**Institut für Theoretische Teilchenphysik**

# Klassische Theoretische Physik I

## WS 2014

Übungsblatt 9
Abgabe: 30.1.2015
Besprechung: 6.2.2015

Prof. Dr. U. Nierste
Dr. M. Spinrath, Dr. S. Schacht

Bitte schreiben Sie Ihren Namen und Matrikelnummer auf jedes Blatt ihrer Lösung und geben Sie auf der ersten Seite Ihre Tutorgruppe (Ort, Zeit, Name des Tutors) an.

---

**Aufgabe 17:** Bezugssysteme

Ein Massenpunkt bewege sich im Bezugssystem $\mathcal{S}$ auf der Bahnkurve

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} a \\ 0 \\ b\,t \end{pmatrix} ,$$

wobei $a$ und $b$ Konstanten sind. Geben Sie die Bahnkurve in dem Bezugssystem $\mathcal{S}'$ an, das:

**a)** (0.5 Punkte) um den konstanten Vektor $(0,0,c)^T$ verschoben ist. (D.h. der Koordinatenursprung von $\mathcal{S}'$ liegt bei $(0,0,c)^T$ in $\mathcal{S}$.)

**b)** (0.5 Punkte) um den Winkel $\pi$ um die $y$-Achse gedreht ist.

**c)** (0.5 Punkte) um den Winkel $\pi/4$ gegen den Uhrzeigersinn um die $z$-Achse gedreht ist.

**d)** (1 Punkt) sich gegenüber $\mathcal{S}$ gleichförmig mit der Geschwindigkeit $\vec{v} = (v,0,0)^T$ bewegt. (Für $t = 0$ sollen die Koordinatenachsen beider Systeme zusammenfallen.)

**e)** (1 Punkt) sich gegenüber $\mathcal{S}$ gleichförmig mit der Geschwindigkeit $\vec{v} = (0,0,b)^T$ bewegt. (Für $t = a/b$ sollen die Koordinatenachsen beider Systeme zusammenfallen.)

**f)** (1 Punkt) sich gegenüber $\mathcal{S}$ mit konstanter Beschleunigung $\vec{a} = (c,0,c)^T$ bewegt. (Für $t = 0$ sollen die Koordinatenachsen beider Systeme zusammenfallen und die Relativgeschwindigkeit beider Systeme verschwinden.)

**Aufgabe 18:** Galilei-Transformationen

Jede eigentliche Galilei-Transformation ist eindeutig bestimmt durch eine Drehmatrix $S$, eine Relativgeschwindigkeit $\vec{w}$, einen Translationsvektor $\vec{a}$ und eine Zeitverschiebung $\tau$. Eine Bahnkurve $\vec{r}(t)$ transformiert unter der Galilei-Transformation $(R, \vec{w}, \vec{a}, \tau)$ wie folgt:

$$\vec{r}'(t') = \vec{r}'(t+\tau) = S\vec{r}(t) + \vec{w}t + \vec{a} .$$

**a)** (1 Punkt) Wie transformieren die Geschwindigkeit $\dot{\vec{r}}(t)$ und die Beschleunigung $\ddot{\vec{r}}(t)$ der Bahnkurve $\vec{r}(t)$ unter der Galilei-Transformation $(S, \vec{w}, \vec{a}, \tau)$?

**b)** (2 Punkte) Führen Sie zwei Galilei-Transformationen $(S_1, \vec{w}_1, \vec{a}_1, \tau_1)$ und $(S_2, \vec{w}_2, \vec{a}_2, \tau_2)$ hintereinander aus und bestimmen Sie Drehmatrix, Relativgeschwindigkeit, Translationsvektor und Zeitverschiebung der resultierenden Transformation.

**c)** (2 Punkte) Bestimmen Sie Drehmatrix, Relativgeschwindigkeit, Translationsvektor und Zeitverschiebung derjenigen Galilei-Transformation, die die Transformation $(S, \vec{w}, \vec{a}, \tau)$ rückgängig macht.

**d)** (0.5 Punkte) Die Newton'sche Gravitationskraft, die ein Teilchen der Masse $m_2$ am Ort $\vec{r}_2 \equiv \vec{r}_2(t)$ auf ein Teilchen der Masse $m_1$ am Ort $\vec{r}_1 \equiv \vec{r}_1(t)$ ausübt, ist

$$\vec{F}_{12}(t) = G m_1 m_2 \frac{\vec{r}_2(t) - \vec{r}_1(t)}{|\vec{r}_2(t) - \vec{r}_1(t)|^3} \ . \qquad (1)$$

Dabei ist $G$ die Newton'sche Gravitationskonstante. Bestimmen Sie das Transformationsverhalten der Kraft $F_{12}(t)$ unter der Galileitransformation $(S, \vec{w}, \vec{a}, \tau)$, indem Sie die transformierten Ortsvektoren $\vec{r}_1'(t')$ und $\vec{r}_2'(t')$ in Gl. (1) einsetzen. Was fällt Ihnen auf?