

## Übungen zur Theoretischen Physik 2 – Blatt 1 (22.04.-29.04.2013)

### Präsenzübungen

#### (P1) Rotierendes Bezugssystem

Ein kartesisches  $xyz$ -Koordinatensystem rotiere um ein kartesisches  $XYZ$ -Koordinatensystem, das denselben Ursprung hat und ein Inertialsystem ist. Es seien  $\vec{e}_1, \vec{e}_2$  und  $\vec{e}_3$  kartesische Basisvektoren im  $xyz$ -System. Die Winkelgeschwindigkeit des  $xyz$ -Systems relativ zum  $XYZ$ -System sei

$$\vec{\omega} = 2t\vec{e}_1 - t^2\vec{e}_2 + (2t + 4)\vec{e}_3.$$

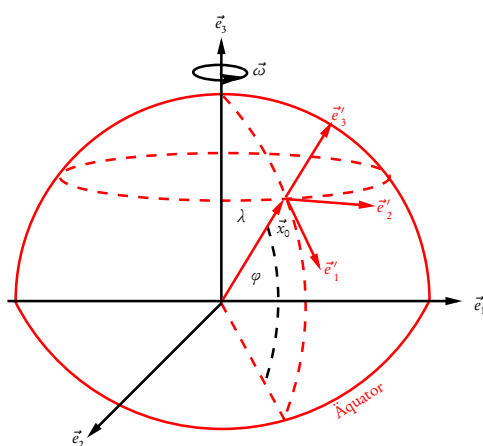
Der Ortsvektor  $\vec{r}(t)$  eines Teilchens zur Zeit  $t$  im  $xyz$ -System sei

$$\vec{r}(t) = (t^2 + 1)\vec{e}_1 - 6t\vec{e}_2 + 4t^3\vec{e}_3.$$

Bestimmen Sie für den Zeitpunkt  $t = 1$ :

- die Geschwindigkeit im  $xyz$ -System,
- die Geschwindigkeit im  $XYZ$ -System,
- die lineare Beschleunigung,
- die Coriolis-Beschleunigung
- und die Zentripetal-Beschleunigung.

#### (P2) Schiefer Wurf auf rotierender Erde



Ein Kugelstoßer nimmt an einem internationalen Wettbewerb auf der geographischen Breite  $\varphi$  teil. Er stößt die Kugel mit einer Geschwindigkeit  $v_0$  unter dem Winkel  $\alpha$  zur Horizontalen nach Süden (entlang eines Längenkreises).

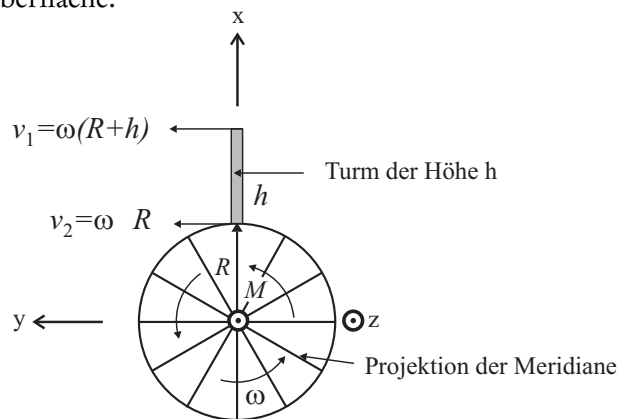
- Wie lautet die Bewegungsgleichung für die Kugel unter Berücksichtigung der Erdrotation? Bestimmen Sie näherungsweise die Bahn der Kugel als Funktion der Zeit. Die Näherung soll aber die erste nichttriviale Korrektur zur Bewegung in Richtung des Breitengrades (west-östliche Richtung) beinhalten!
- Wie groß ist dann der Abstand des Aufschlagpunkts der Kugel von der anfänglichen vertikalen Bewegungsebene? Diskutieren Sie auch den Fall  $\alpha = \pi/2$ .

bitte wenden!

## Hausübungen (Abgabe am 03.05.2013)

### (H1) Anschauliches zur Ostabweichung

Die Ostablenkung einer fallenden Masse erscheint zunächst paradox, weil sich die Erde auch nach Osten dreht. Sie (und hiermit letztendlich auch die anschauliche Wirkung der Coriolis-Kraft) wird aber sofort verständlich, wenn man bedenkt, daß die Masse in der Höhe  $h$  zur Zeit  $t = 0$  im Inertialsystem eine größere Geschwindigkeitskomponente ostwärts besitzt (aufgrund der Erdrotation) als ein Beobachter auf der Erdoberfläche.



- (a) (2 Punkte) Berechnen Sie, als erste Überlegung, mittels dieser „überschüssigen“ Geschwindigkeit in Richtung Osten, die für den erdfesten Beobachter den Stein nach Osten abdriften läßt, und nicht senkrecht nach unten, die Größe der Ostablenkung. (Verwenden Sie obenstehende Illustration. Das Koordinatensystem  $xyz$  sei ein ruhendes Inertialsystem. Die Erdrotation  $\vec{\omega}$  zeigt in die  $z$ -Richtung. Der Turm befindet sich der Einfachheit halber auf dem Äquator.)
- (b) (4 Punkte) Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit dem in der Vorlesung berechneten exakten Wert der Ostablenkung. Der in (a) erhaltene Wert ist zu groß! Die Ursache hierfür liegt darin, daß sich die Richtung der während des Fluges auf das fallende Teilchen wirkenden Gravitationskraft sich im  $xyz$ -System ändert, und zwar in führender Ordnung in Richtung der  $y$ -Achse. Diese (kleine) Kraft-Komponente  $F_y$  wirkt dem obigen Effekt entgegen. Führen Sie eine genaue Rechnung durch.
- (c) (3 Extrapunkte) Wenden Sie die Überlegung in (b) auf die Situation der Präsenzaufgabe P2 an, um die Westablenkung für den Fall  $\alpha = \pi/2$  zu berechnen.

### (H2) Bewegung eines Massenpunktes (4 Punkte)

Eine Röhre der Länge  $2l$  rotiere mit der konstanten Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  um ihren Mittelpunkt senkrecht zu ihrer Längsachse. In der Röhre befinde sich ein Massenpunkt, der reibungslos gleiten kann. Zur Zeit  $t = 0$  befinde sich der Massenpunkt in der Mitte der Röhre und habe die Geschwindigkeit  $v_0$  relativ zur Röhre. Zeigen Sie, daß die Masse die Röhre mit einer radialen Geschwindigkeit von  $v_F = \sqrt{v_0^2 + l^2 \omega^2}$  verläßt!