Übungsaufgaben für Experimentalphysik I im WS 2014/2015

Experimenteller Teil bei Prof. K. Heyne

Aufgabenzettel 9, Abgabe am Freitag, den 19.12.2014 vor der Vorlesung GP: 13

1.) Das Prinzip des Astroblasters (siehe Skizze) soll verwendet werden, um eine kleine Kugel in den Weltraum zu schießen. Dabei werden Metallkugeln (ohne Verbindung) direkt übereinander fallen gelassen und erreichen quasi gleichzeitig den Boden mit der Geschwindigkeit v_0. Betrachten Sie folgende Fälle:

(a) Es werden vier Metallkugeln verwendet, deren Massen von unten nach oben abnehmen und deren Masseverhältnisse zu den benachbarten Kugeln jeweils zehn betragen. Die unterste Kugel (1) hat die Masse 1000 kg, die zweitunterste Kugel die Masse 100 kg, die zweitoberste Kugel die Masse 10 kg und die oberste Kugel die Masse 1 kg. Es finden 4 Stoßprozesse statt. Der erste Stoßprozess beschreibt den Stoß der Kugel 1 mit dem (vollkommen elastischen Boden unendlich großer Masse), der zweite Stoßprozess den Stoß der ersten mit der zweiten Kugel. Der dritte Stoßprozess beschreibt den Stoß der zweiten mit der dritten Kugel und der letzte Stoßprozess den Stoß der dritten mit der kleinsten Kugel. Berechnen Sie die Geschwindigkeit der kleinsten Kugel nach dem letzten Stoßprozess in Einheiten von v_0.

(3 Punkte)

(b) Wie in (a), aber es werden nur zwei Metallkugeln verwendet. Die untere Kugel hat die Masse 1110 kg und die obere Kugel die Masse 1 kg. Berechnen Sie die Geschwindigkeit der kleinen Kugel nach dem Stoßprozess in Einheiten von v_0 und vergleichen Sie diese mit dem Ergebnis aus (a). (1 Punkt)

2.) Die Anordnung unter 1 (a) schneidet besser ab, als die unter 1 (b) beschrieben. Die Endgeschwindigkeit der vierten Kugel ist in 1 (a) etwa elfmal so hoch, wie die Anfangsgeschwindigkeit v_0. Gehen Sie davon aus, dass bei jeder weiteren Kugel mit einer Masse von einem Zehntel der vorherigen Kugelmasse die Geschwindigkeit um mindestens 1,7 zunimmt. Gehen Sie weiterhin davon aus, dass die Kugeln aus einer Höhe von 100 m fallen gelassen werden. Wieviele Kugeln müssen noch dazu kommen, damit die kleinste Kugel die Fluchtgeschwindigkeit der Erde (11200 m/s) erreicht? Gehen Sie von einer reibungsfreien Bewegung aus. (1,5 Punkte)

3.) Fallender Wassertropfen in gesättigter Atmosphäre: Ein kugelförmiger Wassertropfen fällt reibungslos in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre unter dem Einfluss der Schwerkraft. Zum Zeitpunkt t=0s (Anfang der Fallbewegung) hat er die Geschwindigkeit v0 und den Radius c. Durch Kondensation gibt es in der Atmosphäre einen kontinuierlichen Massenzuwachs des Wassertropfens, der proportional zur Oberfläche des Wassertropfens ist (Proportionalitätsfaktor α). Die Dichte des Wassers ist Eins und kann für die Rechnung weggelassen werden. Leite aus der Bewegungsgleichung eine Differentialgleichung von d/dt her. Dann ersetze d/dt durch α d/dr, was sich aus $dm=\alpha\, 4\pi r^2 dt$ und $dm=4\pi r^2 dr$ ergibt und integriere die Differentialgleichung. Zeigen Sie, dass für c=0 der Geschwindigkeitszuwachs mit dem Radius bzw. der Zeit linear zunimmt. Zeigen Sie, dass für $v_0=0$ die Grenzgeschwindigkeit $v(R) = gR/(4\alpha)$ ist, für unendlich große Kugelradien. (4 Punkte)

4.) Nehmen Sie an, Sie haben eine Reihe von n Kugeln oder Münzen jeweils der Masse M in Ruhe. Die Kugeln/Münzen berühren sich. Diese werden von einer Seite mit einer Kugel/Münze der Masse M und der Geschwindigkeit v_0 ideal elastisch gestoßen. (Reibung wird vernachlässigt!)

(i) Zeigen Sie, dass die bewegte Kugel nach dem Stoss an der Reihe ruht und eine Kugel/Münze auf der anderen Seite sich bewegt. Berechnen Sie die Geschwindigkeit.

(ii) Es wird eine weitere Kugel/Münze der Masse m mit m<M ans Ende der Reihe gelegt. Derselbe Stoßvorgang findet statt. Beweisen Sie, dass es nicht möglich ist, dass sich nur die leichte Kugel/Münze m nach dem Stoßvorgang bewegt.

(iii) Es bewegt sich die leichte Kugel/Münze der Masse m und eine schwere der Masse M. Mit welchen Geschwindigkeiten (ausgedrückt in v_0)?

Vor dem Stoß

Nach dem Stoß

(3,5 Punkte)