

Physik im Querschnitt (nicht vertieft)

Übungsblatt Mechanik

WS2018/19

Pupeza/Nubbemeyer

16.10.2018

Aufgabe 1

Straßenverkehr

- a) Ein PKW überholt auf einer geraden Straße einen Kleinbus. Beide fahren jeweils mit einer konstanten Geschwindigkeit. Die Geschwindigkeit des PKW beträgt $v_{PKW} = 72\text{km/h}$, die des Kleinbusses beträgt $v_{Bus} = 56\text{km/h}$. Zum Überholvorgang wechselt der PKW auf die linke Fahrbahn, sobald sein Abstand zum Kleinbus 15m beträgt. Abschließend wechselt er wieder auf die rechte Fahrbahn, sobald er sich 10m vor dem Kleinbus befindet. Berechnen Sie die Länge der Strecke Δs , die der PKW auf der linken Fahrbahn verbringt! Vernachlässigen Sie die Fahrzeuglängen! (5 Punkte)
- b) Beim Überholvorgang aus Teilaufgabe (a) soll nun zusätzlich ein entgegenkommender LKW berücksichtigt werden. Beim Anfang des Überholvorgangs betrage seine Entfernung zum überholenden PKW 225m , und die LKW-Geschwindigkeit v_{LKW} sei ebenfalls konstant. Berechnen Sie, wie hoch die LKW-Geschwindigkeit maximal sein darf, damit es gerade nicht zum Zusammenstoß kommt! (Ersatzlösung von Teil (a): der PKW verbringe 110m auf der Gegenfahrbahn.) (5 Punkte)
- c) Ein Auto durchfährt mit konstanter Geschwindigkeit eine Kurve mit einem Kurvenradius r_K vom $10,5\text{m}$. der Haftreibungskoeffizient μ_0 beträgt auf trockener Straße $\mu_{0,trocken} = 1$. Auf glatter Straße gilt $\mu_{0,glatt} = 0,2$. Bestimmen Sie für beide Fälle die Maximalgeschwindigkeit in km/h , mit der die Kurve ohne Rutschen durchfahren werden kann! Vernachlässigen Sie hierbei die Massenverteilung des Autos! (4 Punkte)
- d) Im Gegensatz zu PKWs erreichen z.B. Formel-1-Fahrzeuge in Kurven Querbeschleunigungen deutlich über 1 G . Hierzu sind an diesen Fahrzeugen Spoiler angebracht. Nennen Sie den physikalischen Grund, wodurch diese Spoiler die erhöhte Querbeschleunigung ermöglichen! (2 Punkte)
- e) Ein Fahrzeug der Masse $m = 1500\text{kg}$ beschleunige von Stillstand auf die Geschwindigkeit $v = 25\text{km/h}$. Nehmen Sie als Näherung an, dass die Leistung konstant $P = 15\text{kW}$ beträgt und vernachlässigen Sie Roll- und Luftwiderstand! Bestimmen Sie die erforderliche Zeit für diesen Beschleunigungsvorgang! (4 Punkte)

Aufgabe 2

Schiefer Schuss

Ein Kind möchte seinen Ball mit dem Fuß über einen 6 m hohen Zaun schießen und ist 20 m vom Zaun entfernt. Der Ball fliegt nach dem Schuss unter einem Winkel von 45° vom Boden weg und direkt auf den Zaun zu. Vernachlässigen Sie jede Art von Reibung.

- a) Berechnen Sie die Mindestgeschwindigkeit des Balls, die er benötigt um über den Zaun zu kommen. Leiten Sie dazu die Bahngleichung des Balls her. (Ersatzlösung: $v_0 = 17\text{m/s}$) (6 Punkte)

Der Ball wird mit der Mindestgeschwindigkeit aus a) abgeschossen.

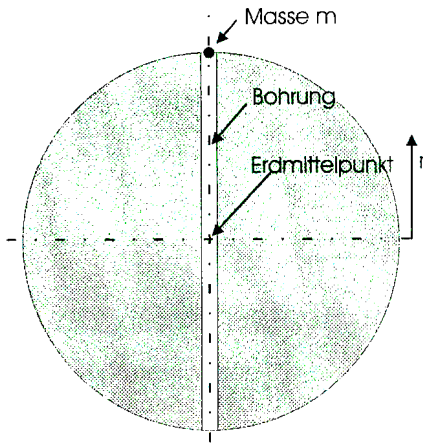
- b) Berechnen Sie, in welcher Entfernung vom Zaun der Ball auf den Boden trifft. (3 Punkte)
- c) Berechnen Sie die Höhe, bei der der Ball auf den Zaun trifft, wenn der Winkel beim Abschuss nur 30° beträgt, die Anfangsgeschwindigkeit aber gleich bleibt. (2 Punkte)
- d) Nehmen Sie an, dass der Ball (Abschusswinkel 30°) auf dieser Höhe elastisch gegen einen Zaunpfosten stößt, dessen Masse sehr groß gegenüber der Masse des Balls ist. Berechnen Sie den Auftreffwinkel und die Entfernung vom Zaun, bei der der Ball auf dem Boden aufkommt. (6 Punkte)
- e) Erläutern Sie qualitativ, wodurch eine Rotation des Balls die Flugbahn zum Zaun verlängern oder verkürzen kann. (3 Punkte)

Aufgabe 3

Erdbohrung

Das Innere der Erde sei kalt und fest. Es ist daher vorstellbar, sie durch ihren Mittelpunkt hindurch bis zur gegenüberliegenden Seite zu durchbohren (siehe Abbildung). Die Erde wird daher als exakt kugelförmig und ruhend angenommen. Außerdem wird ihre Dichte als homogen vorausgesetzt. Nehmen Sie an, dass eine solche Bohrung realisiert worden ist und eine punktförmige Masse m reibungsfrei von der Oberfläche aus in die Bohrung fällt.

- Wie groß ist die Kraft, die auf die Masse m wirkt, wenn sie sich exakt im Mittelpunkt der Erde befindet? Begründen Sie Ihre Antwort (ohne Rechnung)! (2 Punkte)
- Geben Sie einen Ausdruck für die Gravitationskraft als Funktion des Abstandes vom Mittelpunkt der Erde an, die auf die Masse m wirkt. Skizzieren Sie deren Verlauf von $r = 0$ bis zum Doppelten des Erdradius ($2r_E$)! (7 Punkte)
- Wird die Masse a der Oberfläche der Erde losgelassen, so fällt sie (es gibt keine Reibungsverluste) durch die Bohrung bis zur anderen Seite und kommt dort an der Oberfläche wieder zum Stillstand. Begründen Sie, warum das so ist! Wird nicht eingegriffen, dann schwingt die Masse m in der Bohrung von einer Seite der Erde zur anderen. Stellen Sie die Bewegungsgleichung auf und berechnen Sie damit die Schwingungsdauer T der Schwingung! (7 Punkte)
- Wie muss die Bewegungsgleichung aus c) modifiziert werden, wenn auf die schwingende Masse m eine konstante Reibungskraft $F_{V_{verlust}}$ wirkt? Argumentieren Sie, ob und wie sich die Schwingungsdauer ändert! (4 Punkte)

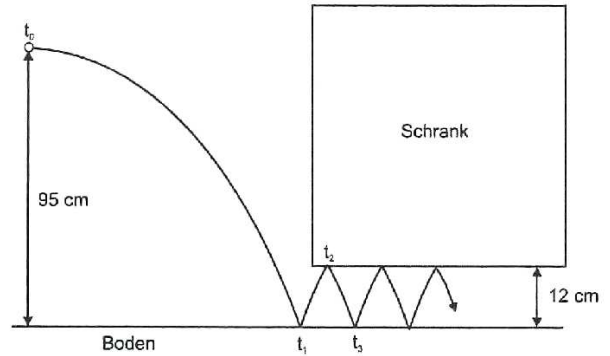


Aufgabe 4

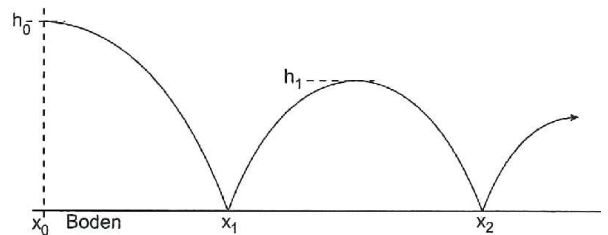
Spaß mit Flummis

Ein Flummi (Gummiball, Durchmesser 1,5 cm) wird horizontal in einer Höhe von 95 cm (Fallhöhe) geworfen.

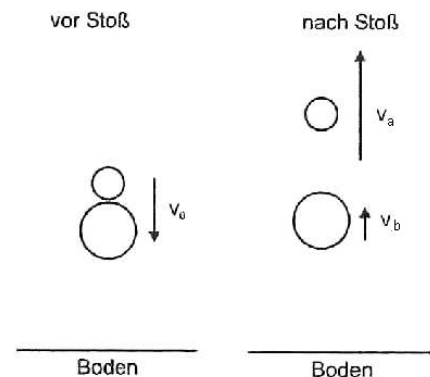
- a) Der Flummi kommt kurz vor einem Schrank auf dem Boden auf und springt dann mehrmals schnell in dem 12 cm hohen Raum zwischen Fuß- und Schrankboden auf und ab. Alle Stöße sind vollkommen elastisch. Berechnen Sie die Zeit zwischen zwei Reflexionen zuerst näherungsweise unter der vereinfachenden Annahme, dass die Geschwindigkeit sich nach dem ersten Aufprall am Boden nicht ändert. Führen Sie dann eine genaue Berechnung der Flugzeiten zwischen Fuß- und Schrankboden durch. Sind die Zeiten zum Hochfliegen und zum Herunterfliegen gleich lang? Begründung! (6 Punkte)



- b) Betrachten Sie jetzt den nicht vollkommen elastischen Fall (aber ohne Schrank). Der Ball wird wieder aus der Anfangsfallhöhe $y = 95 \text{ cm}$ bei $x = 0$ horizontal abgeworfen. Die horizontale Anfangsgeschwindigkeit beträgt $1,2 \text{ m/s}$. Bei dem nicht elastischen Stoß (Reflexion des Balls am Fußboden) reduzieren sich Vertikal- und Horizontalgeschwindigkeit um jeweils 10% . Berechnen Sie die Positionen der ersten vier Scheitel- und Auftreffpunkte h_1 bis h_4 und x_1 bis x_4 . (7 Punkte)



- c) Der sogenannte Astro-Blaster ist ein Stapel aus mehreren vor Stoß nach Stoß Flummis, die senkrecht übereinander angeordnet sind. Beim Rückprall vom Boden wird der oberste, kleinste Flummi stark beschleunigt. Betrachten Sie hier den vereinfachten Fall von zwei Flummis. Der untere, schwerere Flummi wiege 20 g , der obere 10 g . Beide werden gemeinsam in einer Anfangshöhe von 95 cm fallen gelassen. Berechnen Sie die Geschwindigkeit des leichteren Flummis nach der Reflexion vom Boden und die Höhe, bis zu der er springt. In dieser Teilaufgabe seien alle Stöße vollkommen elastisch und der unterschiedliche Durchmesser der Flummis darf vernachlässigt werden, d.h. die Flummis werden als punktförmige Massen angenommen.



Hinweis: Betrachten Sie das Auftreffen des unteren Flummis am Boden und den Stoß mit dem oberen als aufeinander folgende Prozesse. (7 Punkte)

Aufgabe 5

Jumbo-Jet

Ein Jumbo-Jet mit der Masse $M = 320 \text{ t}$ beschleunigt beim Start aus der Ruhe heraus gleichmäßig, sodass er nach der Zeit $T = 51 \text{ s}$ mit der Geschwindigkeit $v_s = 310 \text{ km/h}$ abhebt.

- a) Berechnen Sie die Beschleunigung, die dazu notwendige Kraft und die Länge der Startstrecke!
(Ersatzlösung für die Kraft: $F = 500 \text{ kN}$) (3 Punkte)
- b) Der Hersteller der vier Triebwerke gibt an, dass jedes von ihnen beim Start eine Schubkraft $F_s = 220 \text{ kN}$ liefert. Berechnen Sie die von einem Triebwerk pro Zeiteinheit mit der Relativgeschwindigkeit $v = 3000 \text{ m/s}$ ausgestoßene Masse! (2 Punkte)
- c) Die Fläche der beiden Tragflügel beträgt zusammen $A = 520 \text{ m}^2$. Berechnen Sie die Kraft nach oben, die bei der Reisegeschwindigkeit $v_R = 900 \text{ km/h}$ durch Reflexion des Luftstroms auf die untere Tragfläche entsteht, wenn diese um $\alpha = 10^\circ$ gegen den Luftstrom geneigt ist! (Dichte der Luft in Flughöhe: $\rho = 0.85 \text{ kg/m}^3$) (4 Punkte)
- d) Berechnen Sie die Kraft nach oben, wenn die Strömungsgeschwindigkeit entlang der Tragflügelfläche auf deren Unteseite der Reisegeschwindigkeit entspricht und auf der Oberseite um den Faktor $f = 1,15$ höher ist! (4 Punkte)
- e) Beim Landeanflug mit der Geschwindigkeit $v_L = 210 \text{ km/h}$ verliert das Flugzeug ein Rad des Fahrgestells, sodass dieses ohne zu rotieren mit praktisch horizontaler Geschwindigkeit v_L auf der Landebahn aufsetzt. Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Rads, wenn es schließlich (ohne mehr zu rutschen) rollt! Nehmen Sie dazu das Rad als Scheibe mit homogen verteilter Masse an und verwenden Sie den Drehimpuls des Rads bzgl. seines Auflagepunktes bei der ersten Bodenberührung und beim Rollvorgang! (7 Punkte)

Aufgabe 6

Viskositätsmessung

Die Viskosität η von zähen Flüssigkeiten soll mit einem Kugelfallviskosimeter (siehe Abbildung) bestimmt werden. Dabei wird die Fallzeit von kleinen Kugeln nach Erreichen einer stationären Geschwindigkeit gemessen.

- Welches Gesetz beschreibt die Reibung einer Kugel im viskosen Medium bei kleinen Geschwindigkeiten und wie lautet es? (1 Punkt)
- Geben Sie die Kräfte und die resultierende Kraft mit ihren Richtungen an, welche auf eine Kugel vom Radius r und der Dichte ρ_K in einer Flüssigkeit der Dichte ρ_{Fl} wirken. (4 Punkte)
- Berechnen Sie die stationäre Geschwindigkeit v_0 . Welcher Wert ergibt sich für v_0 , wenn die Flüssigkeit die Viskosität $\eta = 1,5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ und die Dichte $\rho = 1,26 \text{ g/cm}^3$ besitzt (Glycerin) und die Dichte der Kugel $\rho_K = 2,7 \text{ g/cm}^3$ (Aluminium) und der Kugelradius $r = 0,5 \text{ mm}$ sind? (5 Punkte)
- Der Grenzwert v_0 der Geschwindigkeit wird nie wirklich erreicht. Zeigen Sie, dass die Geschwindigkeit folgenden Zeitverlauf hat: $v(t) = v_0 \cdot [1 - \exp(-Bt)]$ mit $B = \frac{9}{2} \frac{\eta}{\rho_K r^2}$. Berechnen Sie dazu die zeitliche Entwicklung der Geschwindigkeit $v(t)$ aus der Newtonschen Bewegungsgleichung für die Kugel im viskosen Medium (siehe Abbildung). (5 Punkte)
- Im Experiment befindet sich die Kugel knapp über der Oberfläche (bei $z = 0$) in Ruhe und wird losgelassen. Berechnen Sie die Zeit, zu der 99% der Endgeschwindigkeit erreicht sind, und schätzen Sie ab, welchen Weg die Kugel bis zu diesem Zeitpunkt zurücklegt. (5 Punkte)

