42. Internationale PhysikOlympiade

Bangkok, Thailand 2011

Wettbewerbsleitung

Dr. Stefan Petersen
IPN an der Universität Kiel
Olshausenstraße 62
24098 Kiel
Tel: 0431 / 880 - 5120
petersen@ipn.uni-kiel.de
www.ipho.info

Lösungen und Bewertungsvorschläge zu den Aufgaben der 1. Runde des Auswahlverfahrens für die 42. IPhO 2011

Nur für die korrigierenden Lehrerinnen und Lehrer sowie die Landesbeauftragten

Liebe Fachlehrerinnen und Fachlehrer,

Ihnen gebührt unser besonderer Dank. Ohne Ihre Mithilfe bei der Vorbereitung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sowie bei der Korrektur der Ausarbeitungen wäre es uns nicht möglich, das Auswahlverfahren für die Internationale PhysikOlympiade in dieser Form durchzuführen. So möchten wir Sie auch in diesem Jahr wieder darum bitten, Ihre Schülerinnen und Schüler zur Teilnahme anzuregen und die von Ihren Kandidaten eingereichten Bearbeitungen anhand des angehängten Bewertungsschemas zu korrigieren. Es ist festzustellen, dass leider immer noch verhältnismäßig wenig Mädchen an diesem Wettbewerb teilnehmen. Daher möchten wir Sie bitten, insbesondere diese zu ermuntern, die Aufgaben zu bearbeiten. Wir freuen uns sehr über Ihre Mitarbeit und wünschen Ihnen sowie Ihren Schülerinnen und Schülern viel Erfolg.

Die Stichtage für die Einsendung der Ergebnisse der 1. Runde liegen im Juli/August 2010 und können bei Ihrem Landesbeauftragten erfragt oder unter www.ipho.info gefunden werden. Da die Termine von Bundesland zu Bundesland variieren, geben Sie diese Lösungen bitte <u>nicht</u> vor Mitte September 2010 an die Schülerinnen und Schüler weiter!

Lösung Aufgabe 1: Freifallturm

Beim Fall induzieren die Magneten Wirbelströme in den Kupferplatten. Aufgrund des Widerstandes der Platten erwärmen sich diese. Die kinetische Energie des Falles wird größtenteils in Wärmeenergie der Platten umgewandelt.

Aus dem Energiesatz folgt für den Fall

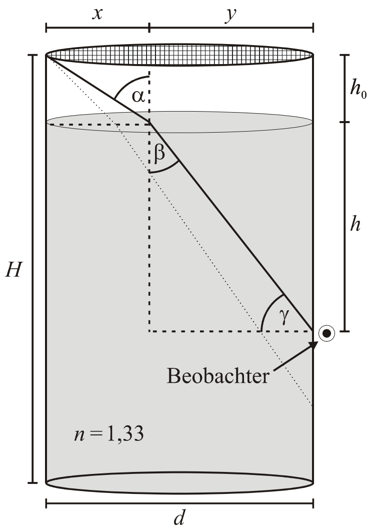
$$m\,g\,h = m_{\text{Platten}}\,c_{\text{Cu}}\,\Delta T + \frac{1}{2} m v^2\,, \qquad (1)$$

wobei $h = 68\,\mathrm{m}$ und v die Geschwindigkeit in 2,0 m Höhe bezeichnet.

Umformen ergibt

$$\Delta T = \frac{m}{m_{\text{Platten}}\,c_{\text{Cu}}}\left(g\,h - \frac{1}{2}v^2\right) \approx 17\,\mathrm{K}\,. \qquad (2)$$

Lösung Aufgabe 2: Aquarium



Das Gitter kann von außerhalb des Aquariums nicht mehr gesehen werden, wenn alle vom Gitter ausgehenden Lichtstrahlen an der Grenzschicht zwischen der Glaswand des Aquariums und der Luft totalreflektiert werden. Da die Glaswand nicht mit berücksichtigt wird (eine dünne Wand würde nur zu einer Parallelverschiebung des Lichtes führen), wird äquivalent eine Grenzschicht zwischen Wasser und Luft betrachtet.

Ein vom gegenüberliegenden Rand des Gitters ausgehender Lichtstrahl wird zum einen an der Oberfläche des Wassers und zum anderen an der Wand des Aquariums gebrochen. Je kleiner der Lotwinkel α ist, mit dem er auf die Wasseroberfläche trifft, desto größer ist der Lotwinkel γ, mit dem er auf die Grenzschicht vor dem Auge des Beobachters trifft (s. Skizze). Tina kann das Gitter nicht mehr sehen, weil die von dem Gitter ausgehenden Lichtstrahlen vor ihrem Auge bereits totalreflektiert werden (angedeutet durch die dünne gepunktete Linie), während ihr Vater noch einen Rest des Gitters erkennt.

Im Grenzfall der Totalreflexion gilt

$$n \sin\gamma = 1, \qquad \text{und damit} \qquad \gamma = \arcsin\frac{1}{n} \approx 48{,}8° \,. \tag{3}$$

Mit $\beta = 90° - \gamma$ und erneuter Anwendung des Brechungsgesetzes lässt sich außerdem α bestimmen:

$$\sin\alpha = n\sin\beta = n\cos\gamma \,. \tag{4}$$

Damit ist

$$\alpha = \arcsin\left(n\cos\gamma\right) \approx 61{,}3° \,. \tag{5}$$

Durch Betrachtung der beiden in der Skizze eingezeichneten Dreiecke lässt sich der Durchmesser d des Aquariums mit $h = H - h_0 - 1{,}70\,\text{m} = 2{,}20\,\text{m}$ berechnen zu

$$d = x + y = h_0 \tan\alpha + \frac{h}{\tan\gamma} \approx 2{,}11\,\text{m} \,. \tag{6}$$

Lösung Aufgabe 3: Rotierende Scheibe

Da sich die Scheibe frei dreht, bleibt der Drehimpuls des Systems aus Scheibe und Punktmasse erhalten, d.h. es gilt

$$L = \theta\,\omega = \text{const.} \tag{7}$$

Hierbei bezeichnet θ das Trägheitsmoment, das sich aus dem Trägheitsmoment der Scheibe und dem Trägheitsmoment der Punktmasse zusammensetzt zu

$$\theta(t) = \frac{1}{2} M\, R^2 + m\, r(t)^2 \,. \tag{8}$$

$r(t)$ gibt dabei die momentane Auslenkung der Punktmasse an. Die Winkelgeschwindigkeit der Scheibe nimmt daher ihren Maximalwert an, wenn die Punktmasse im Mittelpunkt der Scheibe ist, also bei $r(t) = 0$, und ihren Minimalwert, wenn $r(t) = R$ gilt.

Da die Punktmasse während einer Schwingungsperiode zwei Mal durch den Mittelpunkt geht, entspricht die Schwingungsdauer T dem Abstand zwischen einer Spitze in dem Winkelgeschwindigkeitsgraphen und der übernächsten Spitze. Damit folgt für die Schwingungsfrequenz der Punktmasse

$$f = \frac{1}{T} \approx \frac{1}{2{,}9\,\text{s}} \approx 0{,}34\,\frac{1}{\text{s}} \,. \tag{9}$$

Ein Vergleich der maximalen und der minimalen Winkelgeschwindigkeit ergibt mit (7) darüber hinaus, dass

$$\frac{1}{2} M\, R^2\, \omega_{\max} = \left(\frac{1}{2} M + m\right) R^2\, \omega_{\min} \,. \tag{10}$$

Damit gilt für das gesuchte Massenverhältnis

$$\frac{m}{M} = \frac{1}{2}\left(\frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}} - 1\right) \approx \frac{1}{2}\left(7{,}8 - 1\right) \approx 3{,}4 \,. \tag{11}$$

Lösung Aufgabe 4: Heißer Draht

Für hohe Temperaturen dominiert die Wärmeabgabe durch Strahlung, die durch das Stefan-Boltzmann-Gesetz beschrieben wird. Bei kleineren Temperaturen wird der Wärmetransport wesentlich durch andere Wärmetransportmechanismen wie Wärmeleitung oder Konvektion beeinflusst.

Nach einiger Zeit stellt sich jeweils ein Gleichgewicht zwischen umgesetzter elektrischer Leistung und Strahlungsleistung ein, aus dem die Temperatur des Drahtes bestimmt werden kann. Bezeichnet man die Länge des Drahtes mit ℓ und seinen Durchmesser mit d, dann gilt:

$$U\,I = \sigma\,\pi\,d\,\ell\,T^4, \qquad \text{und damit} \qquad T = \left(\frac{U\,I}{\sigma\,\pi\,d\,\ell}\right)^{1/4}. \tag{12}$$

In Gleichung (12) kann als zusätzlicher Faktor der Emissionsgrad des Drahtes mit aufgenommen werden. Trotz veränderter Werte sollte dies als richtig gewertet werden.

Analog hängt der spezifische Widerstand von den Messgrößen gemäß

$$\frac{U}{I} = \rho(T)\frac{4\,\ell}{\pi\,d^2} \tag{13}$$

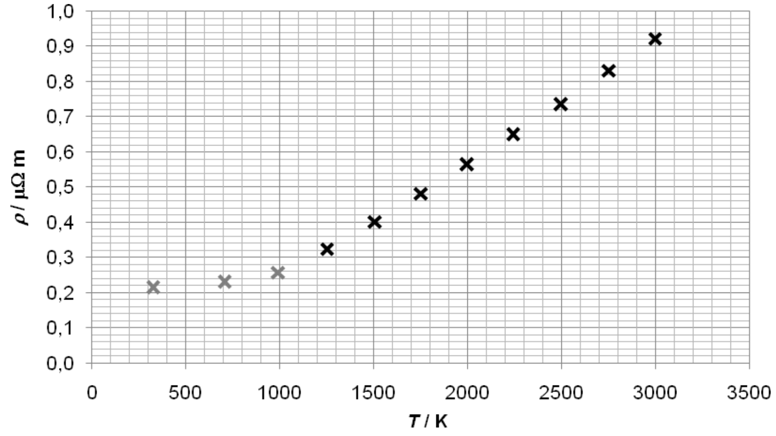
ab. Damit lässt sich der spezifische Widerstand bestimmen aus

$$\rho(T) = \frac{\pi\,d^2\,U}{4\,\ell\,I}. \tag{14}$$

Mit den aus dem Graphen abzulesenden Werten ergibt sich folgende Tabelle

***U* / V**	***I* / A**	***T* / K**	**ρ / $10^{-6}\ \Omega$ m**
29,1	9,9	3000	0,92
23,2	8,8	2750	0,83
18,0	7,7	2500	0,74
13,7	6,6	2250	0,65
10,1	5,6	2000	0,57
7,1	4,7	1750	0,48
4,8	3,8	1500	0,40
3,0	2,9	1250	0,32
1,7	2,0	990	0,26
0,8	1,1	710	0,23
0,2	0,2	330	0,22

Mit diesen Werten lässt sich der gesuchte Graph erstellen.



Bewertungsvorschläge

Gemäß den Gepflogenheiten bei der Internationalen PhysikOlympiade sollte nur die Richtigkeit der Lösung bewertet werden, nicht die Sauberkeit der Ausarbeitung und der sprachliche Ausdruck.

Die angegebenen Punktzahlen beziehen sich auf den von uns ausgearbeiteten Lösungsweg. Bei anderen Lösungswegen muss die Bewertung sinngemäß abgeändert werden, wobei die Gesamtpunktzahl pro Aufgabe beizubehalten ist. Schülerinnen und Schüler, die im Schuljahr 2010/2011 noch nicht die vorletzte Jahrgangsstufe erreicht haben, erhalten einen **Bonus von 5 Punkten.**

Schicken Sie bitte die korrigierten und bewerteten Arbeiten an den für Ihr Bundesland zuständigen Landesbeauftragten, die/der Ihnen auch für Rückfragen zur Verfügung steht. Die Kontaktdaten können Sie dem Handzettel oder der IPhO Webseite **www.ipho.info** entnehmen. Der Stichtag für die Einsendung wird von Ihrem Bundesland festgelegt und kann ebenfalls bei den Landesbeauftragten erfragt werden.

Achten Sie bitte unbedingt darauf, dass für jede Teilnehmerin und jeden Teilnehmer das beiliegende Adressformular vollständig ausgefüllt den Arbeiten beigefügt und die Bewertung auf der Rückseite eingetragen ist. Das Formular kann auch unter www.ipho.info runtergeladen werden.

Auch Teilnehmerinnen und Teilnehmer, die nicht in die nächste Runde kommen, erhalten eine Teilnahmebestätigung für die erste Runde. Bitte melden Sie daher auch diese unbedingt weiter. Die Punktegrenze für das Erreichen der zweiten Runde liegt in diesem Jahr bei 35 Punkten.

Herzlichen Dank für Ihre Mühe!

Aufgabe 1: Freifallturm	**Punkte**
Erkennen, dass Effekt durch Wirbelströme bedingt ist	1
Erkennen, dass Platten sich aufgrund des Widerstandes erwärmen	1
Erkennen der Energieerhaltung	1
Formulieren der Energieerhaltung (1)	2
Verwenden des richtigen Wertes für Höhe	1
Analytisches Ergebnis (2)	1
Wert in (2) für Temperaturerhöhung	1
	8

Aufgabe 2: Aquarium	**Punkte**
Erkennen, dass Totalreflexion und Brechung auftreten	2
Skizze mit beiden Strahlengängen	3
Begründen, warum Tina das Gitter nicht mehr sieht	2
Bestimmen des Grenzwinkels γ (3)	2
Bestimmen des Winkels α (5)	2
Betrachten der Dreiecke und analytisches Ergebnis für d (6)	3
Wert für Durchmesser in (6)	1
	15

Aufgabe 3: Rotierende Scheibe	**Punkte**
Erkennen der Drehimpulserhaltung (7)	2
Trägheitsmoment der Scheibe und der Punktmasse (8)	3
Identifizieren der Positionen für maximales und minimales ω	2
Ausnutzen der Periodizität und Idee zur Bestimmung der Frequenz	2
Ergebnis (9) für Frequenz	1
Drehimpulserhaltung (10) für Minimal- und Maximalwerte von ω	2
Formel (11) für Massenverhältnis	1
Wert in (11) für Massenverhältnis	1
	14

Aufgabe 4: Heißer Draht	**Punkte**
Angeben, dass Strahlungstransport dominant ist	2
Erkennen, dass ein Leistungsgleichgewicht vorliegt	2
Formulieren des Gleichgewichtes mit Stefan-Boltzmann-Gesetz (12)	2
Umformen nach T in (12)	1
Formulieren der Gleichung (13) für den Widerstand	1
Umstellen zu Ausdruck (14) für den spezifischen Widerstand	1
Berechnen der notwendigen Werte für Graph und Tabelle	2
Graph mit korrekten Achsen und Eintragung der Punkte	2
	13

Summe	**50**