Abschlussklausur

Name: ______________________________

Matrikelnummer: ______________________________

- 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 $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ m^3/(\mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}^2)$
Erdmasse $M_E = 5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg
Erdradius $R_E \approx 6400$ km
Dichte von Luft bei Normaldruck und T = 20°C: 1,2 $\mathrm{kg/m^3}$
Dichte von Wasser bei Normaldruck und T = 20°C: 1000 $\mathrm{kg/m^3}$
Normaldruck: 1 atm = 1013 mbar = $1{,}013 \cdot 10^5$ Pa
Avogadro-Konstante: $N_A = 6 \cdot 10^{23}\ \mathrm{mol}^{-1}$
1 cal (Kalorie) = 4,1868 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) Sie fahren mit 100 km/h auf einer Landstraße, als Sie plötzlich 55 m vor sich einen stehenden Traktor bemerken. Welche (als konstant angenommene und negative) Beschleunigung ist nötig, damit Sie gerade noch rechtzeitig vor dem Traktor zum Stehen kommen?

b) Welche als konstant angenommene Bremskraft ist für die Bremsung aus der letzten Teilaufgabe nötig? Wir nehmen an, dass das Auto (mit Insassen) insgesamt 1500 kg wiegt.

c) Wie groß muss der Gleitreibungskoeffizient zwischen Reifen und Straße sein, damit die Bremsung aus der letzten Teilaufgabe gelingt? Wir nehmen an, dass die Reifen während der gesamten Bremsung über die Straße gleiten.

d) Zwei gleiche Eimer sind genau bis zum Rand mit Wasser gefüllt. In einem der Eimer befindet sich nur Wasser, im anderen Eimer schwimmt zusätzlich ein Stück Holz. Welcher Eimer hat das größere Gewicht?

Name: ______________________________

e) Die Besatzung eines Raumschiffes, das sich mit 0,6 c (c ist die Lichtgeschwindigkeit) relativ zur Erde bewegt, meldet sich bei der Bodenstation auf der Erde für ein Schläfchen von genau 1,0 h ab. Wie lange dauert das Schläfchen im Bezugsystem der Erde?

f) **Pascalsches Paradoxon 1.** In seinem berühmten Versuch mit einem Fass hat *Blaise Pascal* ein langes dünnes Rohr mit einem Radius von 0,3 cm vertikal in ein Weinfass eines Durchmessers von 20 cm gesteckt (siehe Abbildung). Er stellte fest, dass das Fass platzte, als er das Rohr bis zu einer Höhe von 12 m mit Wasser gefüllt hatte. Was war die Masse der Flüssigkeit in dem dünnen Rohr in diesem Moment?

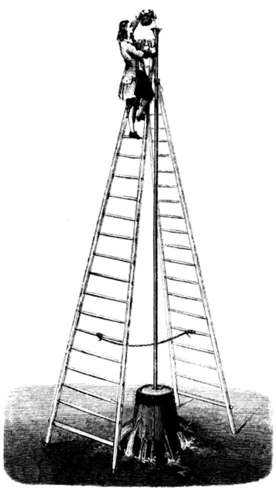


Fig. 45.—Hydrostatic paradox. Pascal's experiment.

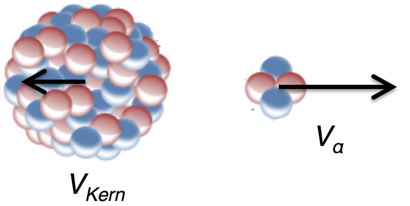
g) **Pascalsches Paradoxon 2.** Was ist die vom Wasser auf den Deckel des Fasses in der letzten Teilaufgabe ausgeübte Nettokraft direkt vor dem Platzen?

Name: ____________________

h) Ein Fischer bemerkt, dass sein Boot alle 4,0 s von einem 0,5 m hohen Wellenkamm (= Wellenmaximum) regelmässiger Wellen getroffen wird. Er schätzt den Abstand zwischen zwei Wellenkämmen auf 9,0 m. Wie schnell sind die Wellen?

i) Ein Tanker fährt vorbei und erzeugt eine große Welle mit einer maximalen Höhe von 2,0 m, die sich mit den gleichmässigen Wellen aus der letzten Teilaufgabe überlagert. Wie hoch ist der Wellenkamm der Gesamtwelle an der Stelle des Fischerbootes maximal? Wie hoch minimal? Sie können Reibungsverluste vernachlässigen.

j) Ein Atomkern in Ruhe zerfällt radioaktiv in ein α-Teilchen und einen kleineren Atomkern. Wie groß ist die Geschwindigkeit des Atomkernes nach dem Zerfall (siehe Abbildung), wenn die Geschwindigkeit des α-Teilchen $2{,}5 \cdot 10^5$ m/s beträgt? Nehmen Sie an, dass die Masse des Kerns nach dem Zerfall 57 mal größer ist als die des α-Teilchens.



Name: ____

Aufgabe 2

Planet Nine (20 Punkte). Zwei Astrophysiker vom *Caltech* machten im Januar 2016 mit der Ankündigung Schlagzeilen, einen weiteren Planeten in unserem Sonnensystem entdeckt zu haben. Dieser vorläufig *Planet Nine* genannte Planet soll eine Masse von 10 Erdmassen und einen Radius $R = 20\ 000$ km haben. Sie planen eine wissenschaftliche Mission zu diesem Planeten. Im Folgenden können Sie Reibungseffekte und die Gravitation anderer Himmelskörper vernachlässigen.

a) Nach Ankunft bei *Planet Nine* wollen Sie den Planeten zunächst auf einer Umlaufbahn umrunden. Stellen Sie eine Gleichung für die Umlaufdauer stabiler kreisförmigen Umlaufbahnen auf. Wie lange dauert eine Umrundung von *Planet Nine* in der sicheren Höhe von 100 km über seiner Oberfläche?

Name: ____

b) Nach Landung auf dem Planeten führen Sie wissenschaftliche Experimente durch, darunter auch das beliebte Experiment zum mathematischen Pendel. Was ist die Schwingungsdauer eines $L = 1$ m langen Pendels auf der Oberfläche von $Planet\ Nine$?

c) Nach dem Ende der Experimente wollen Sie den Planeten wieder verlassen. Was ist die Fluchtgeschwindikeit für $Planet\ Nine$, d.h. die Geschwindigkeit, die ausreichend ist, die Oberfläche des Planeten zu verlassen und seinem Gravitationsfeld vollständig („ins Unendliche") zu entkommen?

Name: ____

Aufgabe 3

Molekulardynamik (20 Punkte). In sogenannten Molekulardynamiksimulationen werden Atome als Punktmassen und chemische Bindungen als elastische Federn dargestellt. Wir betrachten hier ein Wasserstoffatom ($m_H = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg), das über eine Einfachbindung an ein wesentlich schwereres Molekül gebunden ist. Wir können hier die Bewegung des größeren Moleküls vernachlässigen und die Einfachbindung als harmonische Feder mit einer Federkonstante von (in den in Molekulardynamiksimulationen üblichen Einheiten) $k_H = 170$ Å$^{-2} \cdot$ kcal/mol annehmen.

a) Geben Sie den Wert der Federkonstante k_H in SI Einheiten an.

b) Was ist die Periodendauer der Schwingung des Wasserstoffatoms?

Name: ____

c) In Molekulardynamiksimulationen werden die Newtonschen Bewegungsgleichungen numerisch gelöst, indem man die Zeit in kleine Intervalle (sogenannte Intergrationszeitschritte) δt einteilt und für jeden Zeitschritt nacheinander die aktuellen Positionen der Atome berechnet. Als Faustregel muss man δt dabei so wählen, dass der Intergrationszeitschritt mindest 10 mal kleiner ist als die kürzeste Schwingungsperiode im simulierten System. Was für einen Intergrationszeitschritt muss man nehmen, wenn wir davon ausgehen, dass die oben berechnete Wasserstoffschwingung die kürzeste Schwingungsperiode im simulierten System ist (Falls Sie Teilaufgabe b nicht lösen konnten, rechnen Sie mit $T_H = 10$ fs weiter)? Wie viele Intergrationsschritte muss man berechnen, um insgesamt 1 ns zu simulieren? Wie viele Schritte um 1 s zu simulieren?

d) In Molekulardynamiksimulationen werden manchmal die Wasserstoffmassen auf einen höheren als den eigentlichen Wert gesetzt (z.B. auf $10 \cdot m_H$). Warum?

Name: ____

Aufgabe 4

Warmwasserdruck (15 Punkte). Wasser strömt durch die Rohre der Warmwasseranlage eines Hauses. Im Keller wird das Wasser mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,5 m/s und einem Druck von 3,0 bar durch das Hauptrohr der Anlage gepumpt, das einen Durchmesser von 4,0 cm hat. Sie können das Wasser in der Anlage als ideales Fluid annähern.

a) Wie lange dauert es, bis der gesamte Warmwasservorrat von 100 l einmal durch die Hauptleitung gepumpt wird?

b) In der zweiten Etage, 5,0 m über dem Keller, hat das Rohr des Warmwasserkreislaufes einen Durchmesser von 2,6 cm. Wie groß ist die Strömungsgeschwindigkeit in diesem Rohr?

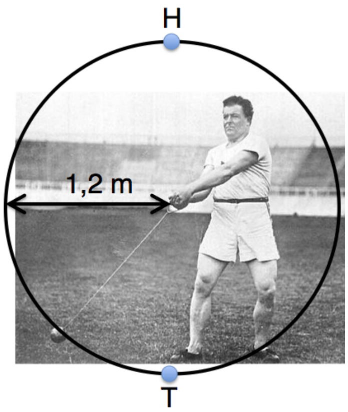
c) Wie groß ist der Druck im Rohr in der zweiten Etage?

Name: ______________________________

Aufgabe 5

Hammerwurf (15 Punkte). Beim Hammerwurf besteht der ,,Wurfhammer" aus einer 7 kg schweren Metalkugel an einem 1,2 m langen Drahtseil (das wir hier als masselos annähern). Wir betrachten einen Athleten, der seinen Wurfhammer auf einer kreisförmigen und vertikalen Bahn schwingt (siehe Abbildung).

a) Mit welcher Geschwindigkeit muss sich die Kugel am höchsten Punkt **H** mindestens bewegen, damit gerade noch Spannung im Seil ist?



b) Welche Zugkraft muss das Seil aushalten, wenn sich die Kugel am tiefsten Punkt **T** befindet und sich mit einer Geschwindigkeit von $v = 10$ m/s bewegt?

c) Markieren Sie in der Abbildung den Punkt (mit einem Kreuz), an dem sich die Kugel in dem Moment befindet, an dem der Athlet den Wurfhammer loslassen muss, damit die Kugel in einem 45° Winkel zur Horizontalen wegfliegt.