

Name(n):
Matrikelnummer(n):

Übungsgruppe:

Experimentalphysik I, WS 2016/17

Prof. Dr. A. Zilges, M.Sc. Mark Spieker, M.Sc. Simon Pickstone

Institut für Kernphysik, Universität zu Köln

Vorlesungswebseite: www.ikp.uni-koeln.de/zilges/vorl/exp1/exp1.html

Übungsblatt 5

Aufgabe Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	Summe
Punkte:								

Ausgabe: Mittwoch, 23. November 2016 in der Vorlesung und auf der Vorlesungswebseite
Abgabe: Mittwoch, 30. November 2016 vor der Vorlesung
Besprechung: Mittwoch, 05. Dezember 2016 in den Übungen

Bitte nutzen Sie dieses Blatt als Deckblatt für Ihre Übung und heften Sie alles zusammen. Bitte geben Sie auch die oben genannten Informationen leserlich an!

1. [2 Punkte] Wasserkraft

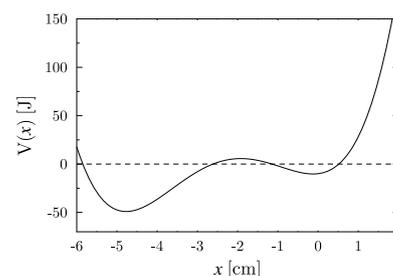
Die Victoria-Fälle im Grenzgebiet zwischen Simbabwe und Sambia haben eine Höhe von etwa 100 m. Dort stürzen pro Sekunde durchschnittlich $1.4 \cdot 10^6$ kg Wasser hinunter. Berechnen Sie, welche Leistung sich erzeugen ließe, wenn man die gesamte potentielle Energie des Wassers in elektrische umwandeln könnte! Bestimmen Sie weiterhin die Energiemenge, welche in einer Stunde von einem solchen Wasserkraftwerk produziert werden könnte! Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit dem jährlichen Stromverbrauch einer Stadt wie Köln!

Hinweis: Im Jahr 2015 betrug der Stromverbrauch pro Einwohner in Deutschland 7381 kWh.

2. [2 Punkte] Kraft und Potential

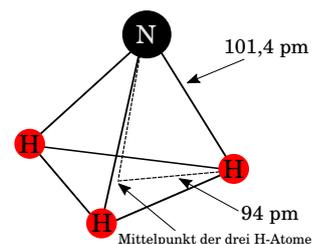
Gegeben sei das eindimensionale Potential in der nebenstehenden Abbildung.

- Bestimmen Sie die Richtung der Kraft $F(x)$ an den Punkten $x = -5.5$ cm, -3 cm, -1 cm, und 0.5 cm!
- Ermitteln Sie, wo der Absolutbetrag der Kraft $F(x)$ zum Potential $V(x)$ im Bereich $x \in [-4 : 0]$ ungefähr am größten ist!



3. [1 Punkt] Ammoniakmolekül NH_3

Ein Ammoniakmolekül (NH_3 , s. Abbildung) enthält drei Wasserstoffatome, die sich in den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks befinden, dessen Mittelpunkt 94 pm von jedem der Wasserstoffatome entfernt ist. Das Dreieck bildet die Grundfläche einer Pyramide, an dessen Spitze das Stickstoffatom angeordnet ist. Gegeben sind der Abstand zwischen Wasserstoff- und Stickstoffatom mit 101.4 pm sowie das Massenverhältnis der Atome zu $m_N/m_H = 13.9$. Ermitteln Sie die Lage des Schwerpunktes des Moleküls relativ zum Stickstoffatom!



Hinweis: 1 pm entspricht 10^{-12} m.

4. [5 Punkte] Raketengleichung

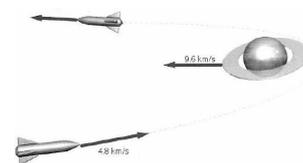
Eine Rakete startet senkrecht von der Erdoberfläche und behält ihre Richtung bei. Ihre Masse M_i vor dem Start beträgt 300 kg, davon sind 180 kg Treibstoff. Die verbrannten Gase werden mit einer konstanten Geschwindigkeit $v_{\text{rel}} = 5 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ relativ zur Rakete ausgestoßen. Die Ausstoßrate r beträgt $r = \frac{dm_{\text{Gas}}}{dt} = 10 \text{ kg/s}$.

- Wie lang ist die Brennzeit t_B ?
- Wie groß ist die Geschwindigkeit $v(t_B)$ der Rakete am Ende der Brennphase? Verwenden Sie dazu den Ausdruck für die Schubkraft aus der Vorlesung. Achtung: Vorzeichen hängen von gewählten Definitionen ab! Berücksichtigen Sie auch die als konstant angenommene Erdanziehungskraft. Vernachlässigen Sie Luftreibung.
- Welche Höhe $s(t_B)$ hat die Rakete nach der Brennzeit erreicht?

Hinweis: Substituieren Sie $1 - \frac{rt}{M_i} = x$ und verwenden Sie $\int \ln x dx = x \ln x - x$.

5. [3 Punkte] Eindimensionaler, elastischer Stoß: Swing-by

Die sogenannte swing-by-Technik wird benutzt, um die Energie einer interplanetaren Sonde durch den dichten Vorbeiflug an einem großen Planeten zu erhöhen. Eine Raumsonde nähert sich aus großer Entfernung mit $v_1 = 4.8 \text{ km/s}$ dem Planeten Saturn, der ihr mit $v_2 = 9.6 \text{ km/s}$ entgegenkommt (Geschwindigkeiten im ruhenden Inertialsystem der Sonne). Wegen der Anziehungskraft zwischen Saturn und Sonde schwingt die Sonde um den Planeten herum und rast schließlich in großer Entfernung mit einer Geschwindigkeit v'_1 in entgegengesetzte Richtung davon.



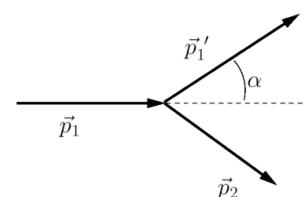
- Fassen Sie diesen Vorgang als elastischen Stoß in einer Dimension auf, wobei die Saturnmasse wesentlich größer als die der Raumsonde ist. Berechnen Sie die Geschwindigkeit v'_1 !

Hinweis: Die Aufgabe lässt sich leicht berechnen, wenn Sie sich auf den Saturn stellen und sich die Rakete als Flummi vorstellen, der auf die Saturnoberfläche fällt.

- Um welchen Faktor erhöht sich die kinetische Energie der Sonde?
- Woher kommt die zusätzliche kinetische Energie der Raumsonde?

6. [5 Punkte] Zweidimensionaler, teilelastischer Stoß

Eine Kugel mit der Masse m_1 fliegt geradlinig mit der Geschwindigkeit v_1 und stößt auf eine ruhende Kugel mit der Masse m_2 . Bei diesem teilelastischen Stoß geht ein Teil der kinetischen Energie beim Stoßvorgang verloren. Nach dem Stoß beträgt die Gesamtenergie $W_{\text{nach}} = \mu \cdot W_{\text{vor}}$. Die Kugel der Masse m_1 fliegt nach dem Stoß unter einem Winkel α relativ zur ursprünglichen Bewegungsrichtung.



Bestimmen Sie Betrag und Richtung der Endgeschwindigkeiten v'_1 und v'_2 der beiden Kugeln ($v_1 = 5 \text{ m/s}$; $m_1 = 40 \text{ g}$; $m_2 = 35 \text{ g}$; $\alpha = 30^\circ$; $\mu = 0,8$).

7. [2 Punkte] Experimente am Kölner 10 MV FN-Tandem-Beschleuniger

In den Kellerlaboren des Kölner Instituts für Kernphysik stehen zwei Teilchenbeschleuniger mit jeweils 6 MV und 10 MV Terminalspannungen zur Verfügung. An der größeren Maschine (s. Abbildung) können Protonen auf eine Energie von 20 MeV beschleunigt werden, was einem $\beta = v/c \approx 0.2$ entspricht, wobei c die Lichtgeschwindigkeit ist. Nehmen Sie an, dass hier ein Proton der Masse m_p zentral und elastisch auf einen Atomkern der Masse m_K stößt. Rechnen Sie zur Vereinfachung nicht-relativistisch.



a) Zeigen Sie, dass für die kinetische Energie des Kerns gilt:

$$E_{\text{kin,K}} = \frac{4m_{\text{p}}m_{\text{K}}}{(m_{\text{p}} + m_{\text{K}})^2} \cdot E_{\text{kin,p}}$$

Hier ist $E_{\text{kin,p}}$ die kinetische Anfangsenergie des Protons.

b) Zeigen Sie weiterhin, dass für den anteiligen Energieverlust des Protons bei diesem Stoß gilt:

$$\frac{-\Delta E_{\text{kin,p}}}{E_{\text{kin,p}}} = 4 \cdot \frac{m_{\text{p}}}{m_{\text{K}} \left(1 + \frac{m_{\text{p}}}{m_{\text{K}}}\right)^2}$$

Hinweis: Demnächst werden im Rahmen der Vorlesungen Führungen zu den beiden Beschleunigern in Kleingruppen angeboten.

Erreichbare Gesamtpunktzahl: 20

Freiwillige Zusatzaufgabe:

(keine Besprechung in der Übungsstunde und keine Bewertung mit Punkten)

Weshalb hängt ein Bild schief?

Wenn Sie ein Bild an einer kurzen Schnur aufhängen, wird es wahrscheinlich schief hängen. Was ist die Ursache für diese Instabilität? Eine Möglichkeit zur Stabilisierung besteht darin, die Schnur am Nagel festzubinden oder zwei, ausreichend weit voneinander entfernte Nägel zu benutzen. Gibt es noch eine andere Möglichkeit?

Weitere interessante Fragestellungen wie diese finden Sie in J. Walker „Der fliegende Zirkus der Physik“

Tutorium zur Experimentalphysik I

Ein Tutorium zur Experimentalphysik I ist eingerichtet worden. Dieses findet jeden Donnerstag von 14:00-15:30 Uhr im Seminarraum der Kernphysik statt und wird von Rosa-Belle Gerst gehalten. Dieses Angebot können Sie wahrnehmen, um zusätzlich Fragen zur Experimentalphysik I außerhalb der Vorlesung, des Übungsbetriebs oder des direkten Kontakts mit Ihren Übungsleiter*innen zu stellen.

Mehr Informationen: <http://fs-physik.uni-koeln.de/angebote/tutorien/>

Information der Fachschaft Physik

„In der Woche vom 12.-16.12.2016 wird an der Universität gewählt. Angesichts dessen veranstaltet die Fachschaft am Donnerstag, 08.12.2016 um 12 Uhr, Hörsaal III, eine Vollversammlung. Dort erfährt Ihr alles über die Wahlen: Was wird gewählt? Wer steht zur Wahl? Warum ist das wichtig? Außerdem werden die studentischen Vertreter*innen einiger physikinterner Gremien vor Ort auf der Vollversammlung gewählt.“