

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

Potential und Energie

Abgabe am 5./6.12.2013 in den Übungen

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

7.1 Der Schuss auf den Apfel (25 Punkte)

Auf einem Pfosten der Höhe H liege ein Apfel der Masse M . Der Apfel werde von einer waagrecht fliegenden Kugel der Masse m durchschossen und dabei vom Pfosten gerissen. Die Kugel treffe dabei im doppelten Abstand vom Pfosten auf dem Boden auf wie der Apfel. Der Abstand zwischen den Auftreffpunkten des Apfels und der Kugel sei d .

- Wie groß ist die Geschwindigkeit v der Kugel, bevor sie den Apfel durchbohrt?
- Berechnen Sie v für $H = 1,5$ m, $M = 150$ g, $m = 5$ g und $d = 8$ m.
- Wie groß ist die Reibungsenergie, die beim Durchdringen der Kugel durch den Apfel in Wärme umgesetzt wird? Benutzen Sie die Zahlenwerte von Teilaufgabe b).

7.2 Kraft und potentielle Energie (25 Punkte)

Der Betrag der Wechselwirkungskraft zwischen 2 Teilchen sei durch folgende Beziehung gegeben (quasi Van-der-Waals mit kleineren Exponenten):

$$F(r) = -\frac{a}{r^2} + \frac{b}{r^3}$$

Dabei sind a und b Konstanten zur Beschreibung der Stärke der Wechselwirkung und r der Abstand der Teilchen. Eines der Teilchen sei ortsfest.

- Skizzieren Sie die beiden Summanden und die Gesamtkraft als Funktion von r in einem Diagramm. Sinnvolle Werte für die Konstanten sind $a > 1$ N m² und $|b| < |a|$, beispielsweise $a = 3$ N m² und $b = 1$ N m³. Berechnen Sie den Wert von r für die charakteristischen Punkte (Nulldurchgang, Minimum) und interpretieren Sie diese.
- Skizzieren Sie die potentielle Energie als Funktion von r in einem Diagramm. Berechnen Sie den Wert von r für die charakteristischen Punkte (Nulldurchgang, Minimum) und interpretieren Sie diese.
- Wird das bewegliche Teilchen in diesem System Schwingungen ausführen? Sind diese vielleicht gar unter gewissen Bedingungen harmonisch? Wie wäre deren Frequenz?

Hinweis: Sie können für die Darstellung der Funktionen auch Mathematikprogramme oder ein Python-Skript verwenden (s. Ankündigung im Moodle zu diesem Blatt).

7.3 Federkanone (25 Punkte)

Eine um 3.5 cm zusammengepresste Feder der Härte $8.0 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$ schießt beim Entspannen eine Kugel der Masse 25 g vom Boden aus senkrecht nach oben.

- Welche maximale Höhe erreicht die Kugel?
- Mit welcher Geschwindigkeit landet die Kugel wieder auf dem Boden?
- Welche Geschwindigkeit hat die Kugel in einer Höhe von 80 cm über dem Boden?
- Nun wird die Kugel bei sonst unveränderten Bedingungen durch die Feder nicht senkrecht, sondern unter einem Winkel α relativ zum Boden schräg nach oben geschossen. Wie ändern sich die Ergebnisse bei den Aufgaben a), b) und c) ? (mit Rechnung)

7.4 Weltraumaufzug (25 Punkte)

(*) Eine bestimmte Form eines sog. Weltraumlifts ist ein geostationärer Satellit, der aus einem langen Seil besteht, das direkt über dem Erdboden am Äquator beginnt, dann rechtwinklig gen Himmel reicht und sich mit der drehenden Erde mitbewegt. Ist das Seil kürzer als eine kritische Länge L , so fällt es aufgrund der Schwerkraft auf die Erde zurück, während die Schwerkraft nicht groß genug ist, um die nötige Zentripetalbeschleunigung aufzubringen, wenn es länger als L ist. Nehmen Sie an, dass das Seil frei über dem Erdboden hängt und konstante Massenbelegung hat. Vernachlässigen Sie Einflüsse durch die Erdatmosphäre (Wind, Regen etc.) und Gezeitenkräfte (Anziehungskräfte von Sonne, Mond etc.).

- Berechnen Sie die Länge L des Seils, bei der der Satellit in stabiler Position über dem Erdboden schwebt als Funktion des Erdradius r_E , der Erdbeschleunigung g und der Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation ω . Berechnen Sie den Zahlenwert für L . Vergleichen Sie den Wert mit der Entfernung von der Erde zum Mond.

Hinweis: Betrachten Sie alle Kräfte, die auf ein infinitesimales Stück des Seils wirken. Berechnen Sie die gesamte auf das Seil wirkende *äußere* Kraft durch die Integration über die Seillänge. Überlegen Sie sich dabei, ob die inneren Zugkräfte im Seil die Bewegung des Schwerpunkts des Seils beeinflussen können! Bestimmen Sie außerdem durch eine Integration die gesamte resultierende Zentripetalkraft, die auf das Seil wirkt.

- Die innerhalb des Seils wirkenden inneren Kräfte, die das Seil zusammenhalten, erzeugen Spannung im Seil. Die Spannung auf einer Höhe l entspricht der Gesamtkraft, die notwendig ist, damit der gesamte Abschnitt des Seils zwischen der Erdoberfläche und der Höhe l hängen bleibt. Zeichnen Sie die Spannung (in beliebigen Einheiten) als Funktion der Höhe l relativ zur Erdoberfläche. Sie können wieder Ihren Computer verwenden. Finden Sie die Höhe l_1 , wo die Spannung am stärksten ist.