**ETH**

Rektorat

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Ecole polytechnique fédérale de Zurich
Politecnico federale di Zurigo

Schriftliche Aufnahmeprüfungen **Herbst 2011**

**PHYSIK** (deutsch)

**Kandidaten-Nummer:** ..........................................................................................

**NAME:** ..........................................................................................

**Vorname:** ..........................................................................................

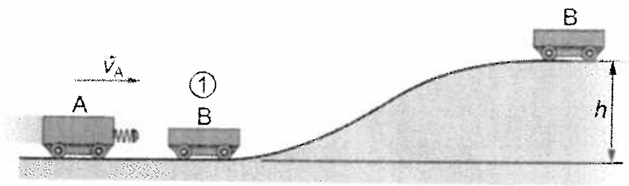
---

Die Resultate müssen den **vollständigen Lösungsweg** und **alle Zwischenresultate** enthalten. *(Beschluss der Aufnahmeprüfungskommission vom 15.9.2000)*

Lösen Sie die Aufgaben wenn möglich **direkt auf dem Aufgabenblatt** inklusive freie Rückseite links davon.

| Aufgabe | Punktzahl |
|---|---|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| Total | |

## 1. Elastischer Stoss (2P/2P/2P)



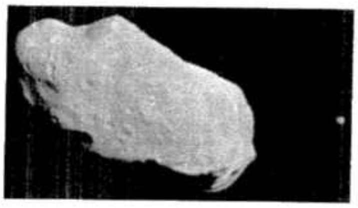

Der reibungsfreie Wagen B ruht am unteren Ende der Rampe mit dem Höhenunterschied $h$= 0.6m. (Zustand (1))

a) Welche Geschwindigkeit muss ihm durch einen Stoss erteilt werden, damit er die Rampe erklimmt und im Zustand (2) noch eine Geschwindigkeit von 2 m/s aufweist?

b) Diese Geschwindigkeit erhält der Wagen B durch einen vollkommen elastischen Stoss mit dem heranfahrenden Wagen A. Mit welcher Geschwindigkeit $v_A$ muss Wagen A aufprallen, wenn seine Masse doppelt so gross ist wie die des Wagens B? ($m_A$=$2m_B$).

c) Welche Geschwindigkeit (Betrag und Richtung) besitzt der Wagen A nach dem Zusammenstoss?

## 2. Ida mit Dactyl (1.5P/1.5P/1.5P/1.5P)



1.) Das Bild rechts zeigt den Asteroiden Ida. Es wurde von der Nasa mit der Sonde Galilei aufgenommen und später auf die Erde übermittelt. Auf der Aufnahme ist rechts Idas Mond Dactyl zu sehen.
Dieser kugelförmige Mond mit einem Durchmesser von 1.5km umkreist Ida in einer Entfernung (Mittelpunktsabstand) von 100km. Aufgrund der Aufnahme schliessen die Forscher, dass beide Körper aus demselben Material bestehen.
Der Asteroid Ida hat etwa die Form einer Kartoffel mit einer grössten Ausdehnung von 56km. In den folgenden Berechnungen soll aber Ida **als Kugel** vom Durchmesser 45km angenommen werden.
a) Bestimmen Sie das Massenverhältnis von Ida zu Dactyl.

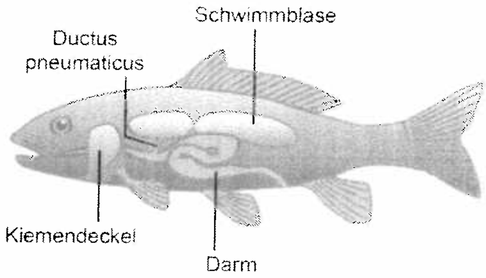
b) Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem Resultat von Aufgabe. a) und der Aussage, dass Dactyl Ida umkreist? (keine Berechnung!)

c) Bestimmen Sie die Umlaufszeit des Mondes unter der Annahme, dass die mittlere Dichte der beiden Körper 2300kg/m$^3$ beträgt.

d) Welchen Wert hat die Fluchtgeschwindigkeit von Dactyl? (Andere Himmelskörper vernachlässigen!)

## 3. Austarierter Fisch (1.5P/1.5P/1.5P/1.5P)

Ein Fisch schwebt im Zürichsee in einer Wassertiefe von 5m. Die Schwimmblase, ein gasgefüllter Hohlraum ermöglicht ihm, diesen austarierten Zustand einzunehmen.




a) Welcher Gasdruck herrscht in der Schwimmblase, wenn der Luftdruck an der Wasseroberfläche zu diesem Zeitpunkt 960mbar beträgt?

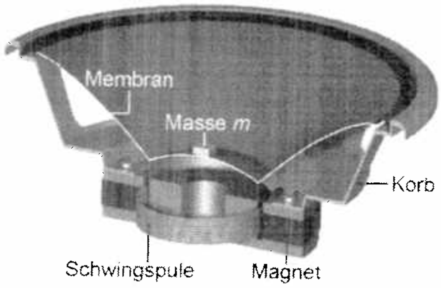
b) Welche Stoffmenge Gas enthält die Schwimmblase von 20cm$^3$ Volumen, wenn die Körpertemperatur des Fisches der Wassertemperatur in dieser Tiefe von 16°C entspricht?

c) Wie steht es mit dem Gleichgewicht, wenn der Fisch durch einige Flossenschläge in eine Tiefe von 15m abtaucht?

d) Bestimmen Sie die Änderung der Stoffmenge Gas in der Schwimmblase, wenn der Fisch in dieser neuen Wassertiefe wieder im Gleichgewicht sein soll und die lokale Wassertemperatur (und damit auch die Körpertemperatur) nur noch 6°C beträgt.
Hinweis: Die temperaturbedingte Änderung der Wasserdichte darf vernachlässigt werden.

## 4. Masse auf Lautsprechermembran (2P/2P/2P)

Die Figur rechts zeigt die Querschnittszeichnung eines dynamischen Lautsprechers. Die Lautsprechermembran wird durch einen sinusförmigen Wechselstrom der Frequenz $f = 3\text{Hz}$ zu einer Vertikalbewegung mit der Amplitude $Y = 1\text{cm}$ angeregt. Im Zentrum der Membran liegt die lose Masse $m = 0{,}5\text{g}$.

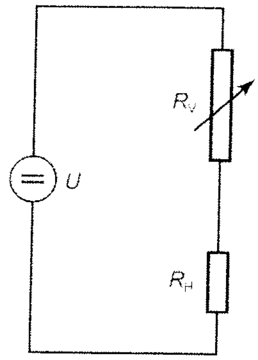



a) Welche Maximalgeschwindigkeit erreicht die Masse bei diesem Vorgang?

b) Welche Kraft übt die Membran an der höchsten und an der tiefsten Stelle auf die Masse auf?

c) Nun wird allmählich die Frequenz der Anregung gesteigert bis die lose Masse der Membranbewegung nicht mehr zu folgen vermag. Bei welcher Frequenz ist das der Fall?

## 5. Elektrischer Heizstab (2P/2P/2P)




Ein Aquariumheizstab mit dem konstanten Widerstand $R_H = 5\,\Omega$ wird in Serie mit einem veränderlichen Widerstand $R_V$ an eine Spannungsquelle von 60V angeschlossen. Der Widerstand von $R_V$ kann im Bereich von $1\,\Omega \cdots 25\,\Omega$ variiert werden.

a) Wie gross ist die minimale und die maximale Heizleistung des Stabes wenn der Vorwiderstand über den ganzen Bereich verändert wird?

b) Um eine konstante Temperatur des 240 Liter Wasser fassenden Aquariums von 26°C aufrecht zu erhalten, genügt es, wenn der Vorwiderstand auf einen Wert von $7\,\Omega$ eingestellt wird.
Wie lang dauert die Erwärmung des Aquariums auf 28°C mindestens?

c) Bei welcher Einstellung des Vorwiderstandes ist seine thermische Belastung am grössten? Für welche maximale Leistung muss $R_V$ somit dimensioniert werden?

**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Ecole polytechnique fédérale de Zurich
Politecnico federale di Zurigo

Rektorat

Schriftliche Aufnahmeprüfungen **Herbst 2011**

**PHYSIK** (deutsch)

| | |
|---|---|
| **Kandidaten-Nummer:** | ........................................ |
| **NAME:** | ........................................ |
| **Vorname:** | ........................................ |

---

Die Resultate müssen den **vollständigen Lösungsweg** und **alle Zwischenresultate** enthalten. *(Beschluss der Aufnahmeprüfungskommission vom 15.9.2000)*

Lösen Sie die Aufgaben wenn möglich **direkt auf dem Aufgabenblatt** inklusive freie Rückseite links davon.

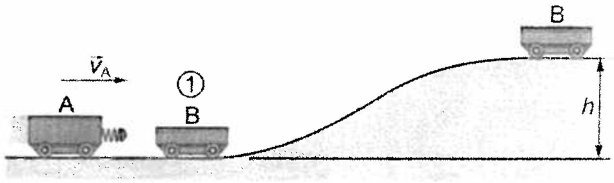
| Aufgabe | Punktzahl |
|---|---|
| 1 | 6 |
| 2 | 6 |
| 3 | 6 |
| 4 | 6 |
| 5 | 6 |
| Total | 30 |

Note: 30 Punkte = Note 6

" $= \left(\text{Punktzahl} \times \frac{5}{30} + 1\right)$

## 1. Elastischer Stoss (2P/2P/2P)

Der reibungsfreie Wagen B ruht am unteren Ende der Rampe mit dem Höhenunterschied $h$= 0.6m. (Zustand (1))




a) Welche Geschwindigkeit muss ihm durch einen Stoss erteilt werden, damit er die Rampe erklimmt und im Zustand (2) noch eine Geschwindigkeit von 2 m/s aufweist?

b) Diese Geschwindigkeit erhält der Wagen B durch einen vollkommen elastischen Stoss mit dem heranfahrenden Wagen A. Mit welcher Geschwindigkeit $v_A$ muss Wagen A aufprallen, wenn seine Masse doppelt so gross ist wie die des Wagens B? ($m_A$=2$m_B$).

c) Welche Geschwindigkeit (Betrag und Richtung) besitzt der Wagen A nach dem Zusammenstoss?

a.) $\frac{1}{2} m_B \cdot V_1^2 = \frac{1}{2} m_B \cdot V_2^2 + m \cdot g \cdot h$

$V_1^2 = V_2^2 + 2gh$

$V_1 = \sqrt{V_2^2 + 2gh} = \sqrt{2^2 + 2 \cdot 10 \cdot 0{,}6}\ \frac{m}{s} = \underline{\underline{4\ \frac{m}{s}}}$ 2P

b.) $V_B' = 2W - \underset{\overset{\parallel}{0}}{V_B}$

$W = \frac{m_A \cdot V_A + \overbrace{m_B \cdot V_B}^{0}}{m_A + m_B} = \frac{m_A \cdot V_A}{m_A + m_B} = \frac{2m_B}{2m_B + m_B} \cdot V_A = \frac{2}{3} V_A$

$V_B' = 2 \cdot \frac{2}{3} V_A = \frac{4}{3} V_A$

$V_A = \frac{3}{4} V_B' = \frac{3}{4} \cdot 4 \frac{m}{s} = \underline{\underline{3 \frac{m}{s}}}$ 2P

c.) $V_A' = 2W - V_A = 2 \cdot \frac{2}{3} V_A - V_A = \frac{1}{3} V_A = \underline{\underline{+1 \frac{m}{s}\ \text{(nach rechts)}}}$ 2P

## 2. Ida mit Dactyl (1.5P/1.5P/1.5P/1.5P)

1.) Das Bild rechts zeigt den Asteroiden Ida. Es wurde von der Nasa mit der Sonde Galilei aufgenommen und später auf die Erde übermittelt. Auf der Aufnahme ist rechts Idas Mond Dactyl zu sehen.

Dieser kugelförmige Mond mit einem Durchmesser von 1.5km umkreist Ida in einer Entfernung (Mittelpunktsabstand) von 100km. Aufgrund der Aufnahme schliessen die Forscher, dass beide Körper aus demselben Material bestehen.

Der Asteroid Ida hat etwa die Form einer Kartoffel mit einer grössten Ausdehnung von 56km. In den folgenden Berechnungen soll aber Ida **als Kugel** vom Durchmesser 45km angenommen werden.

a) Bestimmen Sie das Massenverhältnis von Ida zu Dactyl.

b) Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem Resultat von Aufgabe. a) und der Aussage, dass Dactyl Ida umkreist? (keine Berechnung!)

c) Bestimmen Sie die Umlaufszeit des Mondes unter der Annahme, dass die mittlere Dichte der beiden Körper 2300kg/m$^3$ beträgt.

d) Welchen Wert hat die Fluchtgeschwindigkeit von Dactyl? (Andere Himmelskörper vernachlässigen!)

a.) $m_1 = \frac{4\pi}{3} r_1^3 \cdot \rho$, $m_2 = \frac{4\pi}{3} r_2^3 \cdot \rho$ $\Big\rangle$ $\frac{m_1}{m_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 = \frac{30^3}{1}$ $\quad 1\frac{1}{2}$ P

b.) $m_{Ida} \gg m_{Dac.}$, d.h. das "System" wird dominiert durch die grosse Masse von Ida $\quad 1\frac{1}{2}$ P

c.) $m_D \cdot r \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = G \cdot \frac{m_D \cdot m_I}{r^2}$

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{r^3}{G \cdot m_I}} = \sqrt{\frac{(10^5)^3}{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 1{,}097 \cdot 10^{17}}}\ s = \underline{\underline{7{,}34 \cdot 10^4\ s}} \quad 1\frac{1}{2}\ P$$

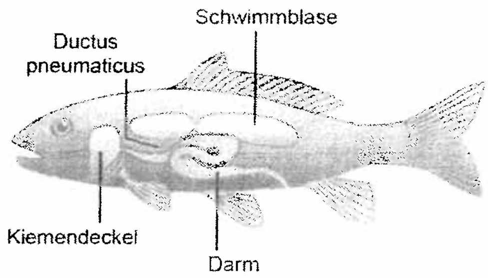
$$m_I = \frac{4\pi}{3} r_I^3 \cdot \rho = 1{,}097 \cdot 10^{17}\ kg$$

d.) $\frac{1}{2} m v_F^2 = G \cdot m \cdot \frac{m_D}{r_D}$

$$v_F = \sqrt{\frac{2 G \cdot m_D}{r}} = \underline{\underline{0{,}85\ \frac{m}{s}}} \quad 1\frac{1}{2}\ P$$

**3. Austarierter Fisch** (1.5P/1.5P/1.5P/1.5P)

Ein Fisch schwebt im Zürichsee in einer Wassertiefe von 5m. Die Schwimmblase, ein gasgefüllter Hohlraum ermöglicht ihm, diesen austarierten Zustand einzunehmen.




a) Welcher Gasdruck herrscht in der Schwimmblase, wenn der Luftdruck an der Wasseroberfläche zu diesem Zeitpunkt 960mbar beträgt?

b) Welche Stoffmenge Gas enthält die Schwimmblase von $20cm^3$ Volumen, wenn die Körpertemperatur des Fisches der Wassertemperatur in dieser Tiefe von 16°C entspricht?

c) Wie steht es mit dem Gleichgewicht, wenn der Fisch durch einige Flossenschläge in eine Tiefe von 15m abtaucht?

d) Bestimmen Sie die Änderung der Stoffmenge Gas in der Schwimmblase, wenn der Fisch in dieser neuen Wassertiefe wieder im Gleichgewicht sein soll und die lokale Wassertemperatur (und damit auch die Körpertemperatur) nur noch 6°C beträgt.
Hinweis: Die temperaturbedingte Änderung der Wasserdichte darf vernachlässigt werden.

---

a.) $P_{tot} = P_L + \underbrace{P_G}_{\varrho \cdot g \cdot h} = (0{,}96 \cdot 10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 5)\,Pa = \underline{\underline{1{,}46 \cdot 10^5 Pa}}$ $1\frac{1}{2}P$

b.) $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

$n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1{,}46 \cdot 10^5 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}{8{,}31 \cdot 289}\,mol = \underline{\underline{1{,}22 \cdot 10^{-3}\,mol}}$ $1\frac{1}{2}P$

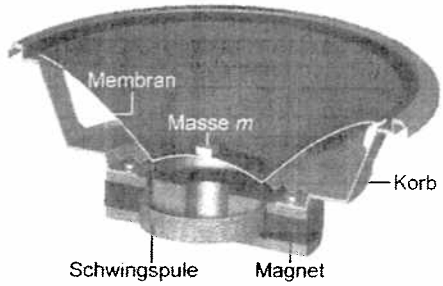
c.) Gewichtsdruck steigt, Schwimmblase wird zusammengedrückt
⟹ Auftrieb nimmt ab, Fisch ist nicht mehr austariert und sinkt. $1\frac{1}{2}P$

d.) $n' = \frac{p' \cdot V}{R \cdot T'} = 2{,}12 \cdot 10^{-3}\,mol$

$\Delta n = n' - n = \underline{\underline{0{,}91\,mol}}$ $1\frac{1}{2}P$

## 4. Masse auf Lautsprechermembran (2P/2P/2P)

Die Figur rechts zeigt die Querschnittszeichnung eines dynamischen Lautsprechers. Die Lautsprechermembran wird durch einen sinusförmigen Wechselstrom der Frequenz $f = 3$Hz zu einer Vertikalbewegung mit der Amplitude $Y = 1$cm angeregt. Im Zentrum der Membran liegt die lose Masse $m = 0{,}5$g.




a) Welche Maximalgeschwindigkeit erreicht die Masse bei diesem Vorgang?

b) Welche Kraft übt die Membran an der höchsten und an der tiefsten Stelle auf die Masse auf?

c) Nun wird allmählich die Frequenz der Anregung gesteigert bis die lose Masse der Membranbewegung nicht mehr zu folgen vermag. Bei welcher Frequenz ist das der Fall?

a.) $y(t) = Y \cdot \sin \omega t$

$V(t) = Y \cdot \omega \cdot \cos \omega t$

$\hat{V} = Y \cdot \omega = Y \, 2\pi \cdot f = (10^{-2} \cdot 2\pi \cdot 3)\frac{m}{s} = \underline{\underline{0{,}189 \frac{m}{s}}}$ 2P

b.) $a(t) = -Y \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t$

$\hat{a} = Y \cdot \omega^2 = 3{,}55 \frac{m}{s^2}$

tiefste Stelle: $m \cdot a = F_{Res} = F_N - mg$

$F_N = m(a+g) = \underline{\underline{6{,}8 \cdot 10^{-3} N}}$

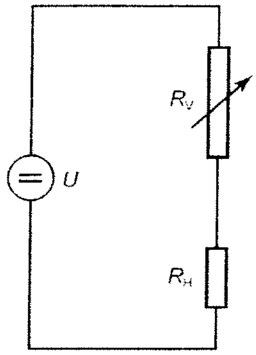
höchste Stelle: $F_N = m(g-a) = \underline{\underline{3{,}23 \cdot 10^{-3} N}}$ 2P

c.) $\hat{a} = Y \cdot \omega^2 = g$

$f = \sqrt{\frac{g}{(2\pi)^2 \cdot Y}} = \underline{\underline{5.03 \text{ Hz}}}$ 2P

## 5. Elektrischer Heizstab (2P/2P/2P)

Ein Aquariumheizstab mit dem konstanten Widerstand $R_H = 5\,\Omega$ wird in Serie mit einem veränderlichen Widerstand $R_V$ an eine Spannungsquelle von 60V angeschlossen. Der Widerstand von $R_V$ kann im Bereich von $1\,\Omega \cdots 25\,\Omega$ variiert werden.




a) Wie gross ist die minimale und die maximale Heizleistung des Stabes wenn der Vorwiderstand über den ganzen Bereich verändert wird?

b) Um eine konstante Temperatur des 240 Liter Wasser fassenden Aquariums von 26°C aufrecht zu erhalten, genügt es, wenn der Vorwiderstand auf einen Wert von $7\,\Omega$ eingestellt wird.
Wie lang dauert die Erwärmung des Aquariums auf 28°C mindestens?

c) Bei welcher Einstellung des Vorwiderstandes ist seine thermische Belastung am grössten? Für welche maximale Leistung muss $R_V$ somit dimensioniert werden?

a.) $$I = \frac{U}{R_V + R_H} = \begin{cases} 10A \\ 2A \end{cases}$$

$$P = I^2 \cdot R_H = \begin{cases} \underline{\underline{500W}} \\ \underline{\underline{20W}} \end{cases}$$ 2P

b.) $$P_{Verl.} = I^2 \cdot R_H = 125W$$
$$\uparrow$$
$$I = \frac{60V}{(7+5)\Omega} = 5A$$

$$P_{Heiz} = P_{Max} - P_{Verl} = (500-125)W = 375W$$

$$P_{Heiz} \cdot \Delta t = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$$

$$\Delta t = \frac{c \cdot m \cdot \Delta\vartheta}{P_{Heiz}} = \underline{\underline{5{,}35 \cdot 10^3 s \; (= 1{,}49h)}}$$ 2P

c) $$P_{Max} \Longleftrightarrow R_V = R_H = \underline{\underline{5\Omega}}$$

(für eine saubere Herleitung dieser Aussage +2 Extrapunkte!) 2P (ev. 4P)

$$P_{Max} = R_V \cdot I^2 = \underline{\underline{180W}}$$