Probeklausur zur Experimentalphysik 1

Prof. Dr. F. Simmel
Wintersemester 2011/2012
11. Januar 2012

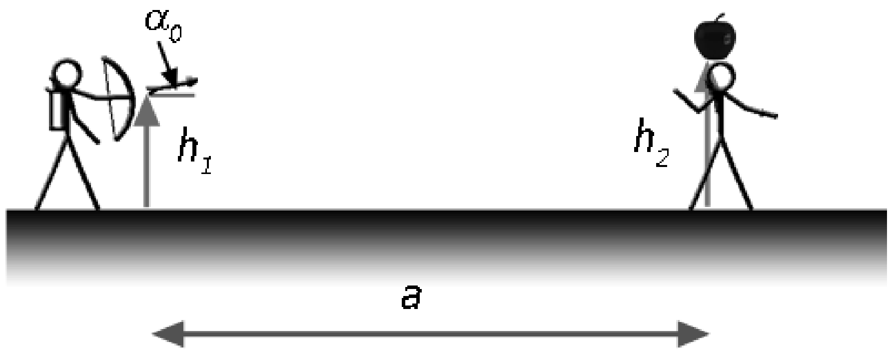
Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 beidseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

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

Aufgabe 1 (6 Punkte)

Wilhelm Tell will mit einem Pfeil ($m_1 = 50$g) einen Apfel ($m_2 = 200$g) vom Kopf seines Sohnes schießen. Die Luftreibung ist zu vernachlässigen.

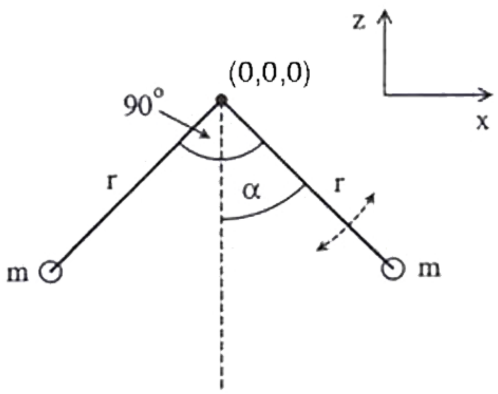


Berechnen Sie

1. die Abschusshöhe h_1 , die Tell wählen muss, damit er bei einem Abschusswinkel $\alpha_0 = 4°$ zur Horizontalen, einer Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 70$m/s und einem Abstand $a = 20$m vom Sohn den Apfel (Höhe $h_2 = 1,50$m) genau trifft.
2. den Winkel α_1 sowie die Geschwindigkeit v_1 des Pfeils beim Auftreffen auf den Apfel.
3. die Geschwindigkeit v_2 mit der Apfel und Pfeil geminsam den Kopf des Sohns verlassen und den dabei auftretenden Winkel α_2.

Aufgabe 2 (7 Punkte)

Wir betrachten ein Pendel, das aus einem masselosen Winkeleisen (Schenkellänge r) mit Zwischenwinkel 90° und zwei identischen Massenpunkten der Masse m besteht, die an den Enden des Winkeleisens befestigt sind. Das Winkeleisen ist im Knick $(0, 0, 0)$ drehbar gelagert.



1. Berechnen Sie das Gesamtdrehmoment in Abhängigkeit von dem in der Zeichnung angegebenen Winkel α.
2. Stellen Sie die Bewegungsgleichung für das Pendel auf. Nehmen Sie dazu an, dass $\alpha' = \alpha - 45°$. Zeigen Sie, dass für die Bewegungsgleichung gilt:
$$\ddot{\alpha}' = -\frac{g}{r\sqrt{2}} \sin \alpha' \tag{1}$$
Hinweis: Verwenden Sie die beiden Additionstheoreme
$$\sin(x+y) = \sin x \cos y + \sin y \cos x \qquad \cos(x+y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y.$$
3. Lösen Sie die Bewegungsgleichung analog zum mathematischen Pendel. Geben Sie die Frequenz ω der Pendelschwingung an. (Kleinwinkelnäherung)

Aufgabe 3 (5 Punkte)

1. Was zeichnet ein Inertialsystem aus (1 oder 2 Sätze)? Geben Sie zusätzlich ein Beispiel für ein Inertialsystem aus dem Alltag.
2. Stellen Sie die Corioliskraft, die aufgrund der Erdrotation auf einen bewegten Körper wirkt, in vektorieller Form dar. Wo treffen alle auf der Erde ungestört fallenden Körper in Bezug auf den mit einem Lot ermittelten Punkt auf? Hinweis: Nehmen Sie als Vereinfachung eine konstante Fallgeschwindigkeit an und betrachten Sie nicht die Situation an den Polen.

Aufgabe 4 (6 Punkte)

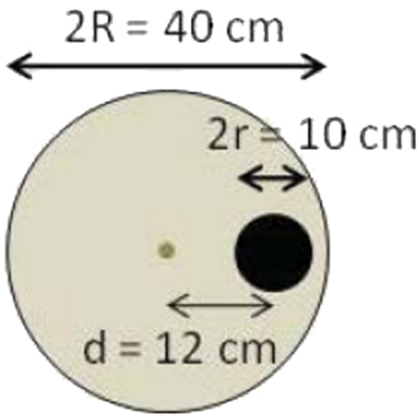
Zwei Raumschiffe A und B starten zur gleichen Zeit auf der Erde und fliegen in entgegengesetzter Richtung mit gleicher Geschwindigkeit v zu Punkten in der gleichen Entfernung L von der Erde betrachtet. Sobald die Raumschiffe ihre jeweiligen Zielpunkte erreicht haben, senden sie ein Funksignal zu Erde, das dort zur Zeit T (Bezugssystem Erde) nach dem Start der Raumschiffe empfangen wird.

1. Zeigen Sie, dass folgender Zusammenhang gilt
$$\frac{v}{c} = \left(\frac{cT}{L} - 1\right)^{-1}$$
2. Berechnen Sie für $L = 1$Lichttag und $T = \frac{8}{3}$Tage mit Hilfe der Lorentz-Transformation die Ankunftszeiten der beiden Raumschiffe an ihren Zielpunkten betrachtet vom Inertialsystem von A.

Vernachlässigen Sie die Effekte der Beschleunigung der Raumschiffe.

Aufgabe 5 (7 Punkte)

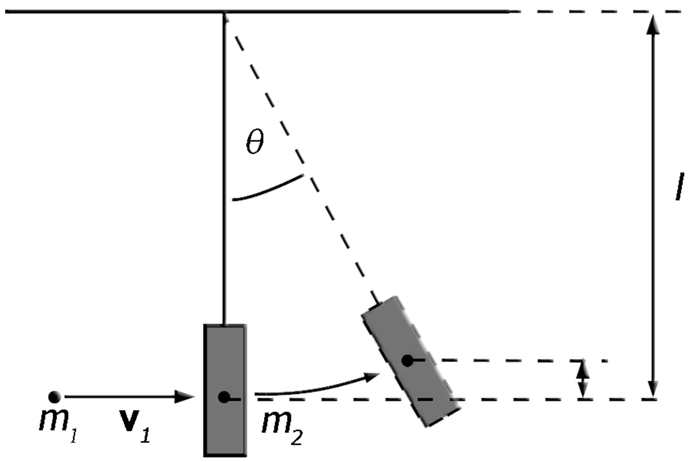
Eine Töpferscheibe besteht aus einer homogenen Kreisscheibe mit dem Radius $R = 20$cm und der Masse $M = 20$kg. Die leere Töpferscheibe rotiert reibungsfrei und antriebslos um ihre Mittelachse mit einer Winkelgeschwindigkeit von zunächst $\omega_1 = 5{,}0\text{s}^{-1}$. Der Töpfer platziert eine zylinderförmige Tonmasse mit dem Radius $r = 5$cm und der Masse $m = 1{,}0$kg so auf der Scheibe, dass die Achse der Töpferscheibe und die Symmetrieachse des Ton-Zylinders einen Abstand von $d = 12$cm aufweisen. Aufgrund der starken Reibung zwischen der Platte und der Tonmasse stellt sich für das Gesamtsystem sehr schnell eine neue, gemeinsame Kreisfrequenz ein.



1. Das Trägheitmoment für eine Kreisscheibe und ebenso für einen Zylinder der Masse m_0 mit Radius r_0 bezüglich einer Rotation um die Mittelachse ist $I = \frac{1}{2}m_0 r_0^2$. Berechnen Sie das Trägheitsmoment I_1 der leeren Töpferscheibe und das Trägheitsmoment I_2 der Töpferscheibe mit aufgesetztem Ton-Zylinder bezüglich der Rotation der Töpferscheibe um deren Mittelachse!
2. Mit welchem Erhaltungssatz lässt sich Teilaufgabe 3) lösen?
3. Wie groß ist die Kreisfrequenz, die sich nach Aufsetzen der Tonmasse einstellt?
4. Berechnen Sie die kinetische Energie der Drehbewegung vor und nach dem Aufsetzen der Tonmasse. Begründen Sie kurz den auftretenden Unterschied.

Aufgabe 6 (6 Punkte)

Zur Messung der Geschwindigkeit einer Gewehrkugel (Masse $m_1 = 5$g) wird diese horizontal in einen ruhenden Holzklotz der Masse $m_2 = 20$kg geschossen, welcher an einem Pendelstab der Länge $l = 1$m hängt. Der maximale Auslenkungswinkel des Holzklotzes mit darin steckender Kugel wird zu $\theta = 1,2°$ bestimmt. Die Masse des Pendelstabs ist zu vernachlässigen.



1. Bestimmen Sie die Geschwindigkeit v_1 der Gewehrkugel.
2. Welche Geschwindigkeit hat der Holzklotz unmittelbar nach dem Stoß?
3. Wieviel kinetische Anfangsenergie der Kugel wird in nicht-kinetische Energie (Wärme) umgewandelt?

Aufgabe 7 (4 Punkte)

Ein menschliches Haar habe ein Elastizitätsmodul von $E = 5 \cdot 10^8 Nm^{-2}$. Nehmen Sie an, dass sich das Haar für Dehnungen bis zu 10% elastisch dehnt und nicht beschädigt wird.

1. Berechnen Sie das Volumen an Haar, dass Archimedes 250 B.C. für ein Katapult benötigte, um einen Fels von 50kg auf eine Geschwindigkeit von 20m/s zu beschleunigen.
2. Wie weit fliegt dieser Fels unter idealen Bedingungen maximal?