Universität des Saarlandes
Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät II
Physik und Mechatronik

Fachrichtung 7.1–Theoretische Physik
Dr. Harald O. Jeschke
Gebäude E 2 6, Zi. 4.21
Tel. (0681) 302 57409

Saarbrücken, 25.10.2007

Übungen zur Theoretischen Physik I, WS 2007/08

1.Übung

(Abgabe bis Mittwoch den 31.10.2007, 12:00 Uhr im Briefkasten)

Aufgabe 1 (10 Punkte)
Beantworten Sie kurz die folgenden Fragen:

a) Wie ist ein *euklidischer Vektorraum* definiert?

b) Welche Eigenschaften müssen Koordinatentransformationen erfüllen, damit Sie eine Gruppe bilden?

c) Wann heißt ein mechanisches System *konservativ*?

d) Was versteht man unter einem *Inertialsystem?*

e) Erläutern Sie den Unterschied zwischen *schwerer* und *träger* Masse.

f) Was versteht man unter einem *Massenpunkt*?

g) Wie ist der *Schwerpunkt* eines Systems von Massenpunkten definiert?

h) Nennen Sie je zwei Beispiele für physikalische Größen, die durch einen Skalar bzw. einen Vektor beschrieben werden.

i) Erläutern Sie die drei *Newtonschen Postulate*.

j) Wie kann man die Bahn eines Massenpunktes parametrisieren?

Aufgabe 2 (10 Punkte)
Die Bewegung eines Massenpunktes in zwei Raumdimensionen sei gegeben durch

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} -ut\sin(\omega t) \\ ut\cos(\omega t) \end{pmatrix}.$$

a) Zeichnen Sie die Bahnkurve qualitativ.

b) Bestimmen Sie die Geschwindigkeit $\vec{v}(t)$ und die Beschleunigung $\vec{a}(t)$.

c) Bestimmen Sie den Tangentialvektor der Bahnkurve $\vec{t} = \vec{v}/|\vec{v}|$.

d) Berechnen Sie die Tangentialbeschleunigung a_T (Den Anteil der Beschleunigung in Richtung $\vec{t}$).

e) Berechnen Sie die Bogenlänge des zurückgelegten Weges S.

$$S(t) = \int_0^t |\vec{v}(\tau)| d\tau$$

(Bringen Sie das Integral auf eine Standardform, die tabelliert ist und schlagen Sie die Lösung nach.)

Aufgabe 3 (5 Punkte)
Es seien $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c} \in \mathbb{R}^3$ beliebig.
Zeigen Sie:

a) $(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \Big((\vec{b} \times \vec{c}) \times (\vec{c} \times \vec{a})\Big) = \Big(\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{c})\Big)^2$

b) $(\vec{a} - \vec{b}) \cdot \Big((\vec{a} + \vec{b}) \times \vec{c}\Big) = 2\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{c})$

Aufgabe 4 (10 Punkte)
Es sei $r = |\vec{r}|$ mit $\vec{r} \in \mathbb{R}^3$. Der *Nablaoperator* ∇ ist definiert als $\nabla \equiv (\frac{\partial}{\partial x_1}, \frac{\partial}{\partial x_2}, \frac{\partial}{\partial x_3}) \equiv (\partial_1, \partial_2, \partial_3)$, und damit:

$$\begin{aligned}
\nabla f(\vec{r}) &= (\tfrac{\partial f}{\partial x_1}, \tfrac{\partial f}{\partial x_2}, \tfrac{\partial f}{\partial x_3}) \\
\nabla \cdot \vec{a}(\vec{r}) &= \tfrac{\partial a_1}{\partial x_1} + \tfrac{\partial a_2}{\partial x_2} + \tfrac{\partial a_3}{\partial x_3} \\
\nabla \times \vec{a}(\vec{r}) &= (\tfrac{\partial a_3}{\partial x_2} - \tfrac{\partial a_2}{\partial x_3}, \tfrac{\partial a_1}{\partial x_3} - \tfrac{\partial a_3}{\partial x_1}, \tfrac{\partial a_2}{\partial x_1} - \tfrac{\partial a_1}{\partial x_2})
\end{aligned}$$

Für den *Laplaceoperator* gilt: $\Delta = \partial_1^2 + \partial_2^2 + \partial_3^2$.
Berechnen Sie

a) $\nabla r = \mathrm{grad}\, r$

b) $\nabla(1/r) = \mathrm{grad}\,(1/r)$

c) $\nabla \cdot (\vec{r}/r) = \mathrm{grad}\,(\vec{r}/r)$

d) $\nabla \times (\vec{r}/r) = \mathrm{grad}\,(\vec{r}/r)$

e) $\Delta(1/r)$