

# **52. Internationale PhysikOlympiade**

## **Minsk, Weißrussland 2021**



### **Wettbewerbsleitung**

Dr. Stefan Petersen                      Dürken Quaas  
Tel.: 0431 / 880 - 5120                      Tel.: 0431 / 880 - 5387  
email: [petersen@ipho.info](mailto:petersen@ipho.info)                      email: [quaas@ipho.info](mailto:quaas@ipho.info)

Anschrift: IPN · Leibniz-Institut für die Pädagogik der  
Naturwissenschaften und Mathematik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel

web: [www.ipho.info](http://www.ipho.info)

twitter: @iphogermany

## **Begleitheft zu den Aufgaben der 1. Runde**

**(zusammengestellt von Eike Christian Hellberg und Stefan Petersen)**

Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer,

zur Unterstützung Deiner Teilnahme an der 1. Runde der PhysikOlympiade in Deutschland haben wir einige Aufgabenbeispiele zusammengestellt, die in den Themenumfeldern der Erstrundenaufgaben angesiedelt sind und die Dir so als Vorbereitung für die Aufgaben der 1. Runde dienen können. Deine betreuende Lehrkraft hat von uns, sofern sie sich bereits für die PhysikOlympiade registriert hat, auch die Lösungen zu den Aufgaben erhalten, so dass sie Dir bei Fragen sicher weiterhelfen kann.

Für Anregungen zu den Aufgaben und Hinweise auf eventuelle Fehler sind wir sehr dankbar. Schicke uns gerne eine E-Mail an [ipho@ipho.info](mailto:ipho@ipho.info).

Wir wünschen Dir viel Erfolg und Spaß mit den Aufgaben der 1. Runde.

Mit besten Grüßen von Deinem Team der PhysikOlympiade

## Zu den Aufgaben der 1. Runde der PhysikOlympiade 2021

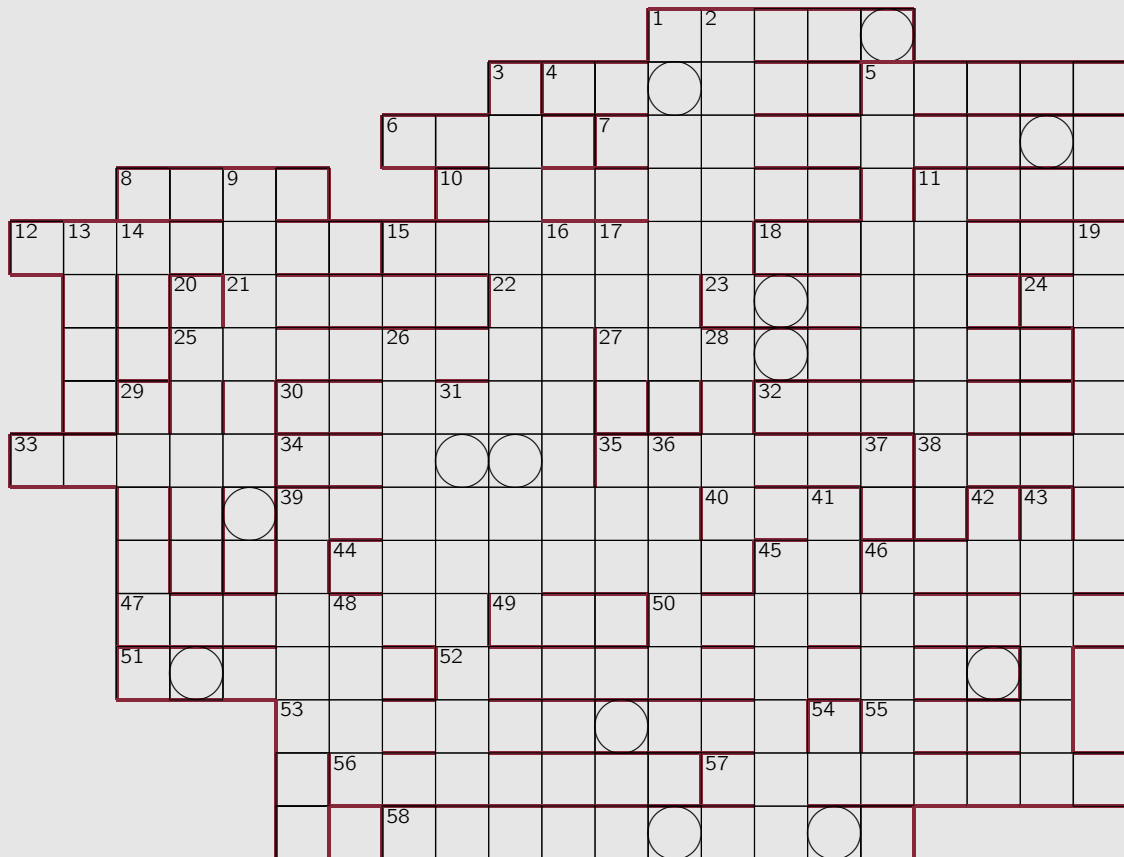
### Aufgabe 1 Kreuz und quer

Ein anderes Kreuzworträtsel als Aufgabenbeispiel:

#### (1) Ganz schön verzwickt (1. Runde zur 47. IPhO 2016)

Ein Kreuzworträtsel ganz ohne griechische Götter und schweizer Kantone? Das geht!

Löse das folgende Kreuzworträtsel und finde das Lösungswort.



**Waagrecht:** **1** Modell für mikroskopische Objekte mit gegensätzlichen Hälften **4** akustisches „Organ“ des Menschen **5** mit den Augen wahrnehmbare Wellenerscheinung **6** numerischer Wert **7** Ladungsspeichervermögen **8** vergeht kontinuierlich an jedem  $\rightarrow 40$  **10** Zustand eines Körpers mit zeitlich veränderlicher Lage **11** Einheit elektrischer Potentialdifferenzen **12** wirbelfrei **15** Hälfte eines Magneten (konventionell rot markiert) **18** beschreibendes Modell der Wirklichkeit **21** Flüssigkeit oder Gas in Bewegung **22** Half beim Nachweis der Zeitdilatation **23** longitudinale Druckwelle **24** Abkürzung für Normalnull **25** negativ geladenes Elementarteilchen **27** sinnvolle Vereinfachung **30** vierter Aggregatzustand **32** Berechnungsvorschrift **33** viel diskutiertes Bild einer Funktion **34** Gesamtheit betrachteter Objekte **35** Teilcheneigenschaft, die insgesamt erhalten bleibt **38** zeitlich unbegrenzt **39** Drehbewegung **40** Punkt im Raum **44** Anzeiger spezifischer Teilchen **46** zeitlich und räumlich periodisch veränderliche physikalische Größe **47** Familie der kleinsten Vogelart mit der höchsten Flügelschlagfrequenz **49** Mikroskop, das Oberfläche mit Elektronen „abtastet“ **50** Material, das äußere Magnetfelder teilweise verdrängt **51** bei konstantem Druck **52** Erdanziehung **53** postulierte Unbestimmtheit **55** Steuerelement eines Transistors **56** Verlängerung durch Krafteinwirkung **57** Verteilungsmaß z.B. für Messwerte **58** Überprüfungsmöglichkeit von  $\rightarrow 18$

**Senkrecht:** **1** schräg gegenüberliegend **2** bleibt bei jedem Stoß erhalten **3** Messgerät zur Temperaturbestimmung **5**



## Aufgabe 2 Space-Taxi

**Aufgabenbeispiele im Themenumfeld:** (ggf. fehlende Zahlenwerte können recherchiert werden)

### (1) Kalenderjahre und Sternjahre

Ein Kalenderjahr besitzt gewöhnlich 365 Tage. Astronomisch wird ein Jahr, genauer ein siderisches Jahr oder Sternjahr, durch den zeitlichen Abstand zwischen zwei Zeitpunkten definiert, bei denen die Sonne von der Erde aus gesehen vor dem Fixsternhimmel an der gleichen Position zu finden ist.

Verwende im Folgenden für die Masse der Sonne den Wert  $M_{\text{Sonne}} = 1,9889 \cdot 10^{30}$  kg und für den mittleren Abstand der Erde von der Sonne den Wert  $r = 1,49598 \cdot 10^{11}$  m. Dieser Abstand wird auch als astronomische Einheit (AE) bezeichnet.

- Bestimme mit Hilfe der gegebenen Daten die Umlaufdauer der Erde auf ihrer annähernd kreisförmigen Bahn um die Sonne.
- Ermittle den zeitlichen Unterschied zwischen einem Sternjahr und einem Kalenderjahr. Warum wird also alle vier Kalenderjahre ein zusätzlicher Tag im Februar hinzugefügt?

### (2) Kosmische Geschwindigkeiten

Die Erde ist ein in guter Näherung kugelförmiger Körper mit einem Radius von  $R_{\text{Erde}} = 6,37 \cdot 10^6$  m und einer Masse von  $M_{\text{Erde}} = 5,97 \cdot 10^{24}$  kg. Vernachlässige für die folgenden Aufgaben die Luftreibung in der Atmosphäre.

- Berechne, mit welcher Geschwindigkeit  $v_1$  du einen Ball der Masse  $m$  horizontal werfen müsstest, damit dieser sich auf einer Kreisbahn um die Erde bewegt ohne wieder auf die Erde zu fallen.
- Wie ändert sich das Ergebnis, wenn der Ball doppelt so schwer ist?
- Bestimme nun die Geschwindigkeit  $v_2$ , die der Ball mindestens besitzen muss, um vollständig aus dem Gravitationsfeld der Erde zu entkommen.

Eine ganz ähnliche Betrachtung kannst du auch im Erde-Sonne-System anstellen. Die Erde bewegt sich auf einer annähernd kreisförmigen Bahn mit einem Radius von etwa  $r = 1,5 \cdot 10^{11}$  m (1 astronomische Einheit) um die Sonne. Die Masse der Sonne beträgt  $M_{\text{Sonne}} = 2,0 \cdot 10^{30}$  kg.

- Schätze die maximale Geschwindigkeit ab, mit der ein aus unserem Sonnensystem stammender Meteorit frontal auf die Erde treffen kann.

### (3) Keine Gravitation

Die Bewegung von Planeten um die Sonne gehorcht den Kepler'schen Gesetzen. Das zweite Kepler'sche Gesetz besagt, dass die Verbindungslinie zwischen der Sonne und einem Planeten in gleichen Zeiten gleiche Flächen überstreicht.

Begründe, ob dieses Gesetz auch noch gelten würde, wenn die Gravitation plötzlich abgeschaltet werden würde.

**Aufgaben aus dem Auswahlwettbewerb mit thematischer Ähnlichkeit ([www.ipho.info](http://www.ipho.info))**

- Pioneer-Anomalie (2. Runde zur 43. IPhO 2012, Aufgabe 3)

### Aufgabe 3 Temperaturabhängiger Widerstand

**Aufgabenbeispiele im Themenumfeld:** (ggf. fehlende Zahlenwerte können recherchiert werden)

#### (1) Widerstand einer Glühlampe

Der Spannungsabfall  $U$  über einem ohmschen Widerstand ist proportional zur Stromstärke  $I$  des durch den Widerstand fließenden Stromes. Es gilt daher das so genannte ohmsche Gesetz in der Form

$$U = R I .$$

Die Proportionalitätskonstante  $R$  ist der ohmsche Widerstand des Bauteils.

Misst man bei einer Glühlampe die elektrische Stromstärke  $I$  in Abhängigkeit von der über der Lampe abfallenden Spannung  $U$ , stellt man fest, dass sich die Stromstärke nicht durchgehend proportional zur Spannung verhält. Der Widerstand einer Glühlampe ist also nicht konstant, sondern ändert sich mit der angelegten Spannung.

Tabelle 1: Messwerte für die bei verschiedenen Spannungen  $U$  durch eine Glühlampe fließende Stromstärke  $I$

| Spannung $U$ in V | elektrische Stromstärke<br>$I$ in A |
|-------------------|-------------------------------------|
| 0,0               | 0,0                                 |
| 2,0               | 1,1                                 |
| 4,0               | 1,8                                 |
| 6,0               | 2,4                                 |
| 8,0               | 2,9                                 |

- a) Bestimme für jeden Spannungswert der Messwerttabelle mit Hilfe der obigen Gleichung den Widerstand  $R$  der Glühlampe und zeige, dass dieser nicht konstant ist.

Die elektrische Leistung eines Bauteils gibt die in dem Bauteil pro Zeiteinheit umgewandelte elektrische Energie an.

- b) Eine Fahrradglühlampe ist mit „6V 1,2W“ beschriftet. Bestimme die Stromstärke  $I$  des im Betrieb mit Nennspannung durch die Glühlampe fließenden Stromes und den Widerstand  $R$  der Glühlampe im Betrieb.

## (2) Unipolarmotor

Mit einer Batterie, einem starken, elektrisch leitfähigen Magneten, einer Stahlschraube sowie der leitenden Aluverpackung eines Schokoladenriegels<sup>1</sup> bzw. einem Stück Draht lässt sich ein sehr einfacher Motor bauen. Nebenstehend ist der Aufbau dieses so genannten Unipolarmotors skizziert.

- a) Baue den Unipolarmotor nach. Halte ein Ende der Aluverpackung an den einen Pol der Batterie und das andere an die Seite des Magneten. Der Motor sollte jetzt starten. Beobachte was passiert und beschreibe deine Beobachtung qualitativ.
- b) Überlege dir, was die Ursache für das beobachtete Verhalten des Motors ist. Gib an, was mit der von der Batterie entnommenen Energie geschieht.

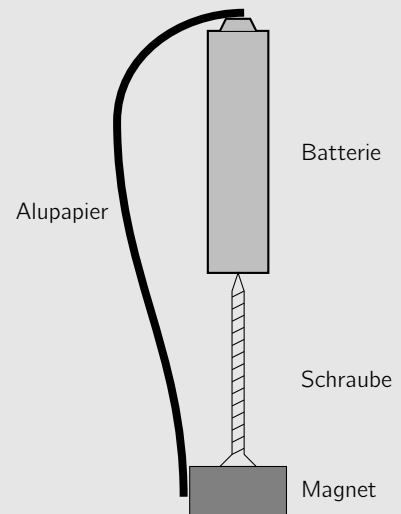


Abbildung 1: *Unipolarmotor.*

### Aufgaben aus dem Auswahlwettbewerb mit thematischer Ähnlichkeit ([www.ipho.info](http://www.ipho.info))

- Eine heiße Frisur (1. Runde zur 45. IPhO 2014, Junioraufgabe)
- Warmer Draht (1. Runde zur 48. IPhO 2017, Aufgabe 4)
- Heißer Draht (1. Runde zur 42. IPhO 2011, Aufgabe 4)
- Schicksal der Erde (1. Runde zur 46. IPhO 2015, Aufgabe 4)

<sup>1</sup>Manche würden diesen Schokoriegel vielleicht auch als die längste Praline der Welt bezeichnen.

## Aufgabe 4 Schnell wie der Schall

Hinweise zum Experimentieren in der PhysikOlympiade sind in dem [Lernblatt - Einführung ins Experimentieren](#) zusammengestellt.

**Aufgabenbeispiele im Themenumfeld:** (ggf. fehlende Zahlenwerte können recherchiert werden)

### (1) Marshmallows in der Mikrowelle

Marshmallows sind nicht nur eine süße Versuchung, sondern können auch für interessante physikalische Experimente verwendet werden. Was du dafür brauchst? Ein Mikrowellenherd, einen Teller und eine Hand voll Marshmallows. Nimm den Drehteller aus der Mikrowelle und verteile die Marshmallows auf einem Teller o.ä., den du in die Mikrowelle stellst. Schalte die Mikrowelle an und beobachte, was mit den Marshmallows passiert.

- a) Beschreibe deine Beobachtung und erkläre sie qualitativ. Gehe dabei auch auf das Verhalten der Mikrowellen in dem Gerät ein

Die meisten Mikrowellenherde arbeiten bei uns mit Mikrowellen einer Frequenz von etwa 2,5 GHz. Der genaue Wert ist bei vielen Geräten im Türrahmen angegeben.

- b) Berechne die Wellenlänge der Mikrowellen des von dir verwendeten Mikrowellenherds.  
c) Erläutere, welchen Abstand die Knoten einer stehenden Welle aus Mikrowellen im Herdraum haben müssten und prüfe, ob das Ergebnis zu deinen experimentellen Beobachtungen passt.

### (2) Interferenz im Schuhkarton

An einer CD sieht man im Tageslicht oft bunte Farben. Diese Farben lassen sich mit einer Interferenzerscheinung an der CD-Oberfläche erklären. Die Oberfläche der CD funktioniert hierbei wie ein Gitter, welche obendrein auch die Lichtstrahlen reflektiert. Trifft Licht auf eine Oberfläche mit Gitterstruktur, wechselwirken benachbarte Lichtbündel und interferieren konstruktiv oder destruktiv miteinander. Die Interferenz hängt dabei von der Wellenlänge der Strahlung und von der Gitterkonstanten  $g$ , also von dem Abstand der Gitterstrukturen, ab.

- a) Betrachte ein senkrecht auf die Gitteroberfläche der CD fallendes Lichtbündel einer einzigen Farbe, also nur einer Wellenlänge  $\lambda$ . Fertige eine Skizze für den Strahlengang an und leite mit deren Hilfe die Interferenzbedingung

$$\sin(\alpha_k) \cdot g = k \cdot \lambda \quad \text{mit } k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

für die Entstehung von Interferenzmaxima her. Die Maxima werden dabei mit  $k$  durchnummeriert.

Mit einer CD und einem Schuhkarton ist es möglich, die Interferenz an der CD zu beobachten und mit den Abständen der  $k$ . Maxima zum Maximum 0. Ordnung die Gitterkonstante der CD-Oberfläche und damit den Spurabstand der CD zu berechnen. Konstruiere dafür nach folgenden Schritten den Schuhkarton-CD-Aufbau:

1. Bestimme bei dem Schuhkarton die Spaltseite und die CD-Seite. An der Spaltseite wird ein etwa 5 mm großes Loch mit einem Bleistift mittig in die Kartonfläche gestochen.

2. Auf der Innenseite der Spaltseite klebst du eine weiße Pappe so, dass ein zuvor eingeschnittener Spalt genau über das eben gestochene Loch deckungsgleich anliegt. Die weiße Pappe sollte vom Spalt mittig zu beiden Seiten eine Zentimeterskala aufgezeichnet bekommen, mit der du später die Abstände der Maxima vom 0. Maxima bestimmen kannst.

3. Auf der gegenüberliegenden Seite wird die CD mit Tesafilm befestigt, und zwar so, dass das Sonnenlicht durch den Spalt auf die Gitteroberfläche bzw. die Spurfläche der CD fällt. Die CD sollte jetzt etwas versetzt zur gedachten optischen Achse zwischen Spalt und CD-Oberfläche befestigt sein.

4. Abseits, etwa 7 cm von der CD entfernt, stichst du ein Beobachtungsloch (Durchmesser etwa 1 cm), durch welches du die Maxima auf der Spaltseite des Schuhkartons wegen der Reflexionseigenschaft der CD-Oberfläche sehen wirst.

Beim Experimentieren muss darauf geachtet werden, dass das Maxima 0. Ordnung auf dem Spalt liegt. Damit projiziert man die Maxima auf die Zentimeterskala und kann den Abstand der Maxima relativ genau abschätzen.

- b) *Erweitere deine Vorüberlegung zur Interferenzbedingung durch die Rahmenbedingungen des Schuhkarton-CD-Aufbaus. Der Abstand  $d$  zwischen Spaltseite und CD sowie der Abstand der Maxima vom Spalt stehen im Zusammenhang zum Reflexionswinkel  $\alpha_k$ .*

In der Regel befinden sich die Spurabstände und damit die Gitterkonstanten einer CD im Mikrometerbereich.

- c) *Bestätige mit dem Aufbau und einer Auswertung der Messwerte zur Gitterkonstanten  $g$  diese Aussage. Untersuche dafür nur das 1. Maximum, variiere dabei aber die Wellenlängen. Gehe auch auf Unsicherheiten und Fehler deiner Messung ein.*



Abbildung 2: Foto des Aufbaus, innen



Abbildung 3: Foto des Aufbaus, außen

### Aufgaben aus dem Auswahlwettbewerb mit thematischer Ähnlichkeit ([www.ipho.info](http://www.ipho.info))

- Ultraschalldiagnostik (1. Runde zur 49. IPhO 2018, Aufgabe 1)
- Für das Experimentieren: Lutschvergnügen (1. Runde zur 50. IPhO 2019, Aufgabe 4) und Ganz weit weg (1. Runde zur 51. IPhO 2020, Aufgabe 4)

**Weitere Quellen:** Auf [www.leifiphysik.de](http://www.leifiphysik.de) existiert ein eigener Abschnitt zum Thema Schallwellen, der auch weitere Anregungen für Experimente enthält.



## Junioraufgabe - Rohmilch im Glaskolben

**Aufgabenbeispiele im Themenumfeld:** (ggf. fehlende Zahlenwerte können recherchiert werden)

### (1) Mega-Trinkhalm

Es gibt zwar schon so manchen kuriosen Rekord aber die Firma *Größenwahn GmbH* ist auf eine ganz besondere Idee gekommen. Der Rekordjäger der Firma soll aus einem möglichst hoch gelegenen Stockwerk ein auf dem Boden stehendes Glas Wasser mit einem besonders langen Trinkhalm austrinken. Nun ist die Firma auf der Suche nach geeigneten Gebäuden.

Was kannst du der Firma mit Blick auf die notwendige Höhe des Gebäudes raten? Langt ein Einfamilienhaus, sollen sie lieber nach einem mehrstöckigen Gebäude suchen oder gleich ein Hochhaus für den Versuch anfragen? Begründe deine Empfehlung physikalisch.

### (2) Tanzende Rosinen

Rosinen eignen sich hervorragend zum Experimentieren. Teste es aus! Du benötigst nur Rosinen und ein Glas mit sprudelndem Mineralwasser. Versenke einige Rosinen im Mineralwasser und beobachte was passiert. Die Rosinen entwickeln nämlich ein Eigenleben!

Erkläre mit dem Begriff der mittleren Dichte, was du bei diesem Experiment beobachten kannst. Teste auch denselben Ablauf mit Leitungswasser. Wird deine Erklärung dadurch bestätigt?



Abbildung 4: Der QR-Code führt zu einem Video mit tanzenden Rosinen

### (3) Ü-Ei Kapsel

Nägel sinken zu Boden, wenn man sie in ein Wasserbad schüttet: Sie haben eine größere Dichte als das Wasser. Eine gelbe Ü-Ei Kapsel besteht aus Plastik und geschlossen auch anteilig aus Luft. Legt man eine verschlossene Ü-Ei Kapsel in ein Wasserbad, schwimmt sie. Befüllt man nun die Ü-Ei Kapsel mit Eisennägeln, so verändert sich die mittlere Dichte der Ü-Ei Kapsel.

Schätze rechnerisch ab, mit wie vielen Eisennägeln man die Ü-Ei Kapsel befüllen muss, damit diese gerade im Wasserbad schwebt.

Die zu verwendenden Nägel besitzen eine Masse von je 1,5 g. Eine Ü-Ei Kapsel besitzt eine Masse von etwa 4,0 g und ein Volumen von etwa 100 ml.

**Aufgaben aus dem Auswahlwettbewerb mit thematischer Ähnlichkeit ([www.ipho.info](http://www.ipho.info))**

- Druckbetrachtungen (1. Runde zur 40. IPhO 2009, Aufgabe 4)
- Schwimmende Glasschale (1. Runde zur 41. IPhO 2010, Aufgabe 4)