$ her.

Aufgabe 5 (8 Punkte): *Harmonischer Oszillator in 3D*

Betrachten wir den harmonischen Oszillator in drei Dimensionen. Sein Potenzial ist gegeben durch $V = \frac{1}{2} m \omega r^2$ mit $r = |\vec{r}|$.

- 5.1 Berechne ausgehend von $T = \frac{1}{2} m \dot{\vec{r}}^2$ die kinetische Energie T in Polarkoordinaten. Gib die Lagrange-Funktion an. Wie lautet der Drehimpuls in Polarkoordinaten?
- 5.2 Leite aus der Euler-Lagrange-Gleichung die Bewegungsgleichung für die Koordinaten r , φ und ϑ her.
- 5.3 Folgere aus der Gleichung für φ , dass der Drehimpuls erhalten ist.

Aufgabe 6 (3 Punkte): *Einstimmung auf Numerik*

Aus dem Tutorium ist folgende Näherung zur Berechnung der zweiten Ableitung bekannt:

$$f''(x) = \frac{y_2 - 2y_1 + y_0}{h^2},$$

wobei $y_i = f(x_i)$ die Funktionswerte an den Stützstellen x_i ($i = 0, 1, 2$) bezeichnen, die jeweils eine Schrittweite h auseinander liegen. Berechne mit der obigen Näherung die zweite Ableitung von $f(x) = \exp(x)$ an der Stelle $x = 1$ für die Schrittweiten $h = 0.1$ und $h = 0.01$. Dabei gilt:

x_i	0.9	1.0	1.1
$y_i = f(x_i)$	2.4596	2.7183	3.0042

x_i	0.99	1.0	1.01
$y_i = f(x_i)$	2.6912	2.7183	2.7456

Welche Schrittweite liefert ein genaueres Ergebnis?

- **Internetseite der Veranstaltung:** <http://www.itp.physik.tu-berlin.de/lehre/TPI/>
- **Vorlesung:** Dienstag und Donnerstag 12:15 - 14:00 Uhr im PN 203
- **Literatur:**
 - T. Fließbach: Lehrbuch zur Theoretischen Physik 1. Mechanik, Spektrum Akademischer Verlag
 - F. Kuypers: Klassische Mechanik, Wiley-VCH
 - W. Nolting: Grundkurs Theoretische Physik 2, Springer
 - W. Muschik: Repetitorium Theoretische Physik Repetitorium, kurze knappe Darstellung (enthält leider noch einige Tipfehler)
- **Tutorien:**
 - Montag 12:15 - 13:45 Uhr im PN 184
 - Montag 14:15 - 15:45 Uhr im PN 114
 - Dienstag 10:15 - 11:45 Uhr im PN 184
 - Dienstag 14:15 - 15:45 Uhr im PN 182

In der Wochen, in denen die Montagstutorien aufgrund von Feiertagen ausfallen (1. Mai und 5. Juni), gibt es bei großem Andrang dienstags je zwei Tutorien parallel. Das zweite Tutorium findet im PN 733 statt.
- **Scheinkriterien:** 50% der Punkte aus den Übungszetteln, aktive Teilnahme an den Tutorien und bestandene Klausur
- **Sprechstunden:**
 - Prof. Dr. A. Knorr: Do, 14:45 - 15:30 Uhr im PN 742
 - Philipp Hövel: Di. 14:00 - 15:00 Uhr im PN 633
 - Philipp Zedler: Do. 14:00 - 15:00 Uhr im PN 711
 - Martin Kliesch: Fr. 13:15 - 14:15 Uhr im PN 146
- **Klausur:** Dienstag (11. Juli 2006) 12:00 - 14:00 im PN 203
- **Mathematica-Kurs:** <http://www.physik.tu-berlin.de/pcpool/kurse/mathematica/>