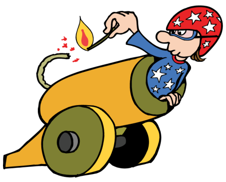
Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für Physik
PD Dr. T. Klose, Dr. I. Bierenbaum

PK5 KLASSISCHE THEORETISCHE PHYSIK WS 2015/16

ÜBUNGSBLATT 3, Abgabe am Do. 05.11.15, Besprechung in den Übungen am Fr. 06.11.15.

1 Der glücklichste Gedanke



Sie beobachten frei fallende Objekte im homogenen Gravitationsfeld ($\mathbf{F} = -mg\mathbf{e}_z$) aus Ihrem Bezugssystem als menschliche Kanonenkugel, dessen Ursprung die Bahnkurve $\mathbf{s}(t) = v_x t\mathbf{e}_x + v_y t\mathbf{e}_y + (v_z t - \frac{1}{2}gt^2)\mathbf{e}_z$ bezüglich eines Inertialsystems beschreibt und diesbezüglich nicht rotiert ($\boldsymbol{\omega}(t) = 0$). Berechnen Sie die Gesamtkraft, die in Ihrem Bezugssystem auf die beobachteten Objekte wirkt.

Bonus: Suchen Sie, z. B. im Internet, danach, was Einstein den "glücklichste[n] Gedanke[n] meines Lebens" nannte. Wie hängt dieser Gedanke mit der Aufgabe zusammen?

2 Golf am Nordpol

Ein Golfspieler befindet sich auf einer Eisfläche am Nordpol. Die Fläche sei absolut eben, senkrecht zur Erdachse und könne keine Reibungskräfte ausüben. Er platziert sich $L = 200\,\mathrm{m}$ vom Nordpol entfernt und versucht den Ball exakt am Nordpol einzulochen. Er gibt dem Ball eine Anfangsgeschwindigkeit von $v = 50\,\mathrm{m/s}$ direkt in Richtung Nordpol. Als Näherung können wir annehmen, dass sich diese Geschwindigkeitskomponente nicht merklich ändert. Berechnen Sie mit dieser Näherung in welchem Abstand[1] der Ball aufgrund der Erdrotation am Loch vorbeirollt unter Verwendung

(a) eines Inertialsystems,

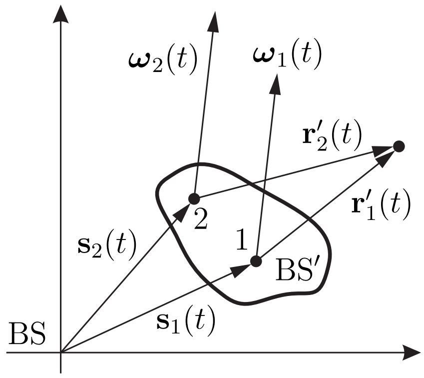
(b) eines Bezugssystems, das mit der Erde rotiert.

---

[1]Streng genommen ist dieser Abstand die kürzeste Entfernung zwischen Ball und Loch, die der Ball auf seiner Bahn hat. In der Näherung kann man diesen Abstand aber mit der Entfernung des Balles vom Loch senkrecht zur ursprünglichen Schlagrichtung gleichsetzen.

3 Zum Satz von Euler

Der Satz von Euler besagt, dass die allgemeine Bewegung eines starren Körpers—den wir mit dem bewegten Bezugssystem BS' identifizieren—eindeutig zerlegt werden kann in eine Translation eines beliebigen Punktes des Körpers und eine Rotation um eine Achse durch diesen Punkt. Die Translation wird durch die Bahnkurve $\mathbf{s}(t)$ des Punktes bzgl. eines Bezugssystems BS beschrieben und die Rotation durch den Winkelgeschwindigkeitsvektor $\boldsymbol{\omega}(t)$. Nehmen wir an, zwei verschiedene Personen benutzen zwei unterschiedliche Punkte für diese Zerlegung in Translation und Rotation. Person 1 benutzt Punkt 1 mit $\mathbf{s}_1(t)$ und $\boldsymbol{\omega}_1(t)$ und Person 2 benutzt Punkt 2 mit $\mathbf{s}_2(t)$ und $\boldsymbol{\omega}_2(t)$. Beweisen Sie, dass



$$\boldsymbol{\omega}_1(t) = \boldsymbol{\omega}_2(t)\ . \tag{1}$$

Tipp: Drücken Sie die Geschwindigkeit eines in BS' ruhenden Punktes bzgl. BS auf zwei verschiedene Weisen aus.

4 Effektive Erdanziehung

Welche Kraft $\mathbf{F}$ wirkt auf einen auf der Erdoberfläche ruhenden Körper der Masse m in einem mit der Erde mitrotierenden Bezugssystem in Abhängigkeit von der geographischen Breite λ? Zeichnen Sie die Richtung dieser Kraft in einen Querschnitt der Erde an verschiedenen Stellen ein.

Bem.: Diese Kraft könnte man als die effektive Erdanziehung $\mathbf{F} = m\mathbf{g}_{\text{eff}}$ interpretieren. Türme baut man beispielsweise parallel zu $\mathbf{g}_{\text{eff}}$.

5 Baersches Gesetz

Betrachten Sie einen Fluss der Breite b, der an einem Ort mit geographischer Breite λ mit der Geschwindigkeit v_0 in Richtung Norden fließt. Das Baersche Gesetzt besagt, dass das Wasser am rechten Ufer um $(2\omega_0 v_0 b \sin\lambda)/g$ höher steht als am linken Ufer, wobei ω_0 die Winkelgeschwindigkeit der Erde und g die Gravitationsbeschleunigung bezeichnet. Prüfen Sie, dass $\omega_0^2 R_E \ll g$ für einen Erdradius von $R_E \approx 6000\,\text{km}$ und leiten Sie unter dieser Voraussetzung das Baersche Gesetz her.

Wie groß ist der Effekt für $\lambda = 52{,}5°$, $v_0 = 1$ m/s und $b = 10$ m?

Hinweis: Eine Flüssigkeitsoberfläche stellt sich so ein, dass sie senkrecht zu der auf sie wirkenden Gesamtkraft steht.