Theoretische Physik I: Theoretische Mechanik & Elektrodynamik

Wintersemester 2017/18

Dozent: Robi Banerjee (banerjee@hs.uni-hamburg.de)

Blatt #1 — Abgabe: 23.10.2017 **vor** der Vorlesung

Abgaben werden nur mit Name/Matrikelnummer und Angabe der Gruppe akzeptiert.

Mit diesem Übungsblatt sollen die Kenntnisse aus den Vorlesungen Physik I/II und Einführung in die Theoretische Physik I/II wieder aufgefrischt werden.

1. **Konservative Kräfte**

   (a) Zeige, dass für konservative Kräfte ($\mathbf{F} = -\nabla V$) gilt $\nabla \times \mathbf{F} = 0$.

   (b) Sind folgende Kräfte konservativ?

   i. $\mathbf{F} = -k\,x\,\mathbf{e}_x, \quad k > 0$

   ii. $\mathbf{F} = x^2\,y\,\mathbf{e}_z$

   iii. $\mathbf{F} = \gamma/r^2\,\mathbf{e}_r, \quad r = |\mathbf{x}|, \quad \mathbf{e}_r = (x, y, z)^{\mathrm{T}}/r$

   (k, γ = konst.)

   (c) Zeige mit dem Satz von Stokes, dass im Fall konservativer Felder entlang einer geschlossenen Bahn keine Arbeit geleistet wird, d.h. das Wegintegral

   $$W = \oint \mathrm{d}\mathbf{x} \cdot \mathbf{F}$$

   verschwindet. Nutze dabei das Ergebnis aus Teilaufgabe (a).

   1+3+1 = 5 Punkte

2. **Bewegungsgleichung**

   (a) Leite aus der Beziehung für die Gesamtenergieerhaltung, $\mathrm{d}E/\mathrm{d}t = 0$, die Newtonschen Bewegungsgleichungen ab.

   (b) Wie lautet diese explizit für $V(\mathbf{x}) = \frac{1}{2}\,k\,x^2$ $(k > 0)$?

   (c) Wie lautet die Lösung (mit $x(t=0) = 0$ und $v_x(t=0) = v_0$)?

   1+1+1 = 3 Punkte

3. **Nicht-Intertialsystem: rotierendes System**

   In einem nicht-rotierenden System gelte: $m\,\ddot{\mathbf{x}} = 0$.

   (a) Leite die Bewegungsgleichungen in einem rotierenden Koordinatensystem $\mathbf{x}'$ ab, wobei gilt

$$\begin{aligned} x' &= x\,\cos(\omega t) + y\,\sin(\omega t) \\ y' &= -x\,\sin(\omega t) + y\,\cos(\omega t) \\ z' &= z \end{aligned}$$

   ($\omega =$ konst.)

   (b) Welche zusätzlichen Kräfte wirken hier?

3+2 = 5 Punkte

4. **Elektrodynamik / Lorentztransformation**

   Verwende das Gauß-cgs-Einheitensystem mit $\mu_0\epsilon_0 = 1/c^2$, mit der Lichtgeschwindigkeit c.

   (a) Wie lauten die Maxwell-Gleichungen im Vakuum?

   (b) Leite daraus die Wellengleichung für das elektrische Feld ab.

   (c) Gegeben ist das Vierer-Vektorpotential $A^\mu = (\Phi, 0, 0, 0) = (\Phi, \mathbf{A} = 0)$ in einem mit einer Ladung mitbewegten System $\mathbf{S}$, wobei das Potential Φ zeitunabhängig ist ($\partial\Phi/\partial t = 0$). Im Allgemeinen gilt:

$$\begin{aligned} \mathbf{E} &= -\nabla\Phi - \frac{1}{c}\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} \\ \mathbf{B} &= \nabla \times \mathbf{A} \end{aligned}$$

   Wie lauten die Felder $\mathbf{E}'$ und $\mathbf{B}'$ in einem System $\mathbf{S}'$, dass sich mit einer Relativgeschwindigkeit v in x-Richtung hierzu bewegt? Beachte, dass sich auch die Differentiale transformieren.

1+2+4 = 7 Punkte