INSTITUT FÜR THEORETISCHE TEILCHENPHYSIK

Klassische Theoretische Physik I
WS 2012/13

PROF. U. NIERSTE
DR. M. WIEBUSCH

Übungsblatt 9
Abgabe 17.12.2012
Besprechung 21.12.2012

Name: Matrikel-Nr: Gruppe:

(Bitte ausfüllen und an die Lösung heften.)

Aufgabe 21: Bezugssysteme (9 Punkte)

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

$$\vec{r}(t) = a\vec{e}_1 + bt\vec{e}_3 \quad ,$$

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

a) um den konstanten Vektor $c\vec{e}_3$ verschoben ist. (D.h. der Koordinatenursprung von $\mathcal{S}'$ liegt bei $c\vec{e}_3$ in $\mathcal{S}$.) (1 Punkt)

b) um den Winkel π um die x_2-Achse gedreht ist. (1 Punkt)

c) um den Winkel $\pi/4$ gegen den Uhrzeigersinn um die x_3-Achse gedreht ist. (1 Punkt)

d) sich gegenüber $\mathcal{S}$ gleichförmig mit der Geschwindigkeit $\vec{v} = v\vec{e}_1$ bewegt. (Für $t = 0$ sollen die Koordinatenachsen beider Systeme zusammenfallen.) (2 Punkte)

e) sich gegenüber $\mathcal{S}$ gleichförmig mit der Geschwindigkeit $\vec{v} = b\vec{e}_3$ bewegt. (Für $t = a/b$ sollen die Koordinatenachsen beider Systeme zusammenfallen.) (2 Punkte)

f) sich gegenüber $\mathcal{S}$ mit konstanter Beschleunigung $\vec{a} = c(\vec{e}_1 + \vec{e}_3)$ bewegt. (Für $t = 0$ sollen die Koordinatenachsen beider Systeme zusammenfallen und die Relativgeschwindigkeit beider Systeme verschwinden.) (2 Punkte)

Aufgabe 22: Galilei-Transformationen (11 Punkte)

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

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

a) Wie transformieren die Geschwindigkeit $\dot{\vec{r}}(t)$ und die Beschleunigung $\ddot{\vec{r}}(t)$ der Bahnkurve $\vec{r}(t)$ unter der Galilei-Transformation $(R, \vec{w}, \vec{a}, \tau)$? (2 Punkte)

b) Führen Sie zwei Galilei-Transformationen $(R_1, \vec{w}_1, \vec{a}_1, \tau_1)$ und $(R_2, \vec{w}_2, \vec{a}_2, \tau_2)$ hintereinander aus und bestimmen Sie Drehmatrix, Relativgeschwindigkeit, Translationsvektor und Zeitverschiebung der resultierenden Transformation. (4 Punkte)

c) Bestimmen Sie Drehmatrix, Relativgeschwindigkeit, Translationsvektor und Zeitverschiebung derjenigen Galilei-Transformation, die die Transformation $(R, \vec{w}, \vec{a}, \tau)$ rückgängig macht. (4 Punkte)

d) 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

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

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