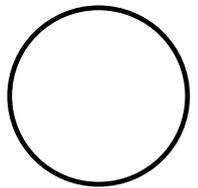


Vor- und Nachname Tutor/in:

Vor- und Nachnamen  
der Gruppenmitglieder:



Buchstabe des Tutoriums

Klassische Experimentalphysik I

Übungsblatt 7

WS 2017/2018

Heften Sie die Blätter zur Abgabe zusammen und tragen Sie auf jedem Blatt den Nachnamen Ihres Tutors und Ihre Namen ein. Auf das erste Blatt schreiben Sie bitte die kompletten Namen und den Buchstaben Ihres Tutoriums groß in einen Kreis. Rechnen Sie die Aufgaben maximal zu dritt. Geben Sie für alle Größen eine sinnvolle Anzahl signifikanter Stellen und die richtigen physikalischen Einheiten an.

Abgabe bis Mo, 11. Dezember, 11:15 Uhr im Erdgeschoss von Geb. 30.23 (Physikhochhaus)  
Besprechung Mi, 13. Dezember im Tutorium  
Beratungstutorium: Teilnahme bitte bis Donnerstag 12:00 anmelden unter [sabine.engelhardt@kit.edu](mailto:sabine.engelhardt@kit.edu)  
(Wenn mindestens einer schreibt, findet es statt. Das steht dann im Ilias-Forum.)

1. *Rakete*

(6 Punkte)

Ein Raumschiff mit Astronauten für eine Mondmission befinde sich zunächst auf einem stabilen Erdparkorbit in einer Höhe von 200 km. Von dort soll es durch Zünden einer Antriebsstufe (Rakete) auf Fluchtgeschwindigkeit gebracht werden, um die Erdanziehungskraft zu überwinden. Die Nutzlast betrage  $m_N = 30$  t, die Masse der Raketenstruktur  $m_R = 20$  t. Der Treibstoff habe eine Ausströmgeschwindigkeit von  $v_{rel} = 5$  km/s und werde gleichmäßig über einen Zeitraum von 100 s verbrannt.

- Zur Wiederholung (vgl. V08 + V09): Um welchen Betrag  $\Delta v$  muss die Geschwindigkeit des Raumschiffs erhöht werden, um aus dem Erdparkorbit auf Fluchtgeschwindigkeit zu kommen?
- Welche Masse an Treibstoff  $m_t$  wird benötigt, falls die Beschleunigung senkrecht zur Erdanziehungskraft erfolgt (die Fallbeschleunigung hat daher keinen Einfluss auf den Betrag der Geschwindigkeit und muss nicht weiter berücksichtigt werden)?
- Begründen Sie, warum man mit einer mehrstufigen Rakete im Vergleich zu einer einstufigen Rakete Treibstoff sparen kann.
- Nehmen wir an, es gäbe zwei Brennstufen der Masse  $m_R/2$ . Die erste Stufe enthalte  $m_1 = 20$  t Treibstoff und werde ohne Impulsübertrag abgetrennt, bevor die zweite Brennstufe zündet. Wie viel Treibstoff  $m_2$  muss die zweite Stufe dann noch enthalten?

2. *Inelastischer Stoß*

(4 Punkte)

Für eine Krimiserie werde folgender Autounfall nachgestellt. Ein Kleinwagen der Masse  $m_1 = 950$  kg stoße mit Geschwindigkeit  $v_1$  in x-Richtung ungebremst mit einem SUV der Masse  $m_2 = 2,2$  t zusammen, das unmittelbar vor der Kollision die Geschwindigkeit  $v_2$  in y-Richtung hat. Der Kleinwagen verformt sich und verkeilt sich mit dem SUV. Beide rutschen gemeinsam in einem Winkel von  $\theta = 30^\circ$  zu y-Achse noch  $s = 12$  m weiter, bevor sie zum Stehen kommen. Die Spezialistin im Film bestimmt den Gleitreibungskoeffizienten zwischen Reifen und Fahrbahn zu  $\mu = 0,4$  und schließt daraus, dass der Kleinwagen mit überhöhter Geschwindigkeit unterwegs war.

- Wie hoch waren die Geschwindigkeiten  $v_1$  und  $v_2$  unmittelbar vor der Kollision?
- Wie viel Energie  $W$  ist bei der Kollision in nicht-kinetische Energie (Verformung, Wärme, Schall und ähnliches) umgewandelt worden?

3. *Luftkissenbahn*

(5 Punkte)

In der Vorlesung wird ein Stoßexperiment auf einer Luftkissenbahn durchgeführt, bei dem ein Gleiter der Masse  $m_1$  auf einen ruhenden Gleiter der Masse  $m_2$  trifft. Die Geschwindigkeiten vor und nach dem Stoß werden aus Zeitmessungen über Lichtschranken ermittelt: Es werden die Verdunklungszeiten in ms durch die 10 cm langen Streifen auf den Gleitern gemessen. Hierbei wird eine Messreihe mit verschiedenen Massen für elastische und inelastische Stöße durchgeführt. Suchen Sie aus den Vorlesungsfolien im Ilias die zu den Teilaufgaben passenden Messwerte heraus.

- a) Bestimmen Sie das Massenverhältnis  $\gamma = m_1/m_2$  zwischen rollendem und ruhendem Gleiter für die Messungen, bei denen unterschiedlich schwere Gleiter eingesetzt werden. Führen Sie die Rechnung für sämtliche durchgeführte Messungen mit *inelastischem* Stoß durch und berechnen Sie den Mittelwert.
- b) Die Elastizitätszahl  $e = v_{\text{nachher}}/v_{\text{vorher}}$  ist das Verhältnis der Relativgeschwindigkeiten der beiden Gleiter nach und vor dem Stoß. Sie ist 0 für einen inelastischen Stoß und 1 für einen vollkommen elastischen Stoß. Berechnen Sie die Elastizitätszahl für sämtliche durchgeführten elastischen Stöße. Begründen Sie eine mögliche Abweichung von  $e = 1$ .

4. *Zentraler Stoß*

(6 Punkte)

Zwei direkt übereinanderliegende Bälle unterschiedlichen Durchmessers  $d_1 = 5 \text{ cm}$  und  $d_2 = 20 \text{ cm}$  fallen aus  $h = 2 \text{ m}$  Höhe (untere Kante des unteren Balls) mit einer Anfangsgeschwindigkeit  $v = 0$  gemeinsam zu Boden. Der untere Ball habe eine Masse von  $m_2 = 0,5 \text{ kg}$ , der obere Ball eine Masse von  $m_1 = 10 \text{ g}$ . Der untere Ball wird zentral elastisch vom Boden zurück gestoßen, der obere Ball wiederum zentral elastisch vom unteren Ball.

- a) Nehmen wir zunächst an, das Experiment würde mit jedem Ball einzeln aus der jeweils gleichen Höhe durchgeführt. Welche Höhen  $h_1$  und  $h_2$  (jeweils Mittelpunkt der Bälle) erreicht dann jeder Ball nach der Reflexion am Boden?
- b) Berechnen Sie die Geschwindigkeit  $v_1$  des oberen Balles direkt nach dem Stoß in der Konfiguration, in der beide Bälle übereinanderliegend losgelassen werden. Welche Höhe  $h_1$  erreicht der obere Ball?
- c) Vergleichen Sie die exakten Lösungen für  $v_1$  und  $h_1$  mit den Näherungslösungen für  $m_2 \gg m_1$ .

