ETH

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

Rektorat

Schriftliche Aufnahmeprüfungen **FRÜHJAHR 2004**

PHYSIK (deutsch)

Kandidat.-Nr.

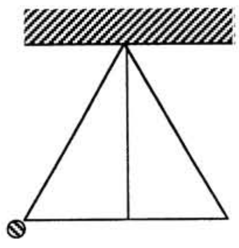
Name:
Vorname:

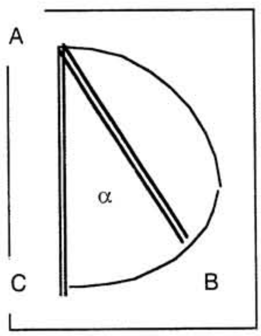
Die Resultate müssen den **vollständigen Lösungsweg** und **alle Zwischenresultate** enthalten.
(Beschluss der Aufnahmeprüfungskommission vom 15.9.2000)

1. Kreiskegelpendel

a) (4 P) Ein Kreiskegelpendel ist eine an einem dünnen Faden (Länge l) aufgehängte, auf einem waagrechten Kreis (Radius r) umlaufende Masse m. Der Faden beschreibt den Mantel eines Kreiskegels mit halbem Öffnungswinkel α. Geben Sie die Umlaufdauer (oder Periode) T als Funktion der Höhe h des Kreiskegels an! (siehe Skizze unten links)

b) (4 P) Zeichnen Sie zwar bloss qualitativ, aber im übrigen sorgfältig, die folgenden zwei Kreiskegelpendel: *Ein* Pendel hat die doppelte *Fadenlänge* (also 2l), aber die selbe Masse m und die selbe Umlaufdauer T. Das *andere* Pendel hat die doppelte *Masse* (also 2m) bei gleicher Fadenlänge l und unveränderter Umlaufdauer T.



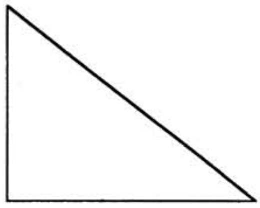


2. Galileis Sehnen; Pultdach

a) (4 P) Auf einem senkrecht stehenden Brett sind zwei Rohre AC und AB (siehe Skizze oben rechts) angebracht. Dabei bildet die senkrechte Strecke AC den Durchmesser eines Kreises. Der Punkt B liegt auf dem Kreisbogen über AC (Thaleskreis). Die Rohre schliessen bei A den Winkel α ein. Galilei liess gleichzeitig durch jedes Rohr je eine Kugel fallen: Bei AC handelt es sich um einen freien Fall, bei AB um einen reibungsfreien „Rutsch" (die Kugel rollt *nicht* im Rohr). Vergleichen Sie die Fallzeit t_1 von A nach C mit der Rutschzeit t_2 von A nach B! Wie hängt die Rutschzeit mit dem Winkel α zusammen?

b) (2 P) Was passiert qualitativ, wenn die Kugel von A nach B *rollt* statt zu rutschen? Begründen Sie Ihre Antwort!

c) (2 P) Ein Pultdach (siehe Skizze unten links) hat eine *fest* vorgegebene Basis b. Welcher Neigungswinkel α ist der beste, sodass das Regenwasser vom Dach möglichst rasch abläuft?



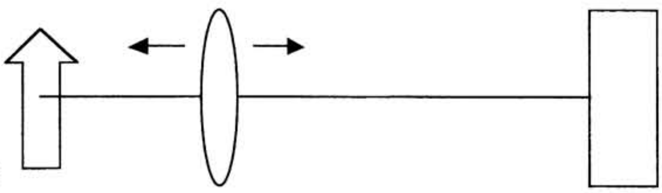
Basis b Winkel α

3. Erhitzen eines Drahtes

a) (4 P) Ein Aluminiumdraht (siehe Skizze oben rechts) der Querschnittsfläche A = 5 mm² und der Länge l_0 = 50 cm wird während der Zeit t = 60 s erhitzt, indem man ihn eine elektrische Leistung von P =16 W aufnehmen lässt. (Annahme: keinerlei Wärmeverluste). Berechnen Sie die Drahtmasse m, den anfänglichen Drahtwiderstand R_0 (bei Zimmertemperatur) und die Temperaturzunahme ΔT.

b) (2 P) Berechnen Sie für den obigen Draht, um wieviel er sich verlängert! Zeigen Sie, dass dieses Resultat von der konkreten Drahtlänge *unabhängig* ist!

c) (2 P) Berechnen Sie die anfängliche Stromstärke I_0 bzw. die anfängliche Spannung U_0 bei dem unter a) beschriebenen Versuch (Annahme: ohmsch). Berechnen Sie den Widerstand R_1, die Stromstärke I_1 und die Spannung U_1 am *Ende* des Versuchs.



Gegenstand G

Linse

Bildschirm B

4. Besselverfahren

a) (4 P) Zwischen einem leuchtenden Gegenstand G und einem Bildschirm B, die von einander den festen Abstand d = GB haben (siehe Skizze oben), wird eine Sammellinse hin und her geschoben: In *einer* bestimmten Stellung erzeugt die Linse ein *vergrössertes* Bild des Gegenstands auf dem Schirm, in einer *anderen* Stellung ein *verkleinertes*. Wenn man den Abstand zwischen diesen zwei Linsenstellungen mit e bezeichnet, so ergibt sich für die Brennweite der Linse folgender Ausdruck:

$f = (d^2 - e^2)/(4d)$. Wie kommt diese Gleichung zustande?

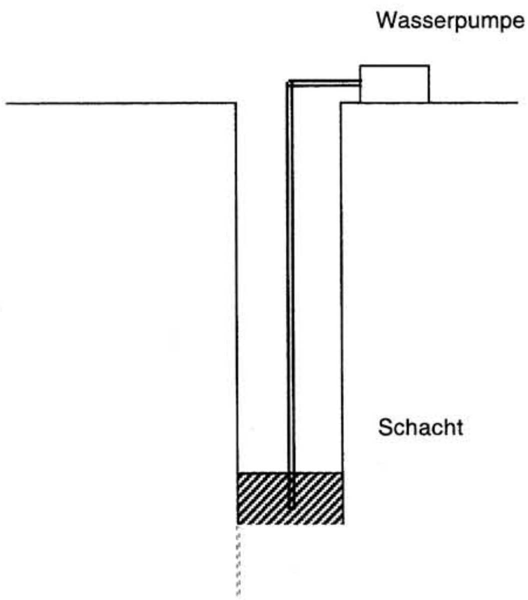
b) (4 P) Das oben beschriebene Verfahren wird verwendet, um die Brennweite einer unbekannten Sammellinse zu bestimmen. Dabei wählt man aber die Strecke d recht zufällig. Gibt es Randbedingungen für d? Ist es denkbar, dass das Experiment gar nicht funktioniert? (Wenn ja: unter welchen Umständen?)

5. <u>Wasserpumpe</u>

a) (4 P) Aus einem Bergwerksschacht müssen pro Stunde 3,2 m^3 Wasser aus 600m Tiefe herauf gepumpt werden. Wie viele Kilowatt nimmt der elektrische Antriebsmotor auf, wenn er selber einen Wirkungsgrad von 0,95 und die an ihn angeschlossene Pumpe einen Wirkungsgrad von 0,75 hat?

b) (4 P) Grundsätzlich gibt es sowohl Saug- als auch Druck-Pumpen, um Wasser aus der Tiefe nach oben zu fördern. Erläutern Sie, wie man im obigen Fall das Problem

- einerseits mit *Saugpumpen* (Skizze, Anordnung der Pumpen, kurze Rechnung),
- andererseits mit *Druckpumpen* (Skizze, Anordnung der Pumpen, kurze Rechnung) lösen würde! (Natürlich müssen Sie sich vorher klar darüber werden, was „saugen“ und was „drücken“ in diesem Zusammenhang heisst.)



Lösungen Frühling 2004

1a) 

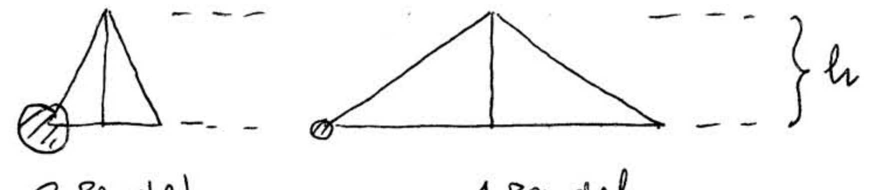
$F_Z = \frac{m\cdot v^2}{r}$; $v = \frac{2\pi r}{T}$; $h = l\cdot\cos\alpha = \frac{r}{\tan\alpha}$

Damit: $T = 2\pi\sqrt{\frac{h}{g}}$

1b) 1. Pendel: $F_Z = \frac{mv^2}{2r}$; $v = \frac{2\pi(2r)}{T} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{h}{g}}$

2. Pendel: $F_Z = \frac{2mv^2}{r}$; $v = \frac{2\pi r}{T} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{h}{g}}$

Beide Pendel haben also dieselbe Höhe wie das ursprüngliche weil sie dieselbe Periode haben.



2a) Es sei $d = \overline{AC}$. Es gilt: $d = \frac{g}{2}\cdot t_1^2 \rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2d}{g}}$

Es gilt: $\cos\alpha = \frac{l}{d} = \frac{h}{l}$

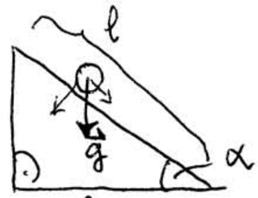
Also: $h = \frac{l^2}{d} = \frac{d^2\cdot\cos^2\alpha}{d} = d\cdot\cos^2\alpha$

$h = \frac{g}{2}\cdot t_2^2$ oder: $l = \frac{g\cdot\sin(90°-\alpha)}{2}\cdot t_2^2 = \frac{g\cdot\cos\alpha}{2}\cdot t_2^2 = \frac{h}{\cos\alpha}$

$\rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g\cdot\cos^2\alpha}} = \sqrt{\frac{2d}{g}}$

Die beiden Zeiten sind gleich!
Die Zeit t_2 hängt nicht von α ab!

2b) Beim Rutschen wird Lageenergie in kinetische verwandelt (reibungsfrei). Die Fallzeit ist kürzer als wenn ein Teil in Rotationsenergie (Rollen) verwandelt wird.

2c) 

in Dachrichtung: $g' = g\cdot\sin\alpha$ (Beschl.)

$l = \frac{g'}{2}\cdot t^2$

2c) (Forts.) $t = \sqrt{\frac{2l}{g \cdot \sin\alpha}} = \sqrt{\frac{2b}{g \cdot \underbrace{\cos\alpha \cdot \sin\alpha}}} = \sqrt{\frac{4b}{g \cdot \cos^2\alpha}}$ (B)

$\cos\alpha = \frac{b}{l}$ muss max. sein, damit t minimal wird

$\cos^2\alpha$ ist genau dann maximal, wenn $\underline{\underline{\alpha = 45°}}$ ist.

3a) $m = \rho \cdot A \cdot l = \underline{\underline{6{,}75\ g}}$

$R_0 = \rho' \cdot \frac{l}{A} = \underline{\underline{2{,}82\ m\Omega}}$

$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \rightarrow \underline{\underline{\Delta T = 158{,}7°C}}$

b) $\alpha = 23{,}8 \cdot 10^{-6} \frac{1}{°C} \rightarrow \Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T = \underline{\underline{1{,}9\ mm}}$

$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \frac{Q}{m \cdot c} = \underline{\underline{\frac{\alpha \cdot P \cdot t}{\rho \cdot A \cdot c}}}$ (unabhängig von l_0)

c) $P = U \cdot J = R \cdot J^2 = \frac{U^2}{R}$ (falls R ohmsch ist)

Also: $J_0 = \sqrt{\frac{P}{R_0}} = \underline{\underline{75{,}3\ A}}$; $U_0 = \sqrt{P \cdot R_0} = \underline{\underline{0{,}212\ V}}$

Mit $\alpha' = +3{,}9 \cdot 10^{-3} \frac{1}{°C} \rightarrow \Delta R = \alpha' \cdot R_0 \cdot \Delta T = +1{,}75\ m\Omega$

$\hookrightarrow \underline{\underline{R_1 = 4{,}57\ m\Omega}}$

Damit: $\underline{\underline{J_1 = 59{,}2\ A}}$ und $\underline{\underline{U_1 = 0{,}27\ V}}$

4a) Symmetrie! $d = g + e + g \rightarrow g = \frac{d-e}{2}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{2}{d-e} + \frac{2}{d+e} = \frac{4d}{(d^2-e^2)}$

Also: $f = \frac{d^2-e^2}{4d}$ q.e.d.

4b) Grenzfall: $e \gtrsim 0 \rightarrow f \approx \frac{d}{4}$

Also: <u>d muss mindestens gleich 4f sein.</u>

Wenn f gar nicht bekannt ist, muss d einfach „gross genug" gewählt werden ...

(Falls $d = 3f$ wäre, müsste z.B. die Wurzel aus einer neg. Zahl gezogen werden ...)

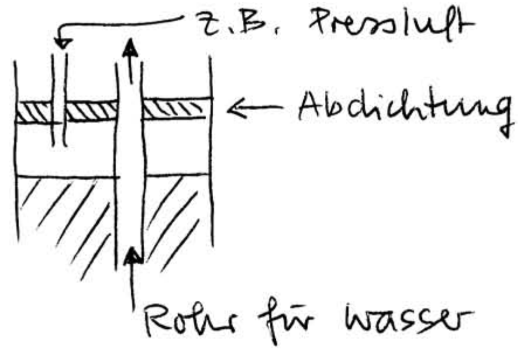
5a) Betrachte 1 Stunde;

$$W^{\nearrow} = 3{,}2\cdot 10^3\,\text{kg}\cdot 600\,\text{m}\cdot 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1{,}884\cdot 10^7\,\text{J}$$

$$W^{\text{ϟ}} = \frac{W^{\nearrow}}{0{,}95\cdot 0{,}75} = 2{,}64\cdot 10^7\,\text{J} \rightarrow \underline{\underline{P^{\text{ϟ}} = 7{,}34\,\text{kW}}}$$

b) <u>Saugen:</u>
Weil die absolut-maximale Hubhöhe für eine Saug-pumpe bei 9,81 m liegt, müsste man mindestens 62 Saugpumpen in Serie schalten, wobei jeweils immer wieder der Luftdruck „angreifen" können müsste.

<u>Drucke:</u>
Abdichten und Druck über dem Wasser erhöhen:



Der <u>Überdruck</u> über dem Wasser müsste auf etwa 62 bar erhöht werden.

$$p(h) = \rho\cdot g\cdot h = (10^3\cdot 10^2)\,\text{Pa} = 1\,\text{bar} = 10^3\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\cdot 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\cdot 10\,\text{m}$$