

Schriftliche Aufnahmeprüfungen **Herbst 2003****PHYSIK** (deutsch)

Kandidat.-Nr.

Name:  
Vorname:

Die Resultate müssen den **vollständigen Lösungsweg** und **alle Zwischenresultate** enthalten.

(Beschluss der Aufnahmeprüfungskommission vom 15.9.2000)

**1. Kugelstossen** (3P / 1P / 2P)

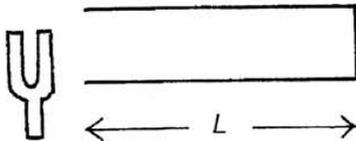
Physikalisch gesehen ist der Stoss einer Kugel ein schiefer Wurf mit dem Ziel, möglichst weit zu werfen. Die Kugel verlässt aus einer Höhe  $h$  über dem Boden die Hand der Werferin mit einer Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  und unter dem Winkel  $\alpha$  zur Horizontalen. Der Luftwiderstand wird vernachlässigt.

- Betrachten Sie  $h$ ,  $v_0$  und  $\alpha$  als gegeben und bestimmen Sie algebraisch die Wurfweite  $x_w$ .  
Natalya Lisovskaya stiess mit  $v_0=14,25\text{m/s}$ ,  $\alpha=45^\circ$ ,  $h=2,1\text{m}$  im Jahre 1987 die Kugel auf Weltrekordweite. Wieviel betrug also dieser Rekord?
- Entscheiden Sie rein numerisch, ob die Athletin bei diesem Wurf eher etwas steiler oder etwas flacher als unter  $45^\circ$  werfen sollte, um eine grössere Wurfweite zu erhalten.
- Bestimmen Sie den Betrag  $v_w$  der Aufprallgeschwindigkeit und den Winkel  $\beta$  zur Horizontalen, mit welchem die Kugel aufprallt.  
(Nur algebraisch, nicht numerisch).

## 2. Schwingende Stimmgabel (2P / 2P / 2P)

Eine 880Hz-Stimmgabel aus Stahl ( $\rho = 7,8 \text{ gr/cm}^3$ ) wird so angeschlagen, dass die Amplitude am Ende der Stimmgabel  $y_{\text{max}} = 0,3 \text{ mm}$  beträgt.

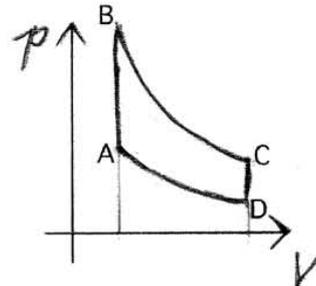
- Leiten Sie die Funktionen  $y(t)$ ,  $v(t)$  und  $a(t)$  für Elongation, Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Punktes am Ende der Stimmgabel her. (Nehmen Sie an, die Amplitude bleibe konstant).
- Vergleichen Sie die maximale Beschleunigung eines Massepunktes am Ende der Stimmgabel mit der Fallbeschleunigung auf der Erde. Welche maximale Kraft wirkt auf ihn, wenn ein Masse"punkt" von  $1 \text{ mm}^3$  Volumen betrachtet wird?



- Die Stimmgabel wird vor ein einseitig offenes Rohr gehalten. Wie gross muss dessen Länge  $L$  gewählt werden, damit wir Resonanz erhalten? Skizzieren Sie die Verteilung der Schwingungsamplitude im Rohr für die von Ihnen angenommene Resonanz.

## 3. Thermodynamik (2P / 2P / 2P)

Eine Menge von  $0,1 \text{ Mol}$  eines idealen zweiatomigen Gases durchläuft den hier skizzierten Kreisprozess in der Richtung A-B-C-D. Die Schritte BC und DA sind isotherm. Einige Zustandswerte in den Punkten A, B, C, D sind in der unten stehenden Tabelle gegeben.



- Ergänzen Sie die Tabelle durch Berechnen der noch fehlenden Zustandsgrößen von  $p$ ,  $V$  und  $T$  in den Punkten A, B, C, D des Kreisprozesses.

	$p$ in $\text{N/m}^2$	$V$ in $\text{cm}^3$	$T$ in $^\circ\text{C}$
A		1000	80
B			1500
C			
D		4000	

- Bestimmen Sie die Arbeit, welche das Gas im Schritt BC abgibt und die Arbeit, welche es in DA aufnimmt. Wenn sie es nicht exakt berechnen können, so bestimmen Sie diese Arbeitsbeträge näherungsweise.
- Welchen Wirkungsgrad für die Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie hat dieser Kreisprozess, wenn man von weiteren Verlusten absieht? Welches sind Ihre Annahmen bei dieser Berechnung?

#### 4. Das Verhalten von Solarzellen (1.5P / 2.5P / 2P)

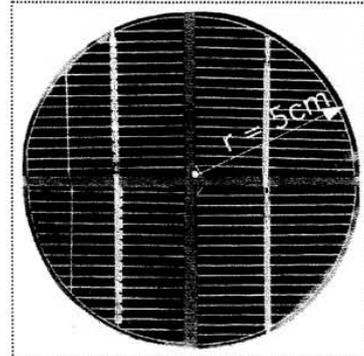
Fotovoltaische Solarzellen werden an einem sonnigen Tag optimal auf die Sonne ausgerichtet. Die einzelne Zelle weist eine Spannung  $U_0$  auf, wenn sie keinen Strom liefern muss und sie hat einen Innenwiderstand  $R_i$ . Maximale Stromstärke erhält man, wenn die Anschlüsse kurzgeschlossen werden. Dies nennt man die „Kurzschluss-Stromstärke“.

- a) Wie berechnet sich die Kurzschluss-Stromstärke, ausgedrückt durch  $U_0$  und  $R_i$ , wenn man  $n$  Solarzellen parallel schaltet? Wieviel beträgt sie, wenn man  $n$  Zellen in Serie schaltet?

- b) Dieses kleine Modul wird an einen Widerstand  $R$  angeschlossen, der verändert werden kann. Durch Messung findet man die hier gegebene Abhängigkeit zwischen  $R$  und der Spannung  $U$  des Moduls:

$R$ in $\Omega$ :	1	2	3	4	5	10
$U$ in V:	0,55	0,97	1,23	1,39	1,50	1,75

Stellen Sie in einem Graphen die vom Modul in  $R$  umgesetzte Leistung  $P$  in Abhängigkeit von  $R$  dar. Bei welchem Wert für  $R$  wird gemäss Grafik die Leistung maximal?



- c) Am Tag der obigen Messung betrug die direkte Sonnenstrahlung  $750 \text{ W/m}^2$ . Welchen maximalen Wirkungsgrad hatten die Solarzellen für die Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie?

Wenn Sie b) nicht lösen konnten, so nehmen Sie für c) als maximale Leistung  $P = 0,78 \text{ W}$ .

#### 5. Wellenoptik (1.5P / 2P / 2.5P)

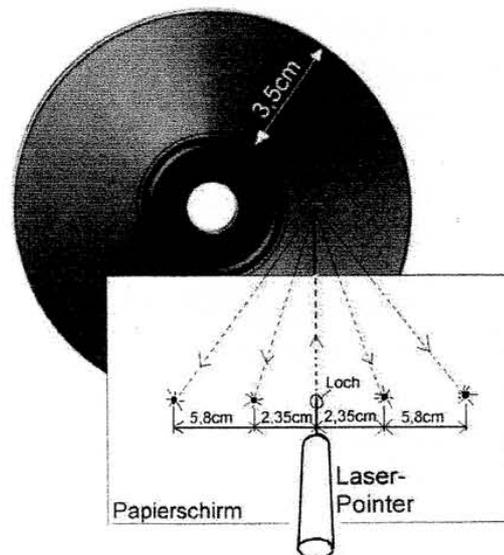
- a) Skizzieren Sie ein Spektrum der elektromagnetischen Wellen und vermerken Sie darauf die ungefähre Lage der folgenden Bereiche: Sichtbares Licht,  $\gamma$ -Strahlen, Mikrowellen, Röntgenwellen, Radiowellen, Ultraviolett und Wärmestrahlung.

- b) Wir lassen das Licht eines Laserpointers durch ein Loch in einem Papierschild senkrecht auf die Oberfläche einer Compact Disc (CD) fallen. Auf dem Papierschild beobachten wir in der Reflexion ein Muster mit vier hellen Punkten, wie die Skizze zeigt.

Erklären Sie ohne mathematische Begründung, wie dieses Muster zustande kommt.

- c) Die Wellenlänge des Laserpointers beträgt  $660 \text{ nm}$ . Der Papierschild befindet sich in  $5 \text{ cm}$  Abstand vor der CD und steht parallel zu dieser.

Bestimmen Sie, wieviele Rillen die CD im bespielten Bereich von  $3,5 \text{ cm}$  Breite aufweist



**1. Kugelstossen** (2.5P / 1.5P / 2P)

a)

$$x(t) = (v_0 \cos \alpha) \cdot t \quad y(t) = h + (v_0 \sin \alpha) \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$y(t_w) = 0 \Rightarrow t_w = \frac{1}{g} \cdot (v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh})$$

$$x_w = \frac{1}{g} \cdot v_0 \cos \alpha \cdot (v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh})$$

Berechneter Weltrekord:  $x_w = 22.62 \text{ m}$ 

b)

Durch Einsetzen von zwei Winkeln etwas oberhalb und unterhalb von  $45^\circ$  merkt man durch Ausprobieren, dass man (theoretisch) etwas flacher werfen muss. Z.B.:

für  $\alpha = 43^\circ : x_w = 22,70 \text{ m}$

$\alpha = 44^\circ : x_w = 22,67 \text{ m}$

$\alpha = 46^\circ : x_w = 22,55 \text{ m}$

$\alpha = 47^\circ : x_w = 22,45 \text{ m}$

c) Durch Anwendung der Energieerhaltung oder der Bewegungsgesetze:

$$mgh + \frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v_w^2 \Rightarrow v_w = \sqrt{(2gh + v_0^2)}$$

$$\beta = \arccos\left(\frac{v_0 \cos \alpha}{v_w}\right) = \arccos\left(\frac{v_0 \cos \alpha}{\sqrt{(2gh + v_0^2)}}\right)$$

**2. Schwingende Stimmgabel** (2P / 2P / 2P)

a)

$$y(t) = y_{\max} \cdot \sin(2\pi f \cdot t) = 0,0003 \cdot \sin(1760\pi \cdot t)$$

$$v(t) = \dot{y}(t) = 0,0003 \cdot 1760\pi \cdot \cos(1760\pi \cdot t)$$

$$a(t) = \ddot{y}(t) = -0,0003 \cdot (1760\pi)^2 \cdot \sin(1760\pi \cdot t)$$

b)  $a_{\max} = 0,0003 \cdot (1760\pi)^2 = 9172 \text{ m/s}^2 \approx 935 \cdot g$

$m = \rho \cdot V = 7800 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3 = 7,8 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$

daraus:  $F_{\max} = m \cdot a_{\max} = 0,072 \text{ N}$

c) Ein Bauch an der Öffnung, ein Knoten am geschlossenen Ende. Es sind natürlich auch Antworten mit  $L = (3/4) \cdot \lambda$  usw. richtig! Rechnung und Skizze müssen konsistent sein.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad L = \frac{\lambda}{4} \Rightarrow L = \frac{c}{4f} = \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3520 \text{ Hz}} = 9,66 \text{ cm}$$

**3. Thermodynamik**

(2P / 2P / 2P)

a) Mit  $pV = nRT$  erhält man:  
(Die 2P sinnvoll verteilen)

b)

$$W_{BC} = nRT_{BC} \int_{V_A}^{V_D} \frac{1}{V} dV = nRT_{BC} \ln \frac{V_D}{V_A} = 2043,5 \text{ J}$$

$$W_{DA} = nRT_{DA} \ln \frac{V_A}{V_D} = -406,9 \text{ J}$$

	p in $10^5 \text{ N/m}^2$	V in $\text{cm}^3$	T in $^\circ\text{C}$
A	2,935	1000	80
B	14,741	1000	1500
C	3,685	4000	1500
D	0,734	4000	80

c) Zweiatomiges Gas:

$C_V = C_p - R = (29,2 - 8,314) \text{ J/mol} \cdot \text{K} = 20,9 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$

$E_{AB} = nC_V \cdot (T_{BC} - T_{DA}) = 2968 \text{ J}$

$E_{BC} = W_{BC}$  (isotherm, innere Energie konstant)

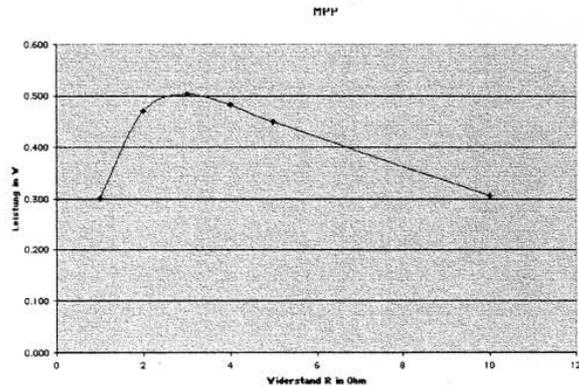
$$\eta = \frac{E_{\text{out}}}{E_{\text{in}}} = \frac{W_{BC} - |W_{DA}|}{E_{AB} + E_{BC}} = \frac{0,327}{1} = 32,7\%$$

## 4. Das Verhalten von Solarzellen (1.5 P / 2.5P / 2P )

a) parallel:  $I_k = n \cdot U_0 / R_i$       Serie:  $I_k = (n \cdot U_0) / (n \cdot R_i) = U_0 / R_i$

b)

	A	B	C
1	Spannung $U$ (V)	Widerstand $R$ ( $\Omega$ )	$P=U \cdot I/R$ (W)
2	0.55	1	0.303
3	0.97	2	0.470
4	1.23	3	0.504
5	1.39	4	0.483
6	1.5	5	0.450
7	1.75	10	0.306
8			



Die Auswertung zeigt:

Maximale Leistung bei  $R \approx 3\Omega$   $P \approx 0.5W$

(Gut leserliche Grafik mit beschrifteten Achsen verlangt).

c) Fläche  $A = r^2\pi = 78,54 \text{ cm}^2$       Auf A einfallende Leistung:  $P_{in} = A \cdot I = 5,89W$

Wirkungsgrad  $\eta = P_{out}/P_{in} = 0,5 \text{ W}/5,89W = \underline{8,5\%}$

## 5. Wellenoptik (1.5P / 2P / 2.5P)

- a) Wichtig ist die richtige Reihenfolge der Wellenlängenbereiche. Es sollte erkennbar sein, dass der sichtbare Bereich sehr schmal ist (1 „Oktave“).
- b) Es muss verstanden worden sein, dass die „Linien“ auf der CD eine Art Beugungsgitter darstellen. Wir haben es mit der Beugung an einer Folge von Doppelspalten zu tun: Die an den beugenden Strukturen entstehenden Elementarwellen interferieren miteinander. Unter einem bestimmten Winkel beträgt die Gangdifferenz zwischen benachbarten Elementarwellen gerade eine Wellenlänge, sie verstärken sich. Dies ergibt die beiden ersten Interferenzmaxima links und rechts. Die zweiten Maxima entstehen dort, wo die Teilwellen 2 Wellenlängen Gangdifferenz haben.

c)

$$\sin \alpha_n = n \cdot \frac{\lambda}{d} \quad \alpha_n = \arctan \frac{D}{L} \quad \Rightarrow \quad d = \frac{n \cdot \lambda}{\sin(\arctan \frac{D}{L})}$$

mit  $n = 1, D = 0,0235m, L = 0,05m, \lambda = 660nm \Rightarrow d = 1,55\mu m$

mit  $n = 2, D = 0,0815m, L = 0,05m, \lambda = 660nm \Rightarrow d = 1,548\mu m$

daraus die Anzahl Rillen auf 3,5cm:  $N = 0.035m / 1,55\mu m \approx 22600$