1. **Kugelkoordinaten.** In Kugelkoordinaten (r, θ, ϕ) ist die Bahnkurve eines Massenpunktes von der Form $\vec{r}(t) = r(t)\vec{e}_r$. Geben Sie die Geschwindigkeit und die Beschleunigung ebenfalls in Kugelkoordinaten an. (3 Pkt.)

2. **Ameisen in der Ebene.** Vier Ameisen befinden sich an den Eckpunkten eines Quadrats mit der Kantenlänge a. Jede von ihnen bewegt sich mit der konstanten Geschwindigkeit v im Uhrzeigersinn auf die nächste zu, d.h. die Geschwindigkeit ist in jedem Moment auf diese gerichtet. Die Ameisen können als punktförmig angesehen werden.
   (a) Beschreiben Sie die Bahnkurve der Ameisen in ebenen Polarkoordinaten, wobei der Mittelpunkt des Quadrats mit dem Koordinatenursprung zusammenfällt. (2 Pkt.)
   Hinweis: Aus Symmetriegründen muss nur eine Ameise betrachtet werden. Wählen Sie hierzu eine Ameise, die sich zur Zeit $t = 0$ bei $r = \frac{\sqrt{2}}{2}a$ und $\varphi = 0$ befindet und berechnen sie $r(\varphi)$ statt $r(t)$ und $\varphi(t)$.
   (b) Berechnen Sie den von jeder Ameise zurück gelegten Weg und die Zeit bis die Ameisen sich treffen. Wie lautet die Winkelgeschwindigkeit entlang des Weges? (2 Pkt.)

   (insgesamt 4 Pkt.)

3. **Lorentztransformation aus konstanter Lichtgeschwindigkeit.** Zwei Inertialsysteme Σ und Σ' bewegen sich mit der Geschwindigkeit v gegeneinander geradlinig gleichförmig in x-Richtung. Zum Zeitpunkt $t = t' = 0$ fallen beide Systeme zusammen. (4 Pkt.)

   Wie transformieren sich Orte und Zeiten vom System Σ ins System Σ' unter der An- nahme, dass die Lichtgeschwindigkeit c in beiden Inertialsystemen den gleichen Wert besitzt? Betrachten Sie dazu die Ausbreitung eines Lichtblitzes, welcher zur Zeit $t_0 = t'_0 = 0$ im Koordinatenursprung der Inertialsysteme zündet.

4. **Lorentzgruppe.** Eine Eigenschaft der Lorentz-Transformationen ist, das sie eine *Gruppe* bilden. In dieser Aufgabe soll das für eine spezielle Menge an Transformationen, nämlich solche, die Bezugssysteme mit parallelen Achsen, die sich entlang der x-Achse relativ zueinander bewegen, überprüft werden. Eine solche Transformation kann als Matrix dargestellt werden: (4 Pkt.)

$$\Lambda(v) = \begin{pmatrix} \gamma & 0 & 0 & -\beta\gamma \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\beta\gamma & 0 & 0 & \gamma \end{pmatrix}, \tag{6}$$

   mit $\beta = v/c$ und $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}$. Eine solche Transformation überführt den Vektor (x, y, z, ct) in (x', y', z', ct').

   Zeigen Sie, das diese Transformationen eine Gruppe bilden.

Auf diesem Übungsblatt sind maximal **15 Punkte** zu erreichen, Abgabe erfolgt am 21. 10. 2008.