

8. Übungsblatt zur Experimentalphysik 1 (WS 13/14)

Abgabe am 12./13.12.2013 in den Übungen

Name(n): _____ Gruppe: _____ Punkte: ____/____/____/____

8.1 Auf der Kerwe (25 Punkte)

(*) Eine kreisförmige Plattform mit einem Radius von $R = 5$ m rotiert mit einer Winkelgeschwindigkeit von $\omega = 0.2$ rad/s gegen den Uhrzeigersinn (in Draufsicht). Ein Mann mit einer Masse von $m = 100$ kg geht mit einer konstanten Geschwindigkeit $v' = 1$ m/s auf einem Durchmesser der Plattform entlang. Zur Zeit $t = 0$ befindet er sich genau im Mittelpunkt der Scheibe. Zur Zeit $t = 5$ s springt er vom Rand der Plattform herunter.

- Stellen Sie den zeitlichen Verlauf des Betrags der Zentrifugalkraft F_{zf} , die auf den Mann im Zeitintervall $[0 \text{ s}, 5 \text{ s}]$ wirkt, graphisch dar.
- Fertigen Sie ein entsprechendes Diagramm für die von ihm wahrgenommene Corioliskraft F_{cor} an.
- Fertigen Sie eine Skizze der Plattform mit einem punktförmigen Mann bei $r = R/2$ an und skizzieren Sie die Vektoren $\vec{\omega}'$, \vec{v} , \vec{F}_{zf} und \vec{F}_{cor} .

Eine Frau der Masse $m = 50$ kg springt nun auf die Scheibe und läuft auf einer Kreisbahn mit Radius $r = 2$ m im Uhrzeigersinn um den Mittelpunkt der Scheibe. Im Bezugssystem der Scheibe beträgt die Geschwindigkeit der Frau $v' = 0.4$ m/s.

- Fertigen Sie eine Skizze der Scheibe an und skizzieren Sie die punktförmige Frau zusammen mit ihrer Geschwindigkeit \vec{v} und der Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega}$.
- Berechnen Sie den Betrag F_{zf} der Zentrifugalkraft, die im Bezugssystem der Scheibe auf die Frau wirkt. Skizzieren Sie \vec{F}_{zf} in Ihrer Zeichnung.
- Berechnen Sie den Betrag F_{cor} der Corioliskraft, die im Bezugssystem der Scheibe auf die Frau wirkt. Skizzieren Sie \vec{F}_{cor} in Ihrer Zeichnung.
- Welche Gesamtkraft wirkt auf die Frau? Interpretieren Sie dieses Ergebnis auch aus der Sicht der Zuschauer, die auf festem Boden stehen.
- Wie ändert sich das Verhältnis der beiden Scheinkräfte, wenn die Frau auf gleichem Radius schneller bzw langsamer läuft?

8.2 Beschleunigte Bezugssysteme (25 Punkte)

Aufzug

Ein Aufzug mit einer Kabinenhöhe von $h = 2,50$ m wird von $t = 0$ an mit konstanter Beschleunigung $a = 1$ m/s² nach unten beschleunigt. Bei dem Start wird von der Decke eine Kugel fallen gelassen.

- Wann erreicht sie den Boden?
- Welche Fallstrecke l hat sie dann im Ruhesystem des Aufzugschachtes zurückgelegt?
- Welche Geschwindigkeit hat sie beim Aufprall im Ruhesystem und relativ zum Fahrstuhlssystem?

Corioliskraft

Ein ICE der Masse $M = 4 \cdot 10^5$ kg fährt auf der Rheintalstrecke von Karlsruhe nach Basel mit $v = 200$ km/h genau von Nord nach Süd über den 48. Breitengrad. Wie groß ist die Corioliskraft auf die Schienen? In welcher Richtung wirkt sie?

8.3 Erzwungene, gedämpfte harmon. Schwingung (25 Punkte)

Gegeben sei folgende Differentialgleichung.

$$\ddot{x}(t) + 2\delta\dot{x}(t) + \omega_0^2x(t) = f \cos \omega t$$

Die Differentialgleichung beschreibt einen getriebenen harmonischen Oszillator mit geschwindigkeitsabhängiger Dämpfung.

Betrachten Sie im folgenden den Schwingfall, d.h. für den Dämpfungsterm gilt: $\delta < \omega_0$

- Überlegen Sie sich einen physikalischen Aufbau, der durch den Realteil dieser Differentialgleichung beschrieben wird und identifizieren Sie die einzelnen Komponenten Ihres Aufbaus mit den Termen in der Gleichung.
- Die allgemeine Lösung einer inhomogenen Differentialgleichung erhalten Sie, wenn Sie die allgemeine Lösung der homogenen Differentialgleichung und eine partikuläre Lösung der inhomogenen Gleichung addieren.

Zeigen Sie, dass der Ansatz: $x_H(t) = C_1 e^{-\delta t} \cos \omega_D t + C_2 e^{-\delta t} \sin \omega_D t$ die homogene Differentialgleichung löst. Hierbei ist $\omega_D = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$.

- Um eine partikuläre Lösung der Differentialgleichung zu finden, schreiben wir diese als komplexe Gleichung: $\ddot{x}(t) + 2\delta\dot{x}(t) + \omega_0^2x(t) = f e^{i\omega t}$. Zeigen Sie, dass der Ansatz $x(t) = C e^{i\Omega t} = x_0 e^{i(\Omega t + \phi)}$ eine spezielle Lösung der inhomogenen Gleichung liefert (x_0 und ϕ sind reelle Zahlen). Bestimmen Sie x_0 und ϕ als Funktion von δ , ω_0 , Ω und f .
- Skizzieren Sie x_0 und ϕ als Funktion von Ω/ω_0 für verschiedene Werte von $Q = \omega_0/\delta(1, 3, 10, 30)$. Q wird als Güte bezeichnet. Sie können gerne wieder Ihren Computer zu Hilfe nehmen. Interpretieren Sie Ihr Ergebnis.

8.4 Halb voll oder halb leer (25 Punkte)

Bei einem Picknick im Grünen machen Sie sich eine Dose Bier auf und genießen den ersten Schluck ganz besonders, da Ihnen in diesem Moment klar wird, dass der Schwerpunkt einer vollen Dose relativ hoch liegt und das Leeren der Dose helfen muss, den Stand der Dose auf unebenem Grund zu verbessern. Nach dem dritten Schluck werden Sie stutzig. Sie überdenken ihre Hypothese nochmals, und Ihnen fällt auf, dass der Schwerpunkt einer völlig leeren Dose derselbe ist wie der einer vollen Dose. Bei welchem Füllstand ist der Schwerpunkt der Dose am niedrigsten?

Zusatzfrage (ohne Bewertung): Können Sie hierfür eine Bedingung herleiten, die unabhängig von der Form des Gefäßes ist?

Definieren Sie alle nötigen Größen selbst und gehen Sie vereinfachend von einer perfekt zylinderförmigen Dose mit scheibenförmiger Boden- und Deckelplatte aus. Um halbwegs realitätsnah zu bleiben, müssen Sie fehlende Größen gegebenenfalls selbst messen oder geeignet abschätzen. (Auf empirische Ergebnisse aus Selbstversuchen auf der Neckarwiese gibt es u.U. Extrapunkte.)