

Wiederholungsklausur

Vorname: _____ Nachname: _____

Matrikelnummer: _____

Studiengang: Chemie Biologie Lehramt Sonstiges: _____

- Bitte schreiben Sie Ihren Namen auf jede Seite und legen Sie Ihren Lichtbildausweis bereit.
- Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner, zwei beidseitig beschriebene DIN A4 Blätter, Wörterbuch
- Bearbeitungszeit: 120 min
- Ergebnisse bitte nur auf die Aufgabenblätter (ggf. auch die Rückseiten beschreiben).
- Viel Erfolg!

Aufgabe	Erreichte Punkte	Mögliche Punkte
1		30
2		20
3		20
4		15
5		15
Σ		100

Einige nützliche Konstanten

Gravitationskonstante $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$

Erdbasse $M_E = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

Erdradius $R_E \approx 6400 \text{ km}$

Dichte von Luft bei Normaldruck und $T = 20^\circ\text{C}$: $1,2 \text{ kg/m}^3$

Dichte von Wasser bei Normaldruck und $T = 20^\circ\text{C}$: 1000 kg/m^3

Normaldruck: $1 \text{ atm} = 1013 \text{ mbar} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Avogadro-Konstante: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Boltzmann-Konstante: $k_B = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

Gas-Konstante: $R = 8,314 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

$1 \text{ cal (Kalorie)} = 4,1868 \text{ J}$

Name: _____

Aufgabe 1

Verständnisfragen (30 Punkte). Geben Sie kurze Antworten (1-2 Sätze, bzw. kurze Rechnung, bzw. einfache Skizze) auf die folgenden Fragen.

- a) Die folgenden Gleichungen geben die Position $x(t)$ eines Teilchens in drei verschiedenen Situationen an. In welchen Fällen handelt es sich um **gleichmässig beschleunigte Bewegung**?

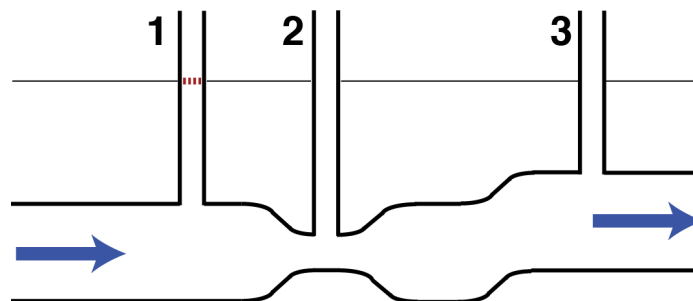
(1) $x(t) = -5t^3 + 3t^2 + 8$

(2) $x(t) = 2/t^2 - 4/t$

(3) $x(t) = 5t^2 - 3$

- b) **Volumenausdehnung.** Sie haben bei 20°C im Labor ein 100 ml großes Becherglas randvoll mit Ethanol gefüllt. Jetzt scheint die Sonne und das Labor wärmt sich auf 40°C auf. Wie viel Ethanol läuft über? Der thermische Volumenausdehnungskoeffizient von Ethanol ist $\beta = 1,40 \cdot 10^{-3} /^\circ\text{C}$. Sie können Randeffekte und die thermische Ausdehnung des Gefäßes vernachlässigen.

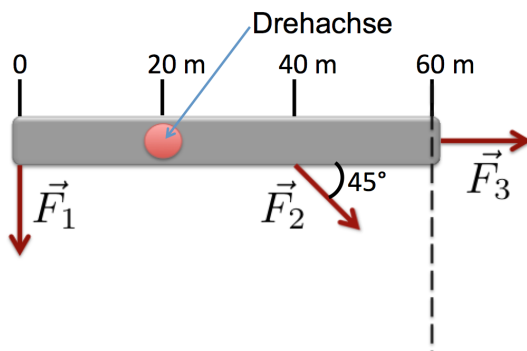
- c) **Strömung im Rohr.** Die Skizze unten zeigt ein Rohr, in dem ein inkompressibles und reibungsfreies Fluid von links nach rechts strömt und mit dem drei Steigrohre (1, 2 und 3) verbunden sind. Die gestrichelte Linie markiert die Höhe des Fluides in Steigrohr 1. Zeichnen Sie (schematisch) die Höhe des Fluides in den Steigrohren 2 und 3 ein.



Name: _____

- d) **Interferenz von Wellen.** Zwei Wellen gleicher Amplitude und Wellenlänge interferieren in drei verschiedenen Situationen und erzeugen dabei resultierende Wellen, die durch die unten angegebenen Gleichungen beschrieben werden. Geben Sie für jede der resultierenden Wellen (1), (2) und (3) an, ob die beiden ursprünglichen Wellen sich (a) in positive x -Richtung, (b) in negative x -Richtung, oder (c) in entgegengesetzte Richtungen ausgebreitet haben?
- (1) $y_{Ges}(x, t) = 4 \sin(5x - 4t)$
(2) $y_{Ges}(x, t) = 4 \sin(5x) \cdot \cos(4t)$
(3) $y_{Ges}(x, t) = 4 \sin(5x + 4t)$

- e) **Drehmomente.** Die Skizze unten zeigt einen Balken mit Längenangaben, der sich um den markierten Punkt frei drehen kann, d.h. die Drehachse steht senkrecht auf der Papierebene und befindet sich bei 20 m. Für die Beträge der eingezeichneten Kräfte gilt $F_1 = F_2 = F_3 = 20$ N. Ordnen Sie die Kräfte nach dem Betrag des Drehmoments, das sie bezüglich der eingezeichneten Drehachse bewirken, beginnend mit dem größten Wert.



- f) **Hebel.** Wir betrachten wieder den Balken aus der letzten Teilaufgabe, auf den die drei Kräfte \vec{F}_1 , \vec{F}_2 , und \vec{F}_3 wirken. Was für eine Kraft muss entlang der gestrichelten Linie (bei "60 m") wirken (Betrag und Richtung), damit der sich anfänglich in Ruhe befindliche Balken nicht dreht?

Name: _____

- g) *Dr. Stap* misst, dass sein Raketenschlitten eine Teststrecke von $30,0 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$ in $0,80 \text{ s} \pm 0,01 \text{ s}$ durchfährt. Was ist die mittlere Geschwindigkeit für diesen Abschnitt? Was ist der Messfehler unter der Annahme Gaußscher Fehlerfortpflanzung?
- h) Der kürzlich entdeckte, Erd-ähnliche **Exoplanet** *Trappist-1e* hat eine Masse die halb so groß ist wie die Erdmasse und den gleichen Radius wie die Erde. Was ist die lokale Schwerkbeschleunigung g auf der Oberfläche des Exoplaneten *Trappist-1e*?
- i) **Temperaturskalen.** Ein amerikanischer Kollege hat Ihnen ein Laborprotokoll geschickt, in dem ein Substrat auf $400 \text{ }^\circ\text{F}$ aufgeheizt werden soll. Rechnen Sie diese Angabe in $^\circ\text{C}$ und K um.
- j) **Stichprobenfehler.** Sie haben in einer Studie den systolischen Blutdruck einer Reihe von Probanden zu $120 \pm 12 \text{ mmHg}$ (Mittelwert \pm Standardabweichung) bestimmt. Wie viele Probanden benötigen Sie in Ihrer Studie, damit der Stichprobenfehler ("standard error of the mean") maximal 1 mmHg ist?

Name: _____

Aufgabe 2

Bungee-Jump (20 Punkte). Ein 80 kg schwerer Bungee-Jumper springt von der 190 m hohen Europabrücke. Wir wollen im folgenden Reibung und die Masse des Bungee-Seils vernachlässigen. Beim Absprung lässt sich der Bungee-Jumper einfach von der Brücke fallen, so dass seine Anfangsgeschwindigkeit Null ist.

a) Das (ungedehnte) Bungee-Seil habe eine Länge von 50 m, so dass der Springer zunächst 50 m frei fällt. Was ist seine Geschwindigkeit, wenn sich das Seil nach genau 50 m zu dehnen beginnt?

b) Wie muss die Federkonstante des Seils gewählt werden, damit der Springer genau über der Wasseroberfläche des unter der Brücke fließendes Flusses (190 m unterhalb der Brücke) zum Stillstand kommt? Das gedehnte Seil kann als Hookesche Feder genähert werden.

Name: _____

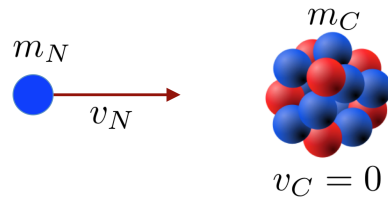
c) Wie groß ist die Beschleunigung, die auf den Springer am tiefsten Punkt des Sprunges wirkt?

d) Zeichnen sie eine (qualitative) Skizze der Geschwindigkeit des Springers als Funktion der Zeit, vom Zeitpunkt des Absprungs bei $t = 0$ oben auf der Brücke bis zum Zeitpunkt, dass er den tiefsten Punkt erreicht.

Name: _____

Aufgabe 3

Neutronenstreuung (20 Punkte). Ein Neutron der Masse $m_N = 1$ Da (wobei Da oder "Dalton" die atomare Masseinheit ist; $1 \text{ Da} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$) mit einer Geschwindigkeit $v_N = 2,2 \text{ km/s}$ stößt zentral und vollständig elastisch mit einem in Ruhe befindlichen Kohlenstoffkern der Masse $m_C = 12$ Da zusammen, siehe Abbildung. Die anfängliche Geschwindigkeit des Neutrons zeigt in die positive x -Richtung.



a) Was ist die Geschwindigkeit (Betrag und Richtung) des Neutrons nach dem Stoß?

b) Was ist die Geschwindigkeit (Betrag und Richtung) des Kohlenstoffkerns nach dem Stoß?

Name: _____

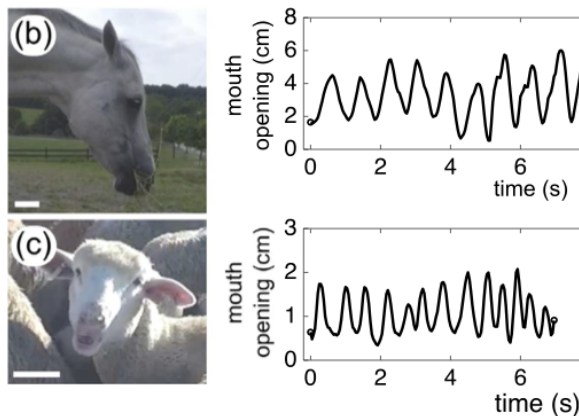
- c) Was ist die kinetische Energie des Neutrons vor ($E_{kin,N}$) und nach ($E'_{kin,N}$) dem Stoß?
- d) Was ist die kinetischen Energie des Kohlenstoffkerns ($E'_{kin,C}$) nach dem Stoß?
- e) Warum entspricht die kinetischen Energie des Kohlenstoffkerns nach dem Stoß ($E'_{kin,C}$) genau dem Energieverlust des Neutrons ($E_{kin,N} - E'_{kin,N}$)?
- f) Wie ändern sich der relative Energieverlust $(E_{kin,N} - E'_{kin,N}) / (E_{kin,N})$, wenn das Neutron statt mit dem Kohlenstoffkern mit einem in Ruhe befindlichen Deuteriumkern (mit Masse $m_D = 2 \text{ Da}$) zusammenstösst? Es reicht eine qualitative Antwort, ohne ausführliche Rechnung.

Name: _____

Aufgabe 4

Harmonisches Kauen (15 Punkte). Ein Forscherteam hat die Kaubewegungen von Landsäugetieren untersucht (Viro *et al.*, *Scientific Reports*, 2017). Die Abbildung unten zeigt experimentelle Daten zur Öffnung des Maules als Funktion der Zeit für ein Pferd mit Masse $M_P = 476$ kg (oben) und für ein Schaf mit Masse $M_S = 31$ kg (unten). Wir wollen die Kaubewegung als harmonische Schwingung nähern.

- a) Bestimmen Sie aus den gezeigten Daten die ungefähre Kaufrequenz des Pferdes f_P und des Schafes f_S . Was ist das Verhältnis f_P/f_S ?



- b) Was sind die Periodendauern der Kaubewegungen T_P und T_S ?

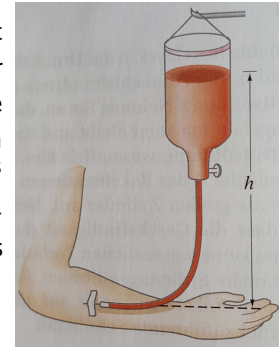
- c) Als einfaches Modell für die Kaubewegungen nehmen wir an, dass i) es sich um eine harmonische Schwingung des Kiefers handelt, ii) dass die Masse des Kiefers einem festen Anteil p der Gesamtmasse des Tieres entspricht ($M_{\text{Kiefer}} = p \cdot M_{\text{Tier}}$) und iii) dass die Kaumuskulatur eine lineare Rückstellkraft mit einer Federkonstante K ausübt, wobei p und K für alle Tiere gleich sind. Was ist die Vorhersage des Modells für das Verhältnis f_P/f_S ?

- d) Beschreibt das Modell die experimentellen Daten? Wie könnte man das Modell verbessern?

Name: _____

Aufgabe 5

Fluiddynamik im Krankenhaus (15 Punkte). Ein Patient benötigt dringend eine Bluttransfusion. Das Blut soll aus einem Infusionsbeutel über einen Schlauch und durch eine dünne Kanüle (Nadel) fließen, die in die Vene eingeführt ist (siehe Abbildung). Die Kanüle sei 4,0 cm lang und habe einen kreisförmigen Innendurchmesser von 0,4 mm. Dem Patienten sollen $4,0 \text{ cm}^3$ Blut pro Minute zugeführt werden. Die dynamische Viskosität von Blut beträgt $\eta_B = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$; die Dichte $\rho_B = 1,05 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. Der Fluss durch die Kanüle kann durch das Gesetz von Hagen-Poiseuille beschrieben werden und die Reibung des Fluides im Schlauch kann vernachlässigt werden.



a) Welche Druckdifferenz muss zwischen Anfang und Ende der Kanüle liegen, um die benötigte Flussrate zu erreichen?

b) In welcher Höhe h über dem Niveau der Kanüle muss der Infusionsbeutel aufgehängt werden, um die benötigte Flussrate zu erreichen? Der Infusionsbeutel ist oben offen und der Blutdruck in der Vene beträgt 2400 Pa über Atmosphärendruck.