

39. Internationale Physikolympiade

Vietnam 2008



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

Lösungen und Bewertungsvorschläge zu den Aufgaben der 1. Runde des Auswahlverfahrens für die 39. IPhO 2008

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 Schüler zur Teilnahme anzuregen und die von Ihren Schülern 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 und Ihren Schülern viel Erfolg.

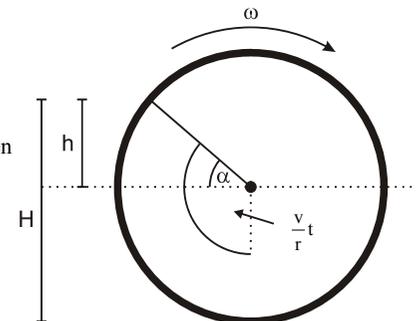
Da die Abgabetermine für die 1. Runde von Bundesland zu Bundesland variieren, geben Sie diese Lösungen bitte nicht vor Mitte September 2007 an die Schüler weiter!



IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften

Lösung Aufgabe 1: Wassertropfen

Die Winkelgeschwindigkeit des Reifens beträgt $\omega = \frac{v}{r}$. Die Wassertropfen befinden sich vor dem Ablösen auf dem Reifenmantel und daher von der Reifenmitte aus gesehen auf einer Höhe



$$h = -r \cos\left(\frac{v}{r}t\right), \quad (1)$$

wobei $r = 32,5 \text{ cm}$, $v = 20 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ und die Phase zu 0 gewählt wurde.

Beim Ablösen zur Zeit t_R beträgt die vertikale Geschwindigkeitskomponente des Tropfens

$$\dot{h}_R = v \sin\left(\frac{v}{r}t_R\right). \quad (2)$$

Der Energiesatz liefert die Steighöhe h_s über dem Ablösepunkt aus

$$mgh_s = \frac{1}{2}m\dot{h}_R^2, \quad (3)$$

so dass die Gesamtsteighöhe über der Straße gegeben ist durch

$$H = r\left(1 - \cos\left(\frac{v}{r}t_R\right)\right) + \frac{v^2}{2g} \sin^2\left(\frac{v}{r}t_R\right). \quad (4)$$

Mit $\sin^2 x = 1 - \cos^2 x$ lässt sich dies umschreiben zu

$$H = r + \frac{v^2}{2g} + \frac{r^2g}{2v^2} - \left(\frac{r}{v}\sqrt{\frac{g}{2}} + \frac{v}{\sqrt{2g}} \cos\left(\frac{v}{r}t_R\right)\right)^2. \quad (5)$$

Da $\frac{v}{\sqrt{2g}} > \frac{r}{v}\sqrt{\frac{g}{2}}$ hat die Klammer Nullstellen und der Maximalwert wird angenommen, wenn der quadratische Ausdruck verschwindet. Wir erhalten

$$H_{\text{Max}} = r + \frac{v^2}{2g} + \frac{r^2g}{2v^2} \approx 1,9 \text{ m}. \quad (6)$$

Der quadratische Ausdruck verschwindet, wenn

$$\cos\left(\frac{v}{r}t_R\right) = -\frac{rg}{v^2}. \quad (7)$$

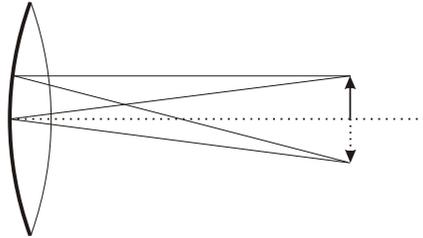
Mit der Horizontalen muss also ein Winkel von

$$\alpha = \arccos\left(-\frac{rg}{v^2}\right) - 90^\circ \approx 5,9^\circ \quad (8)$$

eingeschlossen werden.

Lösung Aufgabe 2: Uhrenläser

Im ersten Fall verhält sich das System wie ein konkaver Spiegel mit Krümmungsradius r .



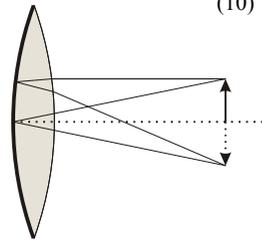
Die Abbildungsgleichung

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{2}{r} \quad (9)$$

liefert mit $b = g = 20 \text{ cm}$

$$r = 20 \text{ cm} . \quad (10)$$

Im zweiten Fall wird das Licht zweimal (beim Ein- und Austreten) gebrochen und an der Hinterseite reflektiert.



Durch die erste Brechung und das Spiegeln entstehende reelle Bilder sind jeweils virtuelle Bilder für die folgende Abbildung, so dass wir folgende Gleichungen erhalten.

$$\frac{1}{L} + \frac{n}{x} = \frac{n-1}{r} \quad \text{1. Brechung} \quad (11)$$

$$-\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{2}{r} \quad \text{Re flexion} \quad (12)$$

$$-\frac{n}{y} + \frac{1}{L} = \frac{n-1}{r} \quad \text{2. Brechung} \quad (13)$$

Hierbei bezeichnen x , y die jeweiligen Bildabstände und L den gesuchten Abstand zwischen Uhrenlassystem und Objekt.

Auflösen ergibt als Ergebnis

$$L = 12 \text{ cm} . \quad (14)$$

Lösung Aufgabe 3: Gletscher

Beim Schmelzen des Eises beträgt die Temperatur der Unterseite der Eisplatte $T_o = 0^\circ \text{C}$.

Die durch den Eisblock abgeführte Wärmemenge pro Zeit beträgt etwa

$$\dot{Q}_L = \lambda \frac{T_o - T_{\text{oben}}}{h} A , \quad (15)$$

wobei $T_{\text{oben}} = -10^\circ \text{C}$ ist, h die Höhe und A die Fläche der Eisplatte beschreiben. Eine Wärmeabgabe durch die Seitenflächen wird hierbei, aufgrund der relativ geringen Seitenfläche, vernachlässigt. Die durch Reibung pro Zeit produzierte Wärmemenge ist

$$\dot{Q}_R = F_{\text{Reibung}} v = A h \rho_{\text{Eis}} g \mu v . \quad (16)$$

Wenn $\dot{Q}_R > \dot{Q}_L$ ist, erwärmt sich das Eis weiter und beginnt zu schmelzen. Im Grenzfall ist

$$\dot{Q}_R = \dot{Q}_L \quad (17)$$

und damit

$$A h \rho_{\text{Eis}} g \mu v_{\text{Grenz}} = \lambda \frac{T_o - T_{\text{oben}}}{h} A . \quad (18)$$

Es folgt

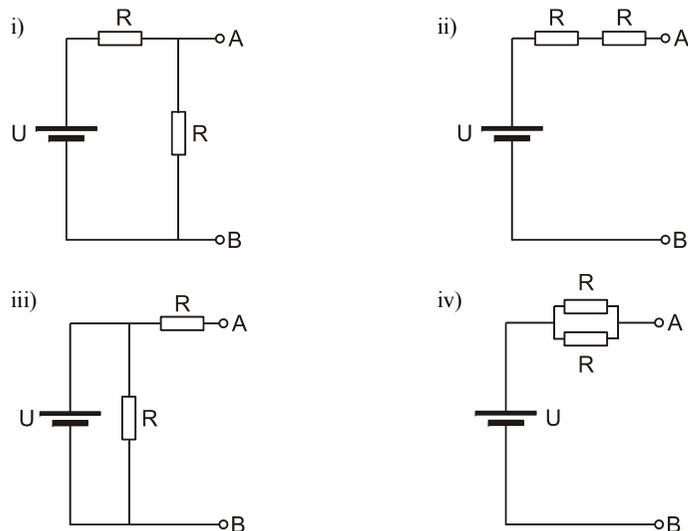
$$v_{\text{Grenz}} = \frac{\lambda (T_o - T_{\text{oben}})}{h^2 \rho_{\text{Eis}} g \mu} \approx 2,6 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} . \quad (19)$$

Für den Fall der kleinen Eisplatte erhält man analog

$$v_{\text{Grenz}} \approx 2,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} . \quad (20)$$

Lösung Aufgabe 4: Black-Box

Wenn die Polung der Spannungsquelle außer acht gelassen wird, existieren vier inäquivalente kurzschluss sichere Schaltungsmöglichkeiten in der Black-Box:



Bei Schalten eines Widerstandes r zwischen A und B wird an diesem die folgende Leistung verbraucht

$$P = \frac{U_r^2}{r} = \frac{U^2}{r} \begin{cases} \frac{1}{\left(2 + \frac{R}{r}\right)^2} & \text{im Fall (i)} \\ \frac{1}{\left(1 + 2\frac{R}{r}\right)^2} & \text{im Fall (ii)} \\ \frac{1}{\left(1 + \frac{R}{r}\right)^2} & \text{im Fall (iii)} \\ \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{2}\frac{R}{r}\right)^2} & \text{im Fall (iv)} \end{cases} \quad (21)$$

Zusätzlich gilt mit dem Ohmschen Gesetz für den Kurzschlussstrom I für die vier Schaltungen

$$\begin{aligned} \text{(i)} \quad I &= \frac{U}{R} & \text{(ii)} \quad I &= \frac{U}{2R} \\ \text{(iii)} \quad I &= \frac{U}{R} & \text{(iv)} \quad I &= \frac{2U}{R} \end{aligned} \quad (22)$$

Aus den gegebenen Daten lassen nun jeweils U und R bestimmen.

$$\begin{aligned} \text{(i)} \quad U &= 20 \text{ V}, \quad R = 20 \Omega & \text{(ii)} \quad U &= 10 \text{ V}, \quad R = 5 \Omega \\ \text{(iii)} \quad U &= 10 \text{ V}, \quad R = 10 \Omega & \text{(iv)} \quad U &= 10 \text{ V}, \quad R = 20 \Omega \end{aligned} \quad (23)$$

Die am Widerstand r umgesetzte Leistung ist in allen Fällen

$$P = \frac{\tilde{U}^2}{r} \frac{1}{1 + \frac{\tilde{R}}{r}}, \quad \text{wobei} \quad \tilde{U} = 10 \text{ V} \quad \tilde{R} = 10 \Omega. \quad (24)$$

Im Fall $r = 30 \Omega$ ist somit

$$P \approx 1,88 \text{ W}. \quad (25)$$

Nähere Aussagen über den Aufbau sind nicht möglich.

Anmerkung:

Diese Aufgabe ist eine Anwendung des Thévenin-Theorems, nach dem jede Anordnung aus Batterien und Widerständen mit zwei Ausgängen allein durch Kenntnis von Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom beschrieben werden kann.

Bewertungsvorschläge

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

Die angegebenen Punktzahlen beziehen sich auf den unsererseits ausgearbeiteten Lösungsweg. Bei anderen Lösungswegen muss die Bewertung sinngemäß abgeändert werden, wobei die Gesamtpunktzahl pro Aufgabe beizubehalten ist. Mittelstufenschüler erhalten einen Bonus von 4 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 entnehmen. Der Stichtag für die Einsendung wird von Ihrem Ministerium festgelegt und kann im Zweifelsfall ebenfalls bei den Landesbeauftragten erfragt werden.

Achten Sie bitte unbedingt darauf, dass für jeden Teilnehmer und jede Teilnehmerin das beigefügte Adressformular vollständig ausgefüllt den Arbeiten beigefügt ist. Das Formular kann auch unter www.ipho.de heruntergeladen 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 40 Punkten.

Noch einmal herzlichen Dank für Ihre Mühe

Lösungen zu den Aufgaben der 1. Runde der 39. IPhO 2008

Aufgabe 1: Wassertropfen	Punkte
Mathematische Beschreibung der Drehbewegung	1
Rollbedingung $\omega = v / r$	1
Vertikale Geschwindigkeitskomponente (2)	1
Idee, Steighöhe aus Energiesatz zu gewinnen	1
Gleichung (3) für Energiesatz	1
Gesamtsteighöhe (4)	1
Idee, Additionstheoreme zu verwenden	1
Umformung zu (5)	1
Herleitung einer Minimalbedingung	2
Analytisches Ergebnis (6)	1
Numerischer Wert in (6)	1
Gleichung (7)	1
Ergebnis (8) für Winkel α	1
	14

Aufgabe 2: Uhrengläser	Punkte
Abbildungsgleichung (9)	2
Ergebnis (10) für r	1
Beschreibung des Strahlenganges (Text und/oder Skizze)	2
Brechungsgesetz (11)	2
Verwendung des Reflexionsgesetzes in (12)	1
Korrekte Beziehung der Größen in (12) (insbesondere Vorzeichen)	1
Verwendung des Reflexionsgesetzes in (13)	1
Korrekte Beziehung der Größen in (13) (insbesondere Vorzeichen)	1
Auflösen nach L analytisch	2
Numerisches Ergebnis (14) für L	1
	14

Lösungen zu den Aufgaben der 1. Runde der 39. IPhO 2008

Aufgabe 3: Gletscher	Punkte
Temperaturbedingung (0°C) Unterseite	1
Vernachlässigen der Ränder	1,5
Abgeführte Wärmemenge (15)	2
Ausdrücken der produzierten Wärme durch F_r in (16)	1,5
Einsetzen der Reibungskraft in (16)	1,5
Bedingung fürs Schmelzen und Grenzfall	2
Ergebnis (18)	1
Gleichung (19) analytisch	1,5
Numerisches Ergebnis in Gleichung (19)	1
Ergebnis (20) für kleinen Eisblock	1
	14

Aufgabe 4: Black-Box	Punkte
Angabe der vier Möglichkeiten (je ½ Punkt)	2
Aussage, dass dies alle sind	1
Ansatz für Leistung in (21)	1
Idee der Spannungsteilung	1
Ergebnisse in (21) (je ½ Punkt)	2
Ergebnisse in (22) (je ½ Punkt)	2
Idee, aus diesen Daten U und R zu bestimmen	1
Ergebnisse in (23)	1
Gleichung (24)	1
Bestimmung der Leistung in (25)	1
Aussage und Begründung, dass alle Schaltungen möglich sind	1
	14

Summe 56