Probeklausur zur Experimentalphysik 1

Prof. Dr. M. Rief
Wintersemester 2010/2011
19. Januar 2011

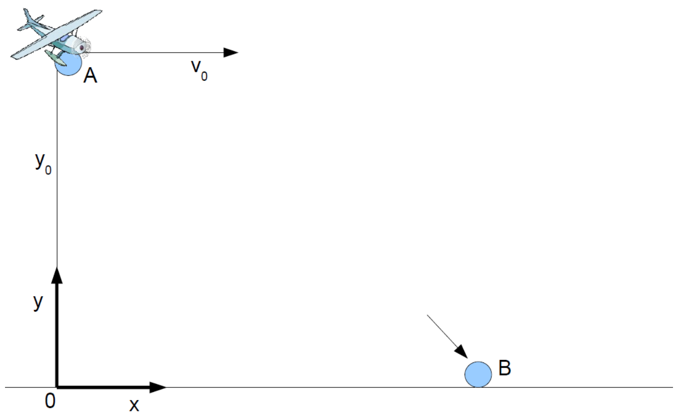
Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 beidseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

Bearbeitungszeit 90 Minuten. Es müssen nicht alle Aufgaben vollständig gelöst sein, um die Note 1,0 zu erhalten.

Aufgabe 1 (6 Punkte)

Ein Flugzeug fliegt mit einer Geschwindigkeit von $v_0 = 500$ km/h in einer Höhe $y_0 = 3$ km und wirft zur Zeit $t = 0$ am Ort A eine Masse m ab, die zu Boden fällt (siehe Skizze). Luftreibung werde vernachlässigt.



a) Stellen Sie die Gleichung x(t) und y(t) für die Flugbahn der Masse auf. Der Nullpunkt des Koordinatensystems liege bei 0.

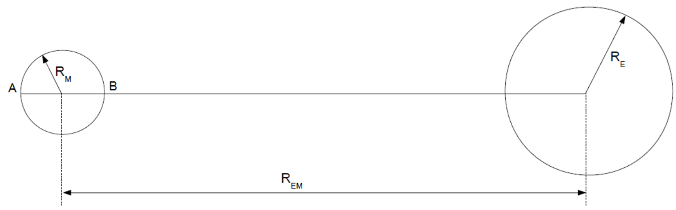
b) Leiten Sie daraus die Bahnkurve y(x) her.

c) Wie groß ist die Gesamtgeschwindigkeit v_g der Masse kurz vor dem Aufschlag am Boden?

d) Welche Strecke legt das Flugzeug zwischen Abwurf und Aufschlag der Masse bei B zurück?

Aufgabe 2 (10 Punkte)

Zum Bau einer Weltraumstation soll das Material vom Mond aus bereitgestellt werden. Für die Rechnung sollen nur Erde (Masse $M_E = 5.97 \times 10^{24}$ kg , Radius $R_E = 6380$ km) und Mond ($M_M = M_E/81$, $R_M = 0.272 R_E$) berücksichtigt werden. Der Abstand der beiden Schwerpunkte beträgt $R_{EM} = 60.31 R_E$. Die Gravitationskonstante beträgt $G = 6.67 \times 10^{-11}$ $\mathrm{Nm^2/kg^2}$.



a) Vernachlässigen Sie zunächst den Einfluss der Erde. Mit welcher Geschwindigkeit v_1 muss ein Körper vom Punkt A abgeschossen werden, damit er das Schwerefeld des Mondes überwinden kann?

b) Im folgenden soll zusätzlich das Schwerefeld der Erde berücksichtigt, die Rotation des Mondes um den gemeinsamen Schwerpunkt aber vernachlässigt werden. Der Körper wird vom Punkt B abgeschossen. Wie groß ist jetzt die Fluchtgeschwindigkeit v_2, damit der Körper das Schwerefeld des Mondes sowie das der Erde überwinden kann?

c) Nehmen Sie an, der Abschuss würde in Richtung der Verbindungslinie Mond-Erde von Punkt B erfolgen. Geben Sie das Potential $V(r)$ an, wobei r der Abstand vom Mondmittelpunkt ist ($V(r \to \infty) = 0$). In welchem Abstand vom Mond hat ein so abgeschossener Körper minimale kinetische Energie? Wie groß ist die Mindesgeschwindigkeit v_3 mit welcher der Körper nicht auf den Mond zurückfällt?

Aufgabe 3 (8 Punkte)

Ein Raumschiff fliegt mit 60% der Lichtgeschwindigkeit an einem Stern vorbei, der sich anschickt als Supernova zu explodieren. Nachdem das Raumschiff den Stern passiert und sich (vom Intertialsystem des Sterns betrachtet) 6 Lichtminuten von ihm entfernt hat, bricht die Supernova aus.

a) Zeichnen und beschriften Sie ein Minkowski-Diagramm, das die Situation bezüglich des Inertialsystems des Sterns darstellt. Im Nullpunkt des Diagrams soll sich dabei das Ereignis 'Das Raumschiff passiert den Stern' befinden.

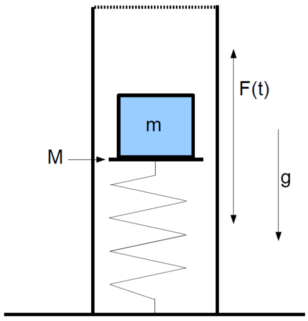
b) Welche Koordinaten hat der Supernovaausbruch im Inertialsystem des Sterns?

c) Berechnen Sie mit Hilfe der Lorentz-Transformation, welche Zeit auf der Raumschiffsuhr zwischen dem Vorbeiflug am Stern und dessen Explosion verstreicht.

d) In welcher Entfernung ereignet sich die Supernova vom Raumschiff aus betrachtet?

Aufgabe 4 (14 Punkte)

Eine als masselos zu betrachtende Feder der Ruhelänge $l_0 = 0.5$ m und der Federkonstante $k = 100$ N/m befindet sich aufrecht in einem Führungsrohr. Am Federende ist eine Waagschale (Masse $M = 0.1$ kg) befestigt, auf der sich ein Gewicht mit $m = 1$ kg befindet (siehe Skizze). Die Erdbeschleunigung beträgt $g = 9.81$ m/s^2. Das System wird nun in Richtung der Schwerkraft durch eine periodische äußere Kraft F(t)=$F_m \cos(\omega t)$, $F_m = 10$ N zu erzwungenen Schwingungen angeregt.



a) Berechnen Sie zunächst die Ruhelage der Masse m. Warum ist es von Vorteil, diese Ruhelage als Koordinatenursprung zu wählen?

b) Für den Fall einer gedämpften Schwingung ist die Bewegungsgleichung der Masse gegeben durch:

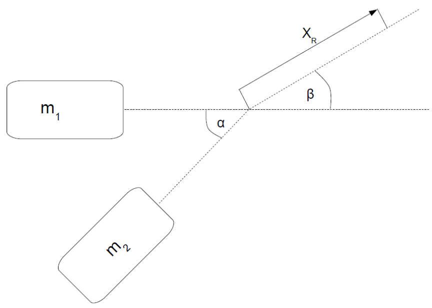
$$(m + M)\ddot{x} + (m + M)\beta\dot{x} + kx = F_m \cos(\omega t)$$

Bestimmen Sie die Eigenfrequenz der Masse ω_0 und zeigen Sie, dass $x(t) = A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t)$ eine Lösung der Differentialgleichung darstellt, indem Sie A und B berechnen.

c) Berechnen Sie die jeweilige maximale Auslenkung der Masse m im Fall einer Dämpfung mit $\beta = 8\ s^{-1}$ bei einer Anregungsfrequenz $\omega = \omega_0$ und bei $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{\beta^2}{2}}$.

Aufgabe 5 (8 Punkte)

Zwei Autos (mit jeweiligen Massen m_1, m_2 und Geschwindigkeiten (v_1, v_2) stoßen unter einem Winkel α zusammen und rutschen ineinander verkeilt (ohne Rotation) nach dem Zusammenstoß mit blockierten Rädern eine Strecke X_R, bis sie zum Stillstand kommen; der Reibungskoeffizient beim Rutschen beträgt μ. Beide Autos werden als Massenpunkte aufgefasst.



In welche Richtung rutschen die Autos nach dem Zusammenstoß und wie lang ist die Rutschstrecke X_R?

Aufgabe 6 (7 Punkte)

Ein Stern der Masse $M = 3 \times 10^{30}$ kg und dem Radius $R = 8 \times 10^8$ m benötigt für eine Rotation $T = 22$ Tage. Der Stern kollabiert ohne Massenverlust zu einem Neutronenstern und benötigt nur noch 4 ms für eine Rotation. Die Massenverteilung in Stern und Neutronenstern sei jeweils homogen.

a) Wie groß sind Trägheitsmoment, Drehimpuls und Rotationsenergie des Sternes vor dem Kollaps?

b) Bleibt bei dem Kollaps der Drehimpuls erhalten? Bleibt die Rotationsenergie erhalten?

c) Wie groß ist das Trägheitsmoment und die Rotationsenergie nach dem Kollaps? Woher kommt die zusätzliche Rotationsenergie?

Hinweis: Das Trägheitsmoment I einer Kugel mit Masse m und Radius r beträgt $I = \frac{2}{5}mr^2$.

Aufgabe 7 (11 Punkte)

Auf einem Keil mit Masse M und Winkel α rollt ein homogener Zylinder mit Radius r, Masse m und Trägheitsmoment $I = \frac{1}{2}mr^2$ ohne zu rutschen. Bestimmen Sie die Winkelbeschleunigung des Zylinders für die folgenden Fälle:

a) Der Keil ist auf seiner Unterlage fixiert.

b) Der Keil wird mit der vorgegebenen Beschleunigung a über seine Unterlage gezogen.

Hinweis: Verwenden Sie zur Lösung dieser Aufgabe **nicht** den Satz von Steiner!