Gletscher und Vulkane im Licht der Mitternachtssonne

29. Internationale Physik Olympiade 1998 in Reykjavik/Island

Helmuth Mayr

1967 wurden die Internationalen Physikolympiaden gegründet, zu denen jedes Jahr ein anders Land einlädt. Österreich nahm 1982 erstmalig an diesem internationalen Treffen teil und war im Jahr 1988 Gastland für damals 29 Nationen. In der Zwischenzeit ist die Gemeinde der Teilnehmerländer auf die respektable Anzahl von 56 angewachsen.

So trafen sich heuer in Island 18 Schülerinnen und 248 Schüler aus insgesamt 56 Staaten, um ihr physikalisches Können in diesem friedlichen Wettstreit, der 29. Internationalen Physik Olympiade 1998, zu messen.

Die isländischen Gastgeber sorgten vom 2. bis 10. Juli 1998 für ein interessantes Rahmenprogramm, das ausreichend Gelegenheit bot, sowohl Land und Leute kennen zu lernen als auch über alle Grenzen reichende Freundschaften zu knüpfen. Die beiden Wettbewerbstage (am 4. Juli fand der theoretische und am 6. Juli der experimentelle Wettbewerb statt) fügten sich harmonisch in dieses Rahmenprogramm ein.

Im folgenden werden die insgesamt vier Wettbewerbsaufgaben vorgestellt. Aus Platzgründen kann jedoch nur eine der Aufgaben im Original betrachtet werden, während die anderen drei Problemstellungen lediglich beschrieben werden können.

Die englischsprachige Fassung aller Aufgabestellungen und Lösungen der 29. IPHO-1998 sowie weitere diesbezügliche Informationen können im Internet unter der Adresse www.hi.is/ipho aufgerufen werden.

Aufgabe 1: Das Rollen eines hexagonalen Prismas

Teil a)

Von einem homogenen, langen, festen, starren und regulären hexagonalen Prisma mit einem gegebenen Ausdruck für das Trägheitsmoment wurde angenommen, daß es eine schiefe Ebene, die einen bestimmten Neigungswinkel aufweist, "ungleichmäßig" hinabrollen kann. Der Zusammenhang zwischen der mit ω_i bezeichnete Aufprall-Winkelgeschwindigkeit einer Prismenkante und der mit ω_f bezeichneten Winkelgeschwindigkeit kurz nach dem Aufprall wurde mit $\omega_f = s \, . \, \omega_i$ angegeben. Die Konstante s war zu bestimmen.

Eine entsprechende Bewegungsanalyse liefert entweder mit Hilfe des Drallsatzes und des Satzes von Steiner oder auf Grund entsprechender Komponentenzerlegungen der auftretenden Impulse das Verhältnis der beiden betrachteten Winkelgeschwindigkeiten, was zum Ergebnis $s = 11/17$ führt.

OStR. Prof. Ing. Mag. Helmuth Mayr, BGRG Wien 15/Schmelz, Mitglied der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik an der Universität-Wien, Leiter der österreichischen Delegationen bei Internationalen Physikolympiade

Teil b)

Zunächst wird festgestellt, daß die kinetischen Energien K_i und K_f kurz vor und kurz nach dem Aufprall einer Kante der Beziehung $K_f = r \, . \, K_i$ genügen. Der Zahlenwert der Konstante r war zu bestimmen.

Wendet man auf das betrachtete System den Energiesatz an und setzt das unter a) gefundene Ergebnis ein, erhält man:

$$r = 121/289$$

Teil c)

Damit das Prisma weiterrollen kann, muß die Energie K_i größer als ein Minimalwert $K_{i,min}$ sein, für den gilt: $K_{i,min} = \delta . M . g . a$, wobei δ einen neigungsabhängigen Koeffizienten, M die Prismenmasse, g die Fallbeschleunigung und a die Kantenlänge der hexagonalen Prismenquerschnittsfläche bezeichnen.

Bedenkt man, daß beim Abrollen des Prismas dessen Schwerpunkt stets gehoben und wieder gesenkt wird, läßt sich zunächst eine Winkelaussage formulieren, die in den Energiesatz eingesetzt werden kann, was zum Ergebnis

$$\delta = \frac{1}{r} \cdot [1 - \cos(30° - \theta)]$$

führt (wobei θ den Neigungswinkel der schiefen Ebene bezeichnet).

Teil d)

Falls das Prisma ständig weiterrollen kann, nähert sich die kinetische Energie einem Grenzwert $K_{i,0}$, für den gilt: $K_{i,0} = \kappa . M . g . a$, wobei κ eine Konstante ist, die von θ und r abhängt. Der Wert für κ war zu bestimmen.

Eine Betrachtung von aufeinanderfolgenden Abrollbewegungen führt zu Energieaussagen, mit denen ein iterativer Ausdruck für n bzw. (n+1) Bewegungsabläufe formuliert werden kann. Da n als sehr groß angenommen werden muß, führt die Näherung $n \approx n + 1$ zum Ergebnis:

$$\kappa = \frac{\sin\theta}{1 - r}$$

Teil e)

Im letzten Punkt dieser Aufgabe wurde verlangt, den minimalen Neigungswinkel θ_0 für ständiges Abrollen mit einer Genauigkeit von $\pm 0{,}1°$ zu bestimmen.

Aus der Ungleichung, daß die aktuelle Energie größer als die Minimalenergie sein muß, und durch Einsetzen der bisher gewonnenen Ergebnisse folgt der Nominalwert: $\theta_0 = 6{,}58°$

Aufgabe 2: Wasser unter einer Eisdecke

Diese Aufgabe soll im folgenden genauer betrachtet werden.

Deutschsprachige Originalangabe:
In dieser Aufgabe betrachten wir das Schmelzen von Eis und das Verhalten von Wasser unter temperiertem Inlandeis, d.h. mit Temperaturen um den Schmelzpunkt. Die Eisschicht kann einige km dick und hunderte km ausgedehnt sein. Unter diesen Bedingungen kommt es zu Druckunterschieden, auf welche das Eis wie eine zähe Flüssigkeit über einen langen Zeitraum reagiert.

Dichte von Wassers:	$\rho_w = 1{,}000\cdot10^3$ kg/m^3
Dichte von Eis:	$\rho_i = 0{,}917\cdot10^3$ kg/m^3
Spez. Wärmekapazität von Eis:	$c_i = 2{,}1\cdot10^3$ J/(kg °C)
Spez. Schmelzwärme von Eis:	$L_i = 3{,}4\cdot10^3$ J/kg
Dichte von Gestein und Magma:	$\rho_r = 2{,}9\cdot10^3$ kg/m^3
Spezifische Wärmekapazität von Gestein und Magma:	$c_r = 700$ J/(kg °C)
Spezifische Schmelzwärme von Gestein und Magma:	$L_r = 4{,}2\cdot10^5$ J/kg
Mittlerer Wärmefluß vom Erdinneren durch die Erdoberfläche:	$J_q = 0{,}06$ W/m^2
Schmelzpunkt des Eises:	$T_0 = 0$ °C, konstant

Angabe Teil a) (0,5 Punkte) Wir betrachten eine mächtige Eisdecke an einem Ort mit mittlerem Wärmefluß vom Erdinneren durch die Erdoberfläche. Berechnen Sie die Dicke d der Eisschicht an der Erdoberfläche, die jährlich schmilzt.

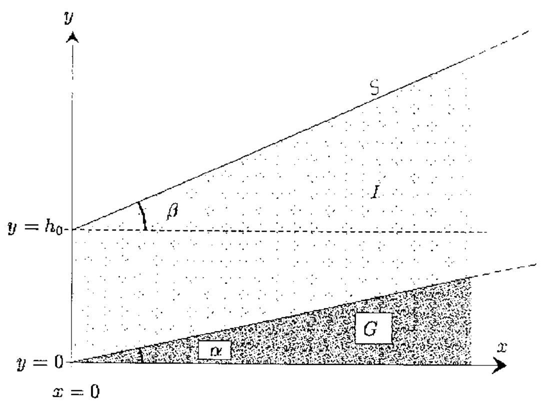


Abb. 2.1: Querschnitt durch eine Eisdecke I mit glatter Oberfläche S, die auf einer geneigten Grundfläche G ruht.

Lösung Teil a)

Auf Grund des Energiesatzes folgt: J_Q . (1 Jahr) $= L_i \,.\, \rho_i \,.\, d$

$$d = \frac{J_Q \cdot (1\text{ Jahr})}{L_i \cdot \rho_i} = \frac{0,06\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{s}}\cdot(365,25\cdot 24\cdot 60\cdot 60)\mathrm{s}}{3,4\cdot 10^5\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}\cdot 917\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}}$$

$$= 6,1\cdot 10^{-3}\mathrm{m}$$

Angabe Teil b) (3,5 Punkte) Wir betrachten jetzt die Grund- und Oberfläche des Eisfeldes. Der Grund unter dem Eis hat den Neigungswinkel α. Die Eisoberfläche ist um den Winkel β geneigt (Abb. 2.1). Die vertikale Dicke des Eises in $x = 0$ ist h_0. Damit können die Grund- und Oberfläche des Eisfeldes mit den folgenden Gleichungen ausgedrückt werden:

$y_1 = x \tan\alpha$, $y_2 = h_0 + x \tan\beta$

Leiten Sie einen algebraischen Ausdruck für den Druck am Grund des Eisfeldes als Funktion der horizontalen Koordinate x ab und schreiben Sie die Antwort auf das Antwortblatt. Am Grunde des Eises sammelt sich Wasser als dünner Film. Unter der Bedingung

$\tan\alpha = s \cdot \tan\beta$

fliesst dieses Wasser in keiner Richtung ab.

Bestimmen Sie s und schreiben Sie die Antwort auf das Antwortblatt.

Die Gerade $y_1 = 0{,}8\,x$ in Abb. 2.2 zeigt die Erdoberfläche unter einem Eisfeld. Die vertikale Mächtigkeit h_e in $x = 0$ ist 2 km. Gehen Sie davon aus, daß sich das Wasser am Grunde des Eises in hydrostatischem Gleichgewicht befindet. Zeichnen Sie die Gerade y_1 auf das karierte Antwortblatt und fügen Sie eine Gerade hinzu, welche die Eisoberfläche darstellt. Machen Sie in dem Diagramm deutlich, welche Gerade was darstellt.

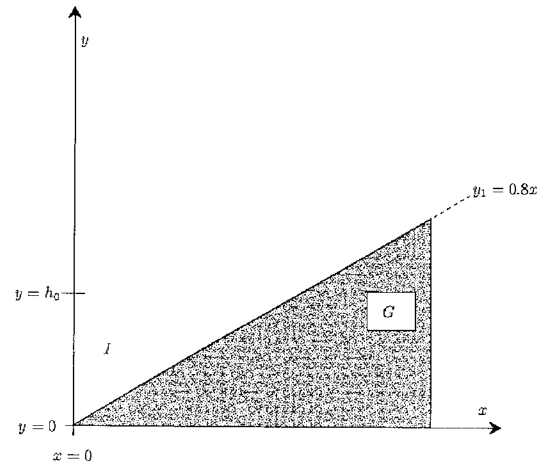


Abb. 2.2: Querschnitt durch ein temperiertes Eisfeld, das auf schrägem Grund G ruht. Das Wasser am Grunde befindet sich in hydrostatischem Gleichgewicht.

Lösung Teil b)

Wenn p_a den als konstant angenommenen Atmosphärendruck bezeichnet folgt für den Eisdruck in einer Tiefe z:

$p = \rho_i \,.\, g \,.\, z + p_a$

Da für die Eistiefe am Grund gelten muß: $z = y_2 - y_1$ folgt:

$$p = \rho_i\cdot g\cdot(y_2 - y_1)\cdot p_a$$
$$= \rho_i\cdot g\cdot x\cdot(\tan\beta - \tan\alpha) + \rho_i\cdot g\cdot h_0\cdot p_a$$

Damit das Wasser an der Basis der Eisdecke unbeweglich bleibt, muß gelten:

$$p = \text{Konstante} - \rho_w\cdot g\cdot y_1 = \text{Konstante} - \rho_w\cdot g\cdot x\cdot\tan\alpha$$

Daraus:

$$\rho_i\cdot g\cdot x\cdot(\tan\beta - \tan\alpha) = -\rho_w\cdot g\cdot x\cdot\tan\alpha$$

Daher:

$$\tan\beta = \frac{\rho_w - \rho_i}{\rho_i}\cdot\tan\alpha = -\frac{\Delta\rho}{\rho_i}\cdot\tan\alpha \approx -0,091\cdot\tan\alpha$$

$$\Rightarrow \; s = -\frac{\Delta\rho}{\rho_i} = -0,091$$

(Dabei ist das negative Vorzeichen wichtig).

Da entsprechend der Angabe gilt: $\tan\alpha = 0{,}8$
folgt durch Einsetzen: $\tan\beta = -0{,}073$
somit: $y_2 = 2\text{ km} - 0{,}073 \cdot x$

Von den Teilnehmern/innen wurde erwartet, diese Gerade auf dem Antwortblatt einzuzeichnen.

Angabe Teil c) (1 Punkt) Eine große Eisschicht auf horizontalem Grund hat ursprünglich eine konstante Dicke d = 2,0 km. Durch plötzliches Schmelzen bildet sich ein Wasserkegel auf dem Grund mit der Höhe h = 1,0 km und dem Radius r = 1,0 km (Abb. 2.3). Wir nehmen an, daß das verbleibende Eis sich an die Bedingungen ausschließlich durch vertikale Bewegung anpaßt. Beschreiben Sie analytisch auf dem leeren Antwortblatt und zeichnen Sie auf dem karierten Antwortblatt die Form der Oberfläche der Eisdecke, nachdem sich der Wasserkegel gebildet und hydrostatisches Gleichgewicht erreicht worden ist.

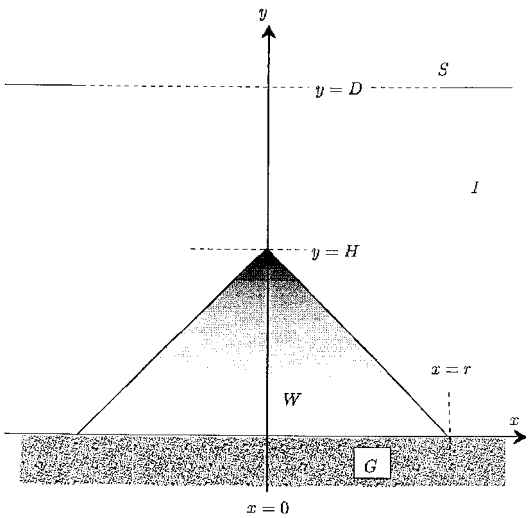


Abb. 2.3: Konischer Wassereinschluss am Grunde eines temperierten Eisfeldes. S: Oberfläche, I: Eisdecke, W: Wasser, G: Grund

Lösung Teil c)

Da das Eis (gemäß Angabe) nur durch vertikale Bewegungen auf das kegelförmige Ausschmelzvolumen reagieren soll, entsteht eine ebenfalls kegelförmige Vertiefung. Entsprechend den Überlegungen zum Punkt b) muß der Radius dieses Ausschmelzkegels ebenfalls 1,0 km groß sein. Für die Tiefe muß gelten:

$$h = |r \cdot \tan\beta| = \frac{\Delta\rho}{\rho_i} \cdot r \cdot \tan\alpha = \frac{\Delta\rho}{\rho_i} \cdot H$$

$$= 0{,}091 \cdot 1\text{ km} = 91\text{ m}$$

Von den Teilnehmern/innen wurde wiederum erwartet, daß sie dies im Antwortblatt maßstabsgerecht graphisch darstellten.

Angabe Teil d) (5 Punkte) Auf ihrer jährlichen Expedition untersucht eine Gruppe internationaler Wissenschaftler ein temperiertes Eisfeld in der Antarktis. Die Eisoberfläche ist gewöhnlich ein ausgedehntes Plateau, doch diesmal finden die Wissenschafiler eine tiefe, kraterförmige Vertiefung auf der Eisoberfläche, in der Form eines auf dem Kopf stehenden Kegels mit der Höhe h = 100 m und dem Radius r = 500 m (Abb. 2.4).

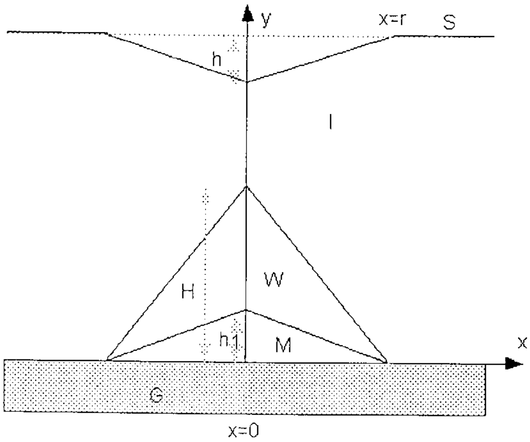


Abb. 2.4: Vertikaler Querschnitt durch das Zentrum einer konischen Vertiefung in einem temperierten Eisfeld. Magma- und Schmelzwassereinschluß am Grunde des Eisfelds. S: Oberfläche, G: Grund, I: Eisdecke, M: Magma

Nach einer kurzen Diskussion schließen die Wissenschaftler, daß die Vertiefung wahrscheinlich auf eine kleinere Vulkaneruption unter dem Eisfeld zurückzuführen ist. Magma (geschmolzenes Tiefengestein) war wohl in kleiner Menge am Grunde des Eisfeldes ausgetreten, erstarrt und abgekühlt, wobei ein gewisses Volumen an Eis geschmolzen wurde. Die Wissenschaftler versuchten folgendermaßen das Volumen der Magmaintrusion zu berechnen und herauszufinden, was aus dem Schmelzwasser geworden ist.

Wir nehmen an, daß sich das Eis ausschließlich vertikal bewegt. Ebenfalls nehmen wir an, daß das Magma gänzlich geschmolzen war und anfangs eine Temperatur von 1200°C hatte. Zur Vereinfachung gehen wir ebenso davon aus, daß die Intrusion die Form eines Kegels mit Kreisgrundfläche senkrecht unter der kegelförmigen Vertiefung in der Eisoberfläche hatte. Die Zeit, in der die Magmaintrusion anstieg, war kurz im Vergleich zur Zeitspanne des Wärmeaustausches. Wir gehen davon aus, daß der Wärmefluß anfänglich vertikal verlief, so daß das Volumen des Schmelzwassers während des gesamten Vorganges durch eine konische Eiskuppel über dem Zentrum der Magmaintrusion eingeschlossen ist.

Unter diesen Voraussetzungen verlief der Schmelzprozeß in zwei Etappen. Zunächst befindet sich das Schmelzwasser nicht im Gleichgewicht über der Magmaintrusion und fließt weg. Das wegfließende Schmelzwasser habe eine Temperatur von 0 °C. Später wird hydrostatisches Gleichgewicht erreicht und das Wasser sammelt sich über der Intrusion, anstatt abzufließen.

Bestimmen Sie für den Fall, dass das thermische Gleichgewicht erreicht ist, die folgenden Grössen:

1. Die Höhe H der Spitze des Wasserkegels, der sich unter der Eisdecke gebildet hat, relativ zum ursprünglichen Grund.
2. Die Höhe h_1 der Magmaintrusion.
3. Die Gesamtmasse m_{tot} des produzierten Wassers und die Masse m' des weggeflossenen Wassers.

Zeichnen Sie auf dem karierten Antwortblatt die Form der Intrusion und den Körper des verbleibenden Wassers. Benutzen Sie das Koordinatensystem wie in Abb. 2.4 vorgeschlagen.

Lösung Teil d)

Wird mit h_1 die Höhe der Magma-Intrusion bezeichnet können wir annehmen, daß zunächst der sich aus der Horizontalen erhebende Eiskegel mit demselben Volumen wegschmelzen wird. Deshalb ergibt sich für das anfänglich geschmolzene Eisvolumen:

$$V_1 = \frac{\pi}{3} \cdot r^2 \cdot h_1$$

Zunächst ist der Druck-Gleichgewichtszustand noch nicht erreicht. Daher fließt während dieser Zeit das Schmelzwasser ab und das Eis bleibt im Kontakt mit der Magmaoberfläche, wodurch die Eisoberfläche zunächst wieder horizontal wird. Im weiteren Verlauf entsteht dann eine kegelförmige Eisausschmelzung mit der Tiefe h_2 , für die gilt:

$$h_2 = \frac{\Delta\rho}{\rho_i} \cdot h_1$$

Damit ist der Druck-Gleichgewichtszustand erreicht, wobei auch während dieser zweiten Phase das Schmelzwasser abfließen kann.

In der Annahme, daß der Intrusionskegel noch nicht bis auf 0°C abgekühlt ist, folgt, daß ein weiteres kegelförmiges Schmelzvolumen mit der Höhe h_3 , das nun wegen des erreichten Gleichgewichtszustandes nicht mehr abrinnen kann und daher als "Wasserkegel" an Ort und Stelle verbleiben muß, der die Höhe h_3' hat, entsteht.

Für h_3' gilt:

$$h_3' = \frac{\rho_i}{\rho_w} \cdot h_3$$

Für die Gesamthöhe des geschmolzenen Eiskegels gilt daher:

$$h_{\mathrm{tot}} = h_1 + h_2 + h_3$$

Für die Tiefe des oberflächlichen Depressionskegels muß gelten:

$$h = \frac{\Delta\rho}{\rho_i} \cdot (h_1 + h_3')$$

Daher folgt für die gesuchte Höhe H der Spitze des Wasserkegels:

$$H = h_1 + h_3' = \frac{\rho_i}{\Delta\rho} \cdot h = 1{,}1 \cdot 10^3 \text{ m}$$

Aus dem Wärmeenergie-Gleichgewicht folgt:

$$\frac{\pi}{3} \cdot r^2 \cdot [\rho_r \cdot h_1 \cdot (L_r + c_r \cdot \Delta T) - \rho_i \cdot L_i \cdot h_{tot}] = 0$$

wobei ΔT die Änderung der Magmakegeltemperatur um 1200°C bezeichnet.

Verwendet man für h_2 und h_3 die vorhin ermittelten Ausdrücke folgt:

$$h_{tot} = h_1 + \frac{\Delta\rho}{\rho_i} \cdot h_1 + \frac{\rho_w}{\rho_i} \cdot h_3' = \frac{\rho_w}{\rho_i} \cdot (h_1 + h_3')$$

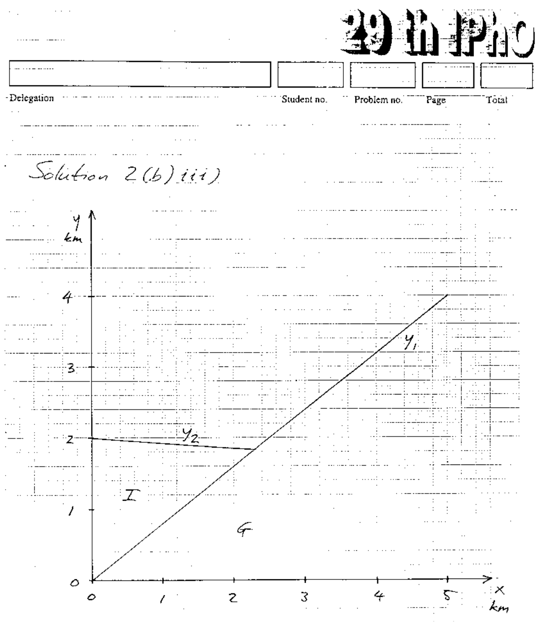
Unter Verwendung des für die Höhe H ermittelten Ausdruckes ergibt sich daher:

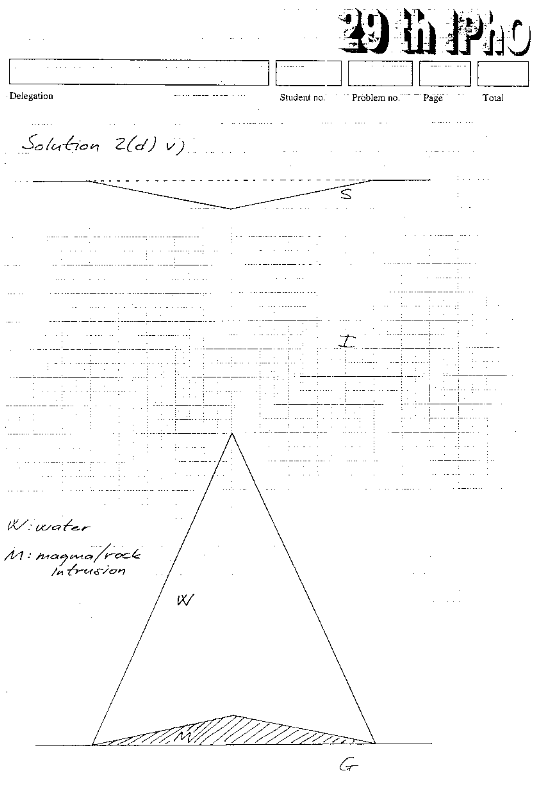
$$h_{tot} = \frac{\rho_w}{\rho_i} \cdot (h_1 + h_3') = \frac{\rho_w}{\rho_i} \cdot H = \frac{\rho_w}{\Delta\rho} \cdot h = 1{,}20 \cdot 10^3 \text{ m}$$

Da die Eisschicht laut Angabe 2 km dick ist, kann man erkennen, daß die Spitze des Schmelzwasserkegels die Eisoberfläche nicht erreicht.

Die ermittelten Werte können in die Wärmeenergie-Bilanz eingesetzt werden, um die Höhe h_1 zu bestimmen. Daher folgt:

$$\rho_r \cdot h_1 \cdot (L_r + c_r \cdot \Delta T) = \frac{\rho_i \cdot \rho_w \cdot L_i \cdot h}{\Delta\rho}$$





Damit:

$$h_1 = \frac{\rho_i \cdot \rho_w \cdot L_i \cdot h}{\Delta\rho \cdot \rho_r \cdot (L_r + c_r \cdot \Delta T)} = 103 \text{ m}$$

Für die Gesamtmasse des produzierten Wassers ergibt sich:

$$m_{tot} = \frac{\pi}{3} \cdot r^2 \cdot h_{tot} \cdot \rho_i = 2,9 \cdot 10^{11} \text{ kg}$$

Die Masse m' des abgeflossenen Wassers läßt sich folgendermaßen berechnen:

$$m' = \frac{h_1 + h_2}{h_{tot}} \cdot m_{tot} = \frac{\rho_w \cdot h_1}{\rho_i \cdot h_{tot}} \cdot m_{tot} = 2,7 \cdot 10^{10} \text{ kg}$$

Von den Schülerinnen und Schülern wurde erwartet, daß sie die berechneten Dimensionen der auftretenden Kegel maßstabsgetreu auf das Antwortblatt zeichnen.

Aufgabe 3: Schneller als das Licht?

Die Schüler erhielten eine maßstabsgetreue Kopie der Aufnahme eines aus mehreren Teilen bestehenden Himmelsobjektes, dessen Veränderungen vom 27. März bis zum 30. April 1994 wiedergegeben worden sind. Dieses Objekt wurde als Radiostrahler charakterisiert, der vorwiegend aus zwei Strahlungsquellen besteht, die sich von einem gemeinsamen Zentrum aus voneinander wegbewegen.

Als erstes wurde nach den sich ergebenden Driftgeschwindigkeiten in der Zeichenebene gefragt.

Durch genaues Vermessen der dargestellten Winkelverhältnisse konnten über die entsprechenden Winkelgeschwindigkeiten die gesuchten Geschwindigkeiten errechnet werden. Erstaunlicherweise ergab sich dabei für die eine der dargestellten Strahlungsquellen eine Driftgeschwindigkeit, die größer als die Lichtgeschwindigkeit ist!

Zwecks Interpretation dieses zunächst erstaunlichen Resultats wurde dann die räumliche Lage der Strahlungsquellen relativ zum Beobachter allgemein beschrieben. Von den Teilnehmern wurde verlangt, einen funktionalen Zusammenhang für die Winkelgeschwindigkeit und die Senkrechtkomponente der Geschwindigkeit in Abhängigkeit von den relevanten Systemgrößen aufzustellen.
Dies konnte nur mit Hilfe der Lageänderungen in Abhängigkeit von der Zeit und einer Näherung erreicht werden.

Im dritten Teil der Aufgabe wurden die numerische Berechnung der Systemparameter der Doppelstrahlungsquelle verlangt, was mit Hilfe der Ergebnisse aus dem Teil b) und einigem mathematischen Aufwand durchgeführt werden konnte.

In der vierten Teilfrage wurde verlangt, eine Bedingung aufzustellen, die für die Existenz der scheinbaren Überlichtgeschwindigkeit verantwortlich ist.

Dies konnte nur unter Beachtung der räumlichen Konfiguration, der Lageparameter und der Beachtung diverser Randbedingungen erfolgreich durchgeführt werden.

Die fünfte Teilfrage befaßte sich mit dem Maximalwert der orthogonalen Geschwindigkeitskomponente, der als Extremwertaufgabe unter Beachtung diverser Randbedingungen errechnet werden konnte.

In der letzten Teilfrage ging es um eine genauere Entfernungsbestimmung mit Hilfe des Dopplereffekts. Es war einerseits zu zeigen, daß das Systemverhalten einer gegebenen Beziehung genügt und andererseits eine unbekannte Konstante dieser Beziehung numerisch zu bestimmen.

Aus der Beschreibung des relativistischen Dopplereffekts und entsprechenden Umformungen konnte man nachweisen, daß die gegebene Beziehung erfüllt ist und damit die gesuchte Konstante mittels Koeffizientenvergleich ermitteln.

Experimentalaufgabe

Das Herzstück der experimentellen Aufgabe waren zwei U-förmige Ferritkerne, von denen einer zwei Spulen aufgesetzt erhalten hatte.

Im ersten Teil dieser Aufgabe wurde nur der Ferritkern mit den beiden Spulen benötigt. Das von diesen zwei Spulen erzeugte magnetische Wechselfeld mit einstellbarer Frequenz wurde durch diverse Metallfolien mit Dicken von 25 µm bis 175 µm gegenüber einer fix installierten Empfängerspule abgeschirmt. Mit Hilfe geeigneter Meßreihen war das Exponentialgesetz der Abschirmung nachzuweisen und der Abschirmkoeffizient als Funktion der angelegten Frequenz zu bestimmen und graphisch darzustellen.

Im zweiten Teil der Aufgabe waren die beiden Ferrit-U-Kerne so aneinander zu legen, daß ein in sich geschlossener Kern entstand. Zusätzlich wurden einige Informationen zur Theorie dieses magnetischen Kreises angegeben, die weit über dem Niveau einer AHS-Oberstufe angesiedelt waren.

Zunächst war der experimentelle Nachweis für die Richtigkeit der theoretischen Zusammenhänge für die Spuleninduktivitäten und die Kopplungskonstante zu erbringen.

Dann war die Sekundärspule kurzzuschließen, die sich dadurch ergebende Beziehung für den Primärstrom aufzustellen und experimentell zu verifizieren.

Anschließend waren die beiden Spulen so in Reihe zu schalten, daß sich das eine Mal ihre Flüsse addieren und das andere Mal subtrahieren. Außer den zugehörigen Meßwerten wurde noch nach einem theoretischen Zusammenhang für das sich nun ergebende Verhältnis der Primär- zur Sekundärspannung gefragt, in dem nur mehr die Windungszahlen der Spulen und die Kopplungskonstante vorkommen durften.

Als nächstes wurde nach einer experimentellen Bestätigung der Tatsache, daß die Induktivität dem Quadrat der Windungszahl proportional ist, gefragt. Auch diese Teilaufgabe konnte nur mit einer umfangreichen Meßreihe gelöst werden.

Die fünfte Teilaufgabe bestand darin, experimentell nachzuweisen, daß der ohmsche Widerstand der Spulen vernachlässigbar klein gegenüber dem Wechselstromwiderstand sei.

Die sechste und letzte Teilaufgabe ging von dem Phänomen aus, daß ein dünner Papierstreifen, der zwischen die beiden U-Kerne eingelegt werden kann, zu einer drastischen Abnahme der Spuleninduktivitäten führt. Mit Hilfe dieses Effektes war die relative Permeabilität des Ferritkernes zu bestimmen.

Durch nicht mehr elementare Umformungen der gegebenen Theorie ließ sich ein Ausdruck ermitteln, der die gesuchte Permeabilität als Funktion der Papierdicke und diverser Systemparameter beschrieb. Damit ließ sich $\mu_r = 2300 \pm 400$ ermitteln.

Ziele der Physikolympiaden

Das erklärte Ziel aller Physikolympiaden ist es, entsprechend interessierte und talentierte junge Menschen so weit wie möglich zu fördern. Alle internationalen Erfahrungen zeigen, daß ein Gutteil der jungen Spitzenphysiker/innen und -techniker/innen aus dem Dunstkreis der Physikolympiaden kommt.

Österreichische Physikolympiade

In Österreich geschieht die "olympische" Förderung physikalisch interessierter Jugendlicher auf zwei Ebenen, die mit dem "Breitensport" und dem "Spitzensport" verglichen werden können. Entsprechend interessierte AHS-Oberstufen- oder auch BHS-Schüler/innen können einen sogenannten Physikolympiadekurs belegen, der als unverbindliche Übung mit zwei Wochenstunden durchgeführt wird. In diesen Kursen erhalten die Teilnehmer/innen Gelegenheit, physikalische "Nüsse" aus dem Bereich der Schulphysik zu knacken.

Ein schulinterner Kurswettbewerb und ein Landeswettbewerb bieten den Teilnehmern und Teilnehmerinnen einerseits die Gelegenheit, ihr Wissen und Können mit anderen zu vergleichen und andererseits Diplome sowie Buch- und Sachpreise zu gewinnen. (Derzeit nehmen österreichweit ungefähr 550 Schüler/innen dieses Angebot wahr.)

Anschließend erhalten die besten der Landeswettbewerbe die Möglichkeit, sich für den Bundeswettbewerb zu qualifizieren und damit in den "physikalischen Spitzensport" einzusteigen.

Dem eigentlichen Bundeswettbewerb (an dem etwa ein Dutzend Schüler/innen aus ganz Österreich teilnehmen können) geht ein 10-tägiges theoretisches und experimentelles Intensivtraining voraus. Die besten fünf des Bundeswettbewerbes bilden dann gemeinsam mit Prof. Lechner vom BRG-Wörgl/Tirol und mir die Österreichische Delegation bei der darauffolgenden Internationalen Physikolympiade.

Physikolympiade und Physikunterricht

Seit vielen Jahren stellen Kursleiterinnen und Kursleiter von Physikolympiadekursen immer wieder fest, daß die Abhaltung dieser Kurse das Unterrichtsgeschehen ungemein befruchten kann. Dies deckt sich auch mit meinen ganz persönlichen Erfahrungen. In diesem Sinn kann ich Ihnen, liebe Leserin, lieber Leser, falls Sie Physiklehrer/in an einer AHS-Oberstufe oder einer BHS sein sollten, die Durchführung eines Olympiadekurses nur wärmstens empfehlen!

Die Olypmiadeteilnehmer Andreas Gmoser (Graz), Philipp Huber (Graz), Peter Lichtenberger (Linz), Georg Saltentinig (Spittal/Drau), Klaus Schiessl (Berndorf) mit Prof. Helmuth Mayr

Zwei Fische unterhalten sich: "Der Winter kommt!"

Bonusarbeit von Martina Müllner, 2e BRG Hamerlingstr. Linz

In einem kleinen Teich leben zwei junge Goldfische. Da sie noch sehr unerfahren und dies ihr erster Winter im Freien ist, haben sie einige Fragen." Der Winter ist da," klagt Willi, "was sollen wir nur tun?" Da hat sein Freund Pepi eine Idee. "Als wir beide noch im Wasserbecken vom Hornbach waren, da hat es einen alten Fisch gegeben. Eines Tages erzählte er von einem strengen Winter, den er einmal erlebt hat," berichtete der kleine Pepi, "damals war er selber noch ganz jung. Seine Eltern gaben ihm den guten Rat, sich an die tiefste Stelle, dem Boden des Biotops, zu begeben ehe der Winter kommt und das Wasser gefriert. Dort solle er sich so wenig bewegen wie möglich, um Sauerstoff zu sparen. Er solle aber auch noch so viel wie nur möglich fressen, da es im Winter fast keine Nahrung gibt und er von der angefressenen Fettschicht zehren solle." Die zwei hatten sich nun an die Worte des weisen Fisches erinnert und schwammen augenblicklich nach unten und suchten nach Futter, aber auch um dort zu überwintern. Da hatte Willi schon wieder eine Frage, die ihn sehr beschäftigte: "Wozu brauchen wir eigentlich den Sauerstoff?" Dem Pepi ging sein Freund etwas auf die Nerven, aber er blieb cool. Er antwortete auf seine Frage: "Du Dummchen., na zum Atmen. Schau, die Pflanzen haben eine Photosynthese. Natürlich funktioniert sie auch im Wasser. Durch diesen Vorgang erhält das Wasser Sauerstoff, den wir durch unsere Kiemen heraus filtern und zum Leben brauchen."

"Aha, doch ich bin nicht so dumm wie du glaubst. Mein Cousin Pauli, er lebt in den Tropen. Bei dem friert das Wasser nie zu. Das find ich aber gemein." "Schau lieber Willi," erklärte ihm der gescheite Pepi, "dort ist es sehr warm. Kein Winter und keine Jahreszeiten, darum gefriert das Wasser nie. Aber in den großen Tiefen der Ozeane, wo kein Sonnenlicht mehr bis auf den Grund durchdringen kann, können keine Wasserpflanzen mehr gedeihen. Dadurch gibt es keinen Sauerstoff mehr und es können dort nur mehr Tiere überleben, die mit nur wenig Sauerstoff überleben können. Diese Tiefen sind zum größten Teil noch unerforscht und dort leben Tiere von denen die Menschen noch gar keine Ahnung haben. Aber weißt du Willi, dort zu leben wäre sicher nicht so schön. Es gibt große Krokodile und Raubfische, die uns sofort fressen würden. Da bleib ich lieber in meinem Teich." Willi stimmte seinem Freund zu und schnappte sich einen großen Klumpen Goldfischfutter, das der Besitzer für die beiden gekauft hatte.

(Eingesandt von Prof. Mag. Engelbert Stütz)