46. Internationale PhysikOlympiade Mumbai, Indien 2015

Wettbewerbsleitung
Dr. Stefan Petersen
Tel.: 0431 / 880 - 5120
email: petersen@ipho.info

Sekretariat
Lulu Hoffmeister
Tel.: 0431 / 880 - 5387
email: sekretariat@ipho.info

Anschrift: IPN an der Universität Kiel
Olshausenstraße 62
24098 Kiel

Fax: 0431 / 880 - 3148
Webseite: **www.ipho.info**

Aufgaben der 2. Runde im Auswahlwettbewerb zur 46. IPhO 2015

Hinweise zur Bearbeitung

- Teilnahmeberechtigt sind alle Schülerinnen und Schüler, die die 1. Runde erfolgreich abgeschlossen oder sich über einen anderen Wettbewerb für die 2. Runde qualifiziert haben und **nach dem 30. Juni 1995 geboren** sind.
- Die Aufgaben sind **ohne fremde Hilfe und in Einzelarbeit** zu lösen. Gemeinschaftslösungen sind nicht zulässig. **Beachten Sie hierzu auch die erste Seite des beigefügten Adressbogens und schicken Sie diesen ausgefüllt und unterschrieben mit!**
- Bitte bearbeiten Sie jede Aufgabe auf gesonderten Blättern und schreiben Sie auf jedes Blatt Ihren Namen und Ihren Schülercode.
- Die Lösungen können handschriftlich abgegeben werden. Die Darstellung sollte logisch vollständig und nicht unnötig breit sein. Wenn Sie Formeln oder Zwischenergebnisse, die nicht im Physiklehrbuch der Schule stehen, aus anderen Quellen entnehmen, geben Sie diese bitte an.
- **Das Lösen der Probleme mit dem Computer ist, wenn nicht anders angegeben, nicht zulässig**. Sie dürfen einen Computer unterstützend (zum Beispiel zum Tippen Ihrer Bearbeitung oder zum Zeichnen) verwenden. Die Lösung muss aber ohne Computer nachvollziehbar sein.
- Der **Abgabetermin ist der 30.10.2014** (Poststempel). Bis zu diesem Datum müssen Sie Ihre **Bearbeitung unkorrigiert zu Ihrem Landesbeauftragten schicken**. Die Mitteilung, ob Sie in die nächste Runde kommen, erhalten Sie kurz vor Weihnachten. Eingeladen werden die etwa 50 Bestplatzierten. Die **3. Runde findet vom 21. bis 27.01.2015 am DESY in Hamburg statt**.
- Die eingereichten Arbeiten werden nicht zurückgeschickt. Es wird deshalb empfohlen, für eigene Zwecke eine Kopie anzufertigen. Eine Musterlösung geht Ihnen mit der Benachrichtigung über Ihr Abschneiden in der 2. Runde zu.
- In der Regel haben selbst die Bestplatzierten nicht alle Aufgaben richtig gelöst. **Verlieren Sie also nicht den Mut** und schicken Sie Ihre Bearbeitung auch dann ein, wenn Sie nicht alle Aufgabenteile bearbeiten konnten. Wir wünschen **viel Erfolg!**
- Weitere Informationen und Aktuelles finden Sie unter **www.ipho.info**.

Aufgabe 1 Den Berg hinauf (25 + 5* Pkt.)

Zwei an der Grundfläche aneinandergeklebte homogene Kegel mit Grundkreisradius R und Öffnungswinkel α liegen, wie in der nebenstehenden Abbildung zu sehen, auf zwei dünnen Schienen, die einen Öffnungswinkel β besitzen. Die durch die Schienen aufgespannte Ebene schließt einen Winkel γ mit der Horizontalen ein. A bezeichnet den tiefsten Punkt der Schienen. Die Masse des Doppelkegels beträgt m.

Der Schwerpunkt des Doppelkegels befindet sich anfänglich bezogen auf die durch die beiden Schienen aufgespannte Ebene senkrecht über dem Punkt A. Nach dem Loslassen rollt der Doppelkegel von alleine entlang der Schienen - also bergauf. Dabei befindet sich die Grundfläche der Kegel immer mittig zwischen den Schienen. Sie können annehmen, dass die Verbindungslinien zwischen dem Kegelschwerpunkt und den Kontaktpunkten des Doppelkegels mit den Schienen immer senkrecht zu den Schienen selbst sind.

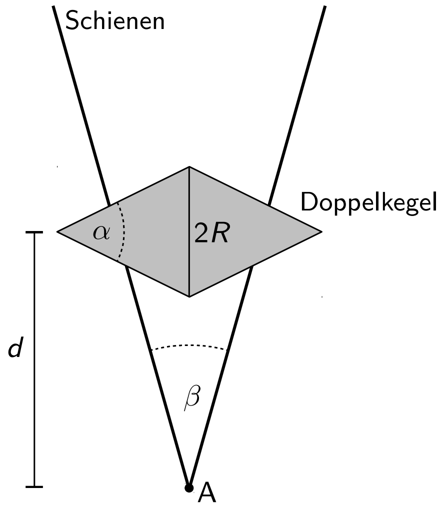

Abb. 1: *Doppelkegel auf Schienen (Aufsicht auf die Schienenebene).*

1.a) Erklären Sie physikalisch, wie es möglich ist, dass der Doppelkegel nach dem Loslassen im Punkt A scheinbar bergauf rollt. Geben Sie an, welche Bedingung(en) die Winkel α, β und γ dafür erfüllen müssen und begründen Sie Ihre Antwort. *(8 Pkt.)*

1.b) Zeigen Sie, dass das Trägheitsmoment I des Doppelkegels bei Rotation um die Achse durch die beiden Kegelspitzen

$$I = \frac{3}{10}\, m\, R^2$$

beträgt. *(5 Pkt.)*

1.c) Bestimmen Sie einen Ausdruck für die Geschwindigkeit des Schwerpunktes des Doppelkegels als Funktion der in der Schienenebene gerollten Strecke d. *(5 Pkt.)*

1.d) Berechnen Sie für die Werte $\alpha = 50°$, $\beta = 40°$, $\gamma = 5{,}0°$, $R = 10\,\mathrm{cm}$ und $m = 100\,\mathrm{g}$ die Strecke, die der Doppelkegel insgesamt bergauf rollt, sowie die dabei maximal erreichte Geschwindigkeit. *(7 Pkt.)*

Sie können annehmen, dass der Doppelkegel ohne zu rutschen rollt.

Bonusaufgabe: Mit der folgenden Teilaufgabe können Sie sich 5 Bonuspunkte erarbeiten.

*1.e) Die Annahme, dass die Verbindungslinien von dem Schwerpunkt des Doppelkegels zu den Kontaktpunkten des Doppelkegels mit den Schienen immer senkrecht auf den Schienen selbst stehen, ist streng genommen nicht richtig. Untersuchen Sie, an welchen Stellen die Schienen den Doppelkegel in dem in der vorigen Teilaufgabe beschriebenen Fall tatsächlich berühren und finden Sie heraus, was beim Loslassen im Punkt A tatsächlich passiert. *(5* Pkt.)*

Aufgabe 2 Linse am Aquarium (20 Pkt.)

In einem großen, wassergefüllten, quaderförmigen Aquarium befindet sich ein kleiner leuchtender Gegenstand. Die flache Seite einer Plankonvexlinse mit Brennweite f wird von außen so auf eine Seitenwand des Aquariums geklebt, dass sich der Gegenstand auf der optischen Achse der Linse befindet.

Der Brechungsindex von Wasser beträgt 1,33, der des Linsenmaterials 1,50. Sowohl die Wand des Aquariums als auch die Linse können als sehr dünn angesehen werden. Sie können sich darüber hinaus auf die Betrachtung von Strahlen nah an der optischen Achse beschränken.

2.a) Bestimmen Sie die Lage möglicher Bilder des Gegenstandes auf der optischen Achse in Abhängigkeit von der Lage des Gegenstandes selbst. Geben Sie jeweils an, ob es sich um ein reelles oder virtuelles, ein aufrechtes oder umgekehrtes und um ein vergrößertes oder verkleinertes Bild handelt. *(11 Pkt.)*

2.b) Berechnen Sie, welche Werte die Bildweite und die Vergrößerung annehmen, wenn die Gegenstandsweite dem 2,5-fachen der Brennweite f entspricht. *(3 Pkt.)*

2.c) Führen Sie die Betrachtung aus Aufgabenteil 2.b) für den Fall durch, dass die Linse in analoger Weise an die Innenseite der Aquariumswand geklebt wird. *(6 Pkt.)*

Aufgabe 3 Gefriertruhenheizung (25 Pkt.)

Peter, Paul und Petra machen Urlaub in einer kleinen Blockhaushütte. Bei ihrer Ankunft in der Hütte ist diese ziemlich kalt. Zum Glück können sie das Innere aber mit dem Ofen schnell auf eine behagliche Temperatur aufheizen. Sie fragen sich, was sie gemacht hätten, wenn der Ofen nicht da gewesen wäre. Da fällt ihnen die Gefriertruhe in der Hütte auf ...

Spinnen Sie den Gedanken der drei Urlauber weiter und stellen Sie sich folgende Situation vor:
Eine einsame, gut isolierte Blockhaushütte befindet sich in einer Gegend, in der die Sonne nicht scheint und die Außentemperatur konstant bei 5,0 °C liegt. Die Hütte ist leer bis auf eine gefüllte Gefriertruhe, deren Innenraum auf einer konstanten Temperatur von −18,0 °C gehalten wird. Durch die Gefriertruhe wird die Hütte auf eine Temperatur von 6,5 °C „aufgeheizt“. Nehmen Sie an, dass die Gefriertruhe wie eine ideale Wärmepumpe arbeitet.

Wenn die Truhe nach draußen gebracht und ausgestellt wird, wärmt sich ihr Inhalt langsam auf. Eine viertel Stunde nach dem Ausschalten beträgt die Temperatur des Inhaltes noch −12,4 °C, eine halbe Stunde nach dem Ausschalten −8,1 °C. Gehen Sie vereinfachend davon aus, dass die Temperatur des Inhaltes überall gleich ist und die Wärmekapazität der gefüllten Truhe etwa $80\,\mathrm{kJ\,K^{-1}}$ beträgt.

3.a) Bestimmen Sie, welche Temperatur sich in der Hütte nach längerer Zeit näherungsweise einstellen würde, wenn eine zweite, identische Gefriertruhe gleichzeitig mit der ersten in der Hütte betrieben würde. Die Innenraumtemperaturen der Gefriertruhen sollen dabei weiterhin konstant −18,0 °C betragen. *(13 Pkt.)*

3.b) Berechnen Sie näherungsweise für beide Fälle die von der Gefriertruhe bzw. den Gefriertruhen aufgenommene elektrische Leistung. *(7 Pkt.)*

3.c) Schätzen Sie ab, welche maximale Hüttentemperatur sich nach längerer Zeit einstellen kann, wenn eine größere Gefriertruhe verwendet wird, die in gleicher Weise wie die bisher betrachteten funktioniert, die ähnlich gut isoliert ist und die ebenfalls eine konstante Innenraumtemperatur von −18,0 °C aufweist. *(5 Pkt.)*

Aufgabe 4 Experimentelle Aufgabe - Oberflächenspannung (30 Pkt.)

(Idee: Axel Boeltzig)

In dieser Aufgabe sollen Sie die Oberflächenspannung einer Seifenblasenlösung auf drei verschiedene Arten bestimmen. Die Oberflächenspannung σ ist über die Arbeit ΔW definiert, die aufgebracht werden muss, um eine Oberfläche der Flüssigkeit um ΔA zu vergrößern. Es ist also $\sigma = \frac{\Delta W}{\Delta A}$.

Eine einfache Seifenblasenlösung kann aus Wasser, Spülmittel und Zucker im Massenverhältnis 8:1:1 hergestellt werden. Sie können auch eine andere Seifenblasenlösung verwenden. Geben Sie aber auf jeden Fall die von Ihnen verwendete Rezeptur an.

Neben der Seifenblasenlösung können Sie die folgenden Materialien zum Experimentieren verwenden: eine Küchenwaage, eine Stoppuhr, eine Kette, ein Lineal, ein Stab, Faden, Draht, Strohhalme und andere, haushaltstypische Dinge.

Seifenblasen

Mit einem vorher in die Seifenblasenlösung getauchten Strohhalm lassen sich leicht Seifenblasen erzeugen. Auf einer feuchten Oberfläche bilden sich halbkugelförmige Seifenblasen aus.

Sticht man mit einem Strohhalm in eine solche Blase, strömt die Luft aus. Das Ausströmen der Luft wird in guter Näherung durch das Gesetz von Hagen-Poiseuille beschrieben, nach dem der Volumenstrom $\dot{V}$, also das pro Zeit ausströmende Gasvolumen, gegeben ist durch

$$\dot{V} = \frac{\pi \cdot r^4}{8 \cdot \eta} \cdot \frac{\Delta p}{\ell} .$$

Hierbei bezeichnen r und ℓ den Radius bzw. die Länge des Strohhalmes, Δp die Druckdifferenz zwischen dessen Enden und η die Viskosität von Luft, die bei 20 °C einen Wert von $\eta = 18{,}2 \cdot 10^{-6}$ Pa s besitzt. Sie können eine Unsicherheit von 1% für den Wert der Viskosität annehmen. Die Viskosität steigt mit der Temperatur um etwa 0,27% pro °C.

4.a) Zeigen Sie, dass die Zeit zum vollständigen Ablassen der Luft aus einer Seifenblase proportional zur vierten Potenz von deren anfänglichem Radius ist. Bestimmen Sie auf diese Weise experimentell die Oberflächenspannung der Seifenblasenlösung. *(11 Pkt.)*

Kettenlinie

Werden die Enden einer Kette festgehalten, bildet sich als Folge der Gewichtskraft eine Kettenlinie aus. Schließt die Kette eine Seifenoberfläche ein, ändert sich diese Form durch den Einfluss der Oberflächenspannung.

Unter bestimmten Bedingungen bildet die Kette eine dreieckige Form, wie in der nebenstehenden Abbildung skizziert, aus.

4.b) Bestimmen Sie mithilfe dieser Konfiguration experimentell die Oberflächenspannung der Seifenblasenlösung. *(8 Pkt.)*

Hinweis: Falls die von Ihnen verwendete Kette zu leicht ist, um ihre Masse mit der Küchenwaage genau zu bestimmen, dürfen Sie diese auch mit einer Laborwaage z.B. in der Schule ermitteln.

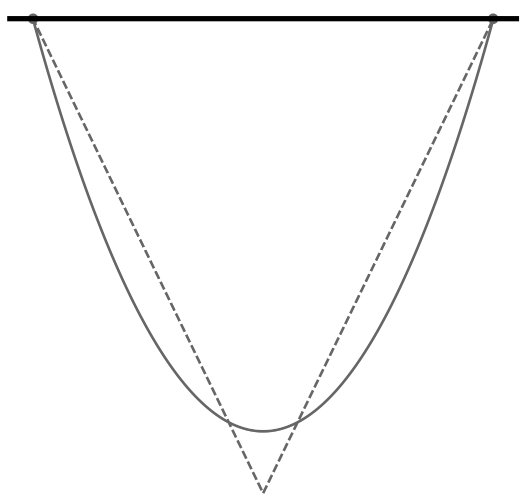

Abb. 2: *Skizze einer hängenden Kette ohne (durchgezogen) und mit eingeschlossener Seifenhaut (gestrichelt).*

Kraftmessung

Die Oberflächenspannung kann ihrer Definition folgend auch über die Untersuchung einer Kraft bestimmt werden.

4.c) Ermitteln Sie die Oberflächenspannung der Seifenblasenlösung möglichst direkt mit einem geeigneten experimentellen Aufbau. *(9 Pkt.)*

Vergleich und Diskussion

4.d) Vergleichen Sie die in den drei Experimenten erhaltenen Ergebnisse und Unsicherheiten für die Oberflächenspannung der Seifenblasenlösung. *(2 Pkt.)*

Allgemeine Hinweise

Beschreiben Sie in allen Aufgabenteilen Ihre theoretischen Vorbetrachtungen und angewandte Näherungen, die genutzten Versuchsaufbauten, die experimentelle Durchführung und die Auswertung so, dass sie gut nachvollziehbar sind.