



# 54. Internationale PhysikOlympiade

## Isfahan, Iran 2024\*

### Vorbereitungsmaterial zur 2. Wettbewerbsrunde

Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer,

zur Vorbereitung auf die Klausur der 2. Runde der PhysikOlympiade in Deutschland, dem Auswahlwettbewerb zur Internationalen PhysikOlympiade 2024, haben wir in diesen Vorbereitungsmaterialien für dich und deine betreuende Lehrkraft Informationen zu Format und Inhalten sowie einige Beispielaufgaben zusammengestellt.

Die Regeln und Hinweise zu der Klausur sowie die Liste von Naturkonstanten und gebräuchlichen Größen auf den beiden folgenden Seiten erhältst du direkt vor der Klausur noch einmal als Ausdruck zur Verwendung während der 2. Runde. Die Naturkonstanten musst du also nicht auswendig kennen. Mache dich aber auf jeden Fall mit den Regeln und Hinweisen vertraut. Bei der Klausur musst du unterschreiben, dass du diese befolgst.

Die Beispielaufgaben greifen klausurrelevante Themen und das Aufgabenformat der Klausuren auf. Lösungen zu den Beispielaufgaben am Ende dieser Materialien kannst du auf der IPhO-Webseite<sup>1</sup> herunterladen. Wir empfehlen dir aber sehr, dich zunächst ohne die Lösungen mit den Aufgaben zu befassen und dir die Lösungen erst zur Kontrolle bzw. wenn du nicht mehr weiter kommst anzusehen.

Für weitere Aufgabenbeispiele kannst du dir auch gerne die Aufgaben der 1. und 2. Wettbewerbsrunden der letzten Jahre auf der IPhO-Webseite [www.ipho.info](http://www.ipho.info) ansehen. Dort findest du auch eine Zusammenstellung aller Multiple-Choice Aufgaben<sup>2</sup> der letzten Jahre mit Lösungen<sup>3</sup>.

Es ist sehr gut möglich, dass dieses Dokument noch Fehler enthält. Für Hinweise und Verbesserungsvorschläge unter [ipho@ipho.info](mailto:ipho@ipho.info) sind wir sehr dankbar. Wir werden die Fehler korrigieren und das Dokument aktualisieren. Die jeweils aktuelle Fassung ist unter diesem Link<sup>4</sup> herunterladbar.

Bei Fragen zu der Klausur oder der PhysikOlympiade allgemein, melde dich gerne bei deiner bzw. deinem zuständigen Landesbeauftragten oder direkt bei uns.

Wir wünschen dir viel Spaß bei der Vorbereitung und viel Erfolg für die 2. Runde.  
Dein Team der PhysikOlympiade in Deutschland.

\*Für die Ausrichtung der 54. IPhO im Juli 2024 ist entsprechend eines Beschlusses des International Board der IPhO aus 2011 der Iran vorgesehen. Eine Entscheidung über die Entsendung eines deutschen Teams ist noch nicht gefallen und wird unter Berücksichtigung der politischen Lage sowie der logistischen Gegebenheiten getroffen.

<sup>1</sup>[www.scienceolympiaden.de/media/2881/download/IPhO\\_2024\\_2Rd\\_Vorbereitungsaufgaben\\_Loesungen.pdf?inline=1](http://www.scienceolympiaden.de/media/2881/download/IPhO_2024_2Rd_Vorbereitungsaufgaben_Loesungen.pdf?inline=1)

<sup>2</sup>[www.scienceolympiaden.de/media/2866/download/IPhO\\_MC\\_Aufgaben.pdf](http://www.scienceolympiaden.de/media/2866/download/IPhO_MC_Aufgaben.pdf)

<sup>3</sup>[www.scienceolympiaden.de/media/2867/download/IPhO\\_MC\\_Aufgaben\\_Lsg.pdf](http://www.scienceolympiaden.de/media/2867/download/IPhO_MC_Aufgaben_Lsg.pdf)

<sup>4</sup>Der Link ist [www.scienceolympiaden.de/media/2879/download/IPhO\\_2024\\_2Rd\\_Vorbereitungsmaterial.pdf](http://www.scienceolympiaden.de/media/2879/download/IPhO_2024_2Rd_Vorbereitungsmaterial.pdf)

## Regeln und Hinweise zur Klausur für Schülerinnen und Schüler

Die 2. Runde im Auswahlwettbewerb zur Internationalen PhysikOlympiade 2024 wird als Klausurrunde an den Schulen durchgeführt. 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 2004 geboren sind.

- Der **Termin für die Klausur** ist bundesweit einheitlich Dienstag, der 14. November 2023. In dringenden Fällen kann deine Lehrkraft den Termin um ein bis zwei Tage verschieben.
- Die **Bearbeitungszeit** für die Klausur beträgt 180 Minuten.
- Die Klausur ist **ohne fremde Hilfe und in Einzelarbeit** unter Aufsicht einer Lehrkraft zu bearbeiten.
- Zulässige **Hilfsmittel** sind Schreib- und Zeichenmaterialien, die auf der folgenden Seite abgedruckte Liste von Naturkonstanten sowie ein nicht graphikfähiger Taschenrechner. Zusätzlich darfst du ein DIN-A4-Blatt mit Formeln mit in die Klausur nehmen (ein- oder doppelseitig per Hand oder mit Drucker beschrieben). Darüber hinaus sind keine Aufzeichnungen oder Formelsammlungen erlaubt.
- Du erhältst die Klausuraufgaben in einem verschlossenen und mit deinem Namen versehenen **Umschlag**. Öffne diesen erst, wenn die betreuende Lehrkraft das Signal zum Start der Klausur gibt.
- Die in den einzelnen (Teil-)Aufgaben und der Klausur insgesamt **maximal erreichbaren Punktzahlen** sind jeweils angegeben.
- Du kannst dir die **Reihenfolge** für die Bearbeitung der Aufgaben frei aussuchen und dir auch die Zeit frei einteilen. Es kann vorteilhaft sein, sich zunächst mit Aufgaben zu befassen, die du gut lösen kannst, und sich nicht zu sehr in einer Aufgabe zu verbeißen.
- Im ersten Teil der Klausur sind **7 Multiple-Choice Aufgaben** zu lösen. Es stehen dabei jeweils vier Antwortalternativen zur Wahl, von denen genau eine richtig ist. Für jede korrekte Antwortwahl erhältst du 2 Punkte. Wenn keine, eine falsche oder mehr als eine Antwortoption angegeben ist, werden dafür Null Punkte vergeben. Zu deiner Antwortwahl wird außerdem eine physikalische Begründung erwartet. Einige Aufgaben erfordern dafür auch eine Rechnung. Für jede passende physikalische Begründung werden 3 Punkte vergeben. Für diesen Teil sind 60-90 Minuten eingeplant.
- Im zweiten Teil sind **längere theoretische Aufgaben** zu bearbeiten. Für diesen Teil sind 90-120 Minuten vorgesehen.
- Trage deine **Aufgabenbearbeitung in die entsprechenden Boxen** ein. Falls der Platz nicht ausreicht oder du einen weiteren Graphen zeichnen möchtest, findest du am Ende der Klausur **zusätzliches Arbeitspapier**. Kennzeichne unbedingt die Aufgabe, zu der die jeweiligen Aufzeichnungen gehören.
- Die Klausurblätter und das zusätzliche Arbeitspapier sind im oberen Teil mit deinem **Personencode** versehen. Verwende nur diese Blätter zur Bearbeitung der Klausur und lege alle Blätter am Ende wieder in deinen Umschlag.
- Die Aufgaben sind so konzipiert, dass es schwer sein dürfte, alle Aufgaben vollständig zu lösen. **Verliere also nicht den Mut, wenn du nicht alles schaffst oder mal keine Idee zur Lösung hast!**
- Da die Klausuren an einigen Schulen wenige Tage später geschrieben werden, darfst du **keine Informationen zu den Klausuraufgaben** vor dem 24. November an andere Teilnehmende weitergeben.

**Das Team der PhysikOlympiade in Deutschland wünscht dir viel Erfolg!**

## Naturkonstanten und gebräuchliche Größen

In den Aufgaben können die folgenden physikalischen Größen verwendet werden. Die Angaben können jeweils bis zur angegebenen Stelle als exakt angenommen werden.

Konstante	gebräuchliche Formelzeichen	Wert
Absoluter Nullpunkt	$T_0$	$0 \text{ K} = -273,15 \text{ }^\circ\text{C}$
Atomare Masseneinheit	$u$	$1,660\,539 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Avogadro-Konstante	$N_A$	$6,022\,141 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Boltzmann-Konstante	$k_B$	$1,380\,649 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Elektrische Feldkonstante	$\epsilon_0$	$8,854\,187\,817 \cdot 10^{-12} \text{ A s V}^{-1} \text{ m}^{-1}$
Elektronenvolt	eV	$1 \text{ eV} = 1,602\,177 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Elementarladung	$e$	$1,602\,177 \cdot 10^{-19} \text{ A s}$
Fallbeschleunigung auf der Erde	$g$	$9,806\,65 \text{ m s}^{-2}$
Gravitationskonstante	$\gamma, G$	$6,674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	$c_0$	$2,997\,924\,58 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0$	$1,256\,637\,061 \cdot 10^{-6} \text{ V s A}^{-1} \text{ m}^{-1}$
Normdruck, Atmosphärendruck	$p_n$	$101\,325 \text{ N m}^{-2}$
Plancksches Wirkungsquantum	$h$	$6,626\,070 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
Ruhemasse des Elektrons	$m_e$	$9,109\,384 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Ruhemasse des Neutrons	$m_n$	$1,674\,927 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Ruhemasse des Protons	$m_p$	$1,672\,622 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Rydberg-Konstante	$R_\infty$	$1,097\,373\,157 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$
Schallgeschwindigkeit in Luft	$c_{\text{Luft}}$	$343 \text{ m s}^{-1}$ (bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$ und Normdruck)
Stefan-Boltzmann-Konstante	$\alpha, \sigma$	$5,6704 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
Universelle Gaskonstante	$R$	$8,314\,46 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

## Hinweise zum Klausurformat

Die Aufgaben der Klausur bestehen aus dem Aufgabentext mit einer Erklärung der Aufgabe und der Fragestellung sowie einer Box für deine Bearbeitung und Antwort. Eventuell soll bei einigen Aufgaben ein Graph erstellt werden. Dafür ist dann in der Box entsprechend Millimeterpapier abgedruckt.

Du musst die Aufgaben nicht in der gegebenen Reihenfolge bearbeiten, sondern kannst dir die Reihenfolge und die zeitliche Aufteilung innerhalb der Klausurzeit frei einteilen. Es lohnt sich in vielen Fällen auch Aufgaben anzugehen, die man nicht ganz lösen kann, denn auch für nicht vollständige oder in Teilen falsche Lösungen können Teilpunkte vergeben werden.

Denke daran, deine Ergebnisse immer noch einmal zu überprüfen. Dazu solltest du dich fragen: Ist das Ergebnis plausibel, macht es physikalisch Sinn und passt es zu deinem Verständnis der ablaufenden Prozesse, besitzt ein ermittelter Wert die richtige Einheit für die bestimmte Größe, ...?

## Multiple-Choice Aufgaben

Bei den Multiple-Choice Aufgaben bekommst du zu jeder Frage vier Antwortmöglichkeiten, von denen jeweils genau eine richtig ist. Eine Multiple-Choice Aufgabe könnte folgendermaßen aussehen:

### Rutschen! (MC-Aufgabe)

Zwei Kästen rutschen reibungsfrei aus gleicher Höhe jeweils eine schiefe Ebene hinab. Die beiden schiefen Ebenen besitzen unterschiedliche Steigungen, beide Kästen legen aber insgesamt den gleichen Höhenunterschied zurück. Der eine Kasten ist doppelt so schwer wie der andere.

Welche der folgenden Aussagen trifft zu?

- A Beide Kästen haben anfänglich die gleiche potentielle Energie.
- B Die Kästen benötigen die gleiche Zeit für das Rutschen auf den schiefen Ebenen.
- C Am Ende der schiefen Ebenen besitzen beide Kästen die gleiche kinetische Energie.
- D Am Ende der schiefen Ebenen sind beide Kästen gleich schnell.

(Aufgabe aus der 1. Runde zur 48. IPhO 2017)

Bei der Lösung wird von dir neben einer Angabe der gewählten Antwortalternative auch eine physikalische Begründung erwartet, warum diese richtig ist. Eine mögliche Lösung zu der Beispielaufgabe ist die folgende:

### Rechnungen und Erläuterungen

Die beim Rutschen insgesamt verlorene potentielle Energie der Kästen ist proportional zur Masse  $m$  und zur Höhendifferenz  $\Delta h$  zwischen Start- und Endhöhe. Während des als reibungsfrei anzunehmenden Rutschens wird diese potentielle Energie in kinetische Energie umgewandelt. Bezeichne mit  $v$  die Geschwindigkeit eines Kastens am Ende der schiefen Ebenen. Dann gilt der Energieerhaltungssatz

$$m g \Delta h = \frac{1}{2} m v^2 \quad \text{und damit} \quad v = \sqrt{2 g \Delta h}.$$

Die Geschwindigkeit eines Kastens am Ende der schiefen Ebene ist also nur von der konstanten Schwerebeschleunigung  $g$  auf der Erde und der Höhendifferenz abhängig. Somit ist sie für beide Kästen betragsmäßig gleich.

Korrekte Antwort: **D**

Für die Angabe des richtigen Antwortbuchstabens erhältst du bereits 2 Punkte. Wenn keine, eine falsche oder mehr als eine Antwortoption angegeben ist, werden dafür Null Punkte vergeben. Maximal 3 Punkte werden für eine physikalisch korrekte Begründung vergeben.

Beachte, dass bei den Multiple-Choice Aufgaben auch eine Rechnung erforderlich sein kann. Außerdem müssen die Multiple-Choice Aufgaben nicht notwendigerweise leichter sein als die längeren theoretischen Aufgaben.

### Längere theoretische Aufgaben

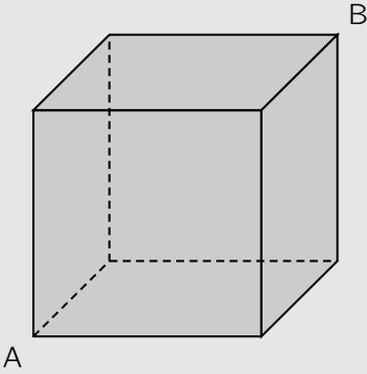
Die längeren theoretischen Aufgaben entsprechen vermutlich eher dem Format, das du aus der Schule gut kennst. Zu jeder Aufgabe kann es mehrere Unteraufgaben geben. Eine (eher kurze) Aufgabe in diesem Format kann beispielsweise folgendermaßen aussehen:

**Widerstandswürfel**

Der nebenstehend abgebildete Drahtwürfel ist aus zwölf gleich langen Drähten mit einem Widerstand von je  $1,0\ \Omega$  zusammengesetzt.

Berechne den Widerstand zwischen den Ecken A und B.

*Hinweis:* Du kannst dir dabei die Symmetrien der Anordnung zunutze machen.



(angelehnt an eine Aufgabe der 3. Runde zur 48. IPhO 2017)

Deine Lösung sollte den blau gedruckten Arbeitsauftrag erfüllen. Typischerweise sollst du dabei etwas zeigen, erläutern, begründen, berechnen, bestimmen, abschätzen oder einen passenden Graphen zeichnen. Die Lösung sollte nachvollziehbar aber nicht unnötig lang sein. Erläutere also knapp deine Ideen, Ansätze und die von dir verwendeten physikalischen Prinzipien. Oftmals ist dafür eine Skizze hilfreich. Achte insbesondere darauf, alle neuen Symbole und Bezeichnungen einzuführen. Wenn du zum Beispiel neue Variablennamen verwendest, muss klar sein, auf was sie sich beziehen.

Eine mögliche Lösung zu der obigen Aufgabe sieht folgendermaßen aus.

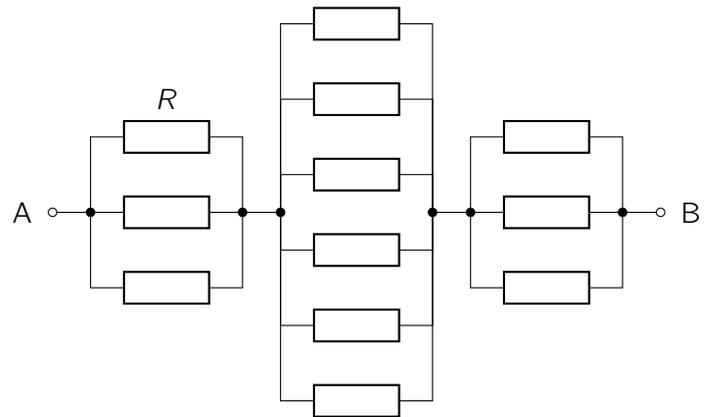
Rechnungen und Erläuterungen

Bezeichne mit  $R = 1,0\ \Omega$  den Widerstand eines Drahtes.

Bei der Berechnung des gesuchten Widerstandes lässt sich die Symmetrie der Anordnung ausnutzen. Wenn der Würfel um die Verbindungslinie zwischen A und B um  $120^\circ$  gedreht wird, wird er in sich selbst überführt. Das gleiche muss daher für die fließenden Ströme und die Potentiale in dem Würfel gelten.

Vom Punkt A ausgehend, kann der Strom in drei Drähte abfließen. Deren Enden müssen aufgrund der Symmetrie des Würfels auf dem gleichen Potential liegen, so dass sie leitend verbunden werden können, ohne dass der Stromfluss sich dabei ändern würde.

Dasselbe gilt auch für die Enden der anschließenden Drähte. Daher kann der Widerstand  $R_{AB}$  zwischen den Punkten A und B durch das nebenstehende Ersatzschaltbild dargestellt werden.



Mit den Regeln für Parallel- und Reihenschaltungen ergibt sich daraus als Ergebnis

$$R_{AB} = \frac{R}{3} + \frac{R}{6} + \frac{R}{3} = \frac{5}{6} R = \frac{5}{6} \cdot 1,0 \Omega \approx 0,83 \Omega.$$

## Hinweise zu den Klausurthemen

Die in der Klausur behandelten Themen sind quer durch die Physik verteilt. Den fachlichen Rahmen spannt dabei der Stoffkatalog der Internationalen PhysikOlympiade auf. Eine deutsche Übersetzung davon findest du unter diesem Link<sup>5</sup> auf der IPhO-Webseite. Der Stoffkatalog geht in Teilen über den schulischen Lehrstoff bis zum Abitur hinaus. Zum Lösen der Klausuraufgaben ist es aber nicht erforderlich, alle Teile des Stoffkataloges vollständig zu beherrschen. Allgemein geht es in der PhysikOlympiade nämlich nicht primär darum, Wissen zu reproduzieren, sondern vielmehr darum, dieses in verschiedenen Kontexten kreativ anwenden zu können.

Nachfolgend ist skizziert, auf welche Themen und Begriffe du dich für die Klausur der 2. Runde besonders vorbereiten solltest. Das mag nach ziemlich viel aussehen, aber erstens wirst du vieles davon schon kennen und zweitens musst du nicht alle Themen und Begriffe in besonders großer Tiefe beherrschen, um die Klausuraufgaben beantworten zu können. Es ist aber in jedem Fall sinnvoll, wenn du dir alle Themen, mit denen du nicht vertraut bist, in einem Schul- bzw. Fachbuch oder im Internet<sup>6</sup> anschaust und dann versuchst, die Aufgabenbeispiele im letzten Teil zu lösen. Dann erkennst du vermutlich ganz gut, ob du die Inhalte verstehst und mit dem Aufgabenformat vertraut bist.

## Für die Klausur besonders relevante Bereiche des IPhO-Stoffkataloges

**1.4 Einheiten** Jede physikalische Größe besteht aus einem Zahlenwert und einer Einheit. Mit dieser Tatsache kann man manchmal sehr schnell herausfinden, ob eine Formel falsch ist. Passen die Einheiten einer (Un-)Gleichung auf beiden Seiten nicht zusammen, dann kann sie nicht richtig sein, da man dann die sprichwörtlichen Äpfel mit Birnen vergleicht. Andersherum kann dir aber auch die Kenntnis der Einheit einer gesuchten Größe helfen, eine passende Formel zur Berechnung zu finden. Wenn man sich z. B. überzeugt hat, dass für die Schwingungsdauer eines mathematischen Pendels nur die Pendellänge und die Schwerebeschleunigung relevant sein können, dann kann man alleine aus den Einheiten der Größen eine Formel für die Schwingungsdauer ableiten, die bis auf einen möglichen Zahlenfaktor korrekt ist. Probier es gerne mal aus.

Das international akzeptierte System für physikalische Einheiten ist das Internationale Einheitensystem oder SI mit den sieben Basiseinheiten Meter (m) für die Länge, Kilogramm (kg) für die Masse, Sekunde (s) für die Zeit, Ampere (A) für die Stromstärke, Kelvin (K) für die (thermodynamische) Temperatur, Mol (mol) für die Stoffmenge und Candela (cd) für die Lichtstärke. Alle anderen physikalischen Größen sind abgeleitete Größen, deren Einheiten sich als Produkt von Potenzen dieser Basiseinheiten darstellen lassen. Neben diesen Basiseinheiten solltest du die gängigsten (von Nano bis Giga) Multiplikatoren oder SI-Präfixe für Einheiten kennen, also zum Beispiel wissen, dass  $1 \mu\text{s}$  für eine millionstel Sekunde steht oder 1 km für tausend Meter.

**2.1 Allgemeines** Du solltest die einfachsten gängigen Annahmen beim Lösen physikalischer Probleme kennen und erkennen können, ob diese bei einem gegebenen Problem zutreffend sind. Dazu gehören das Modell einer Punktmasse, die Annahme von Reibungsfreiheit bei Fall- oder Rutschvorgängen, die Annahme von dünnen Linsen bei Abbildungen oder die Annahme idealer Bauteile in elektrischen Schaltungen.

Außerdem solltest du in der Lage sein, einfache Symmetrien in Problemen wie dem elektrischen Schaltkreis der Beispielaufgabe oben zu erkennen und zu nutzen.

<sup>5</sup>Die URL ist [www.scienceolympiaden.de/ipho/internationale-physik-olympiade-wettbewerb/anforderungen](http://www.scienceolympiaden.de/ipho/internationale-physik-olympiade-wettbewerb/anforderungen)

<sup>6</sup>Für viele der Konzepte findest du zum Beispiel auf [www.leifiphysik.de](http://www.leifiphysik.de) Erklärungen und Aufgaben zum Testen deines Wissens. Oftmals bietet auch die deutschsprachige Wikipedia hilfreiche Erklärungen.

Für die Abschnitte des IPhO-Stoffkatalogs 2.2-2.7 sind im Folgenden die Begriffe und Konzepte aufgeführt, mit denen du für die Klausur auf jeden Fall vertraut sein solltest.

## 2.2 Mechanik

2.2.1 Kinematik Geschwindigkeit und Beschleunigung einer Punktmasse als Ableitungen des Ortsvektors. Lineargeschwindigkeit. Zentripetal- und Tangentialbeschleunigung. Bewegung einer Punktmasse mit konstanter Beschleunigung, Addition von Geschwindigkeiten und Winkelgeschwindigkeiten. Addition von Beschleunigungen ohne Coriolis-Term

2.2.2 Statik Gleichgewichtsbedingungen: Kräftegleichgewicht (vektoriell oder in Form von Projektionen). (Haft- und Gleit-)reibung. Hookesches Gesetz. Druck. stabile und instabile Gleichgewichte.

2.2.3 Dynamik 2. Newtonsches Gesetz (in Vektorform und in Komponenten). Kinetische Energie für Translations- und Rotationsbewegungen. Potentielle Energie für einfache Kraftfelder. Impuls, Energie und deren Erhaltungssätze. Mechanische Arbeit und Leistung. Entwertung aufgrund von Reibung. Zentrifugalkraft

2.2.4 Himmelsmechanik Gravitationsgesetz. Gravitationspotential. Keplersche Gesetze

2.2.5 Hydrodynamik Druck. Auftrieb. Kontinuitätsgleichung. Bernoulli-Gleichung.

## 2.3 Elektromagnetische Felder

2.3.1 Basiskonzepte Konzepte der Ladung und des Stromes. Ladungserhaltung und Kirchhoffs Stromgesetz (Knotenregel). Kirchhoffs Spannungsgesetz (Maschenregel). Coulomb-Kraft. elektrostatisches Feld als ein Potentialfeld. Magnetisches B-Feld. Lorentzkraft. Ampèresches Gesetz

2.3.2 Integrale Form der Maxwell-Gleichungen Ampèresches Gesetz; Induktionsgesetz. Superpositionsprinzip für elektrische und magnetische Felder

2.3.3 Wechselwirkung von Materie mit elektrischen und magnetischen Feldern Widerstandswert und Leitfähigkeit. Wirbelströme. Lenzsche Regel

2.3.4 Stromkreise Linearer Widerstand und ohmsches Gesetz. in Leitern umgesetzte Leistung. geleistete Arbeit durch eine elektromotorische Kraft. Gleichstromquellen. Amperemeter. Voltmeter. Kondensator und Kapazität. Induktivität. Strom- und Spannungsresonanz

## 2.4 Schwingungen und Wellen

2.4.1 Einfaches Pendel Harmonische Schwingungen: Bewegungsgleichung, Frequenz, Kreisfrequenz und Periodendauer. Freie Schwingung eines LC-Kreises

2.4.2 Wellen Ausbreitung harmonischer Wellen: Wellenlänge, Wellenvektor. Snelliussches Brechungsgesetz

2.4.3 Interferenz und Beugung Interferenz durch dünne Schichten (nur die Bedingungen für Intensitätsminima und -maxima).

2.4.4 Wechselwirkung elektromagnetischer Wellen mit Materie Brechungsindex

2.4.5 Geometrische Optik und Photometrie Näherungen der geometrischen Optik: Strahlen und optische Bilder. Dünne-Linsen-Näherung. Konstruktion von Bildern durch ideal angenommene dünne Linsen. Abbildungsgleichung

## 2.7 Thermodynamik und statistische Physik

2.7.1 Klassische Thermodynamik Kelvinskala. Erstes und zweites Gesetz der Thermodynamik. Kinetische Theorie idealer Gase. Avogadro-Konstante, Boltzmann-Faktor und Gaskonstante. Gesetz des idealen Gases

2.7.2 Wärmetransfer und Phasenübergänge Phasenübergänge (sieden, verdunsten, schmelzen, sublimieren) und latente Wärme

**3.6 Datenanalyse** Transformation einer Abhängigkeit in eine lineare Form durch passende Wahl von Variablen. Fitten einer Ausgleichsgerade und Bestimmung der linearen Regressionsparameter (Steigung, Achsenabschnitt und Fehlerabschätzung) entweder grafisch oder durch Nutzung statistischer Funktionen eines Taschenrechners (beide Methoden sind akzeptabel).

**4.1 Algebra** Vereinfachung von Formeln durch Faktorisieren und Ausmultiplizieren. Lösung linearer Gleichungssysteme. Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen, die zu quadratischen Gleichungen führen; Identifikation physikalisch sinnvoller Lösungen.

**4.2 Funktionen** Wesentliche Eigenschaften von trigonometrischen, invers-trigonometrischen, exponentiellen und logarithmischen Funktionen und Polynomen. Dies beinhaltet Formeln von trigonometrischen Funktionen mit Summen von Winkeln. Lösen einfacher Gleichungen, die trigonometrische, logarithmische und exponentielle Funktionen enthalten.

**4.3 Geometrie und Stereometrie** Grad und Radiant als alternative Maße für Winkel. Gleichheit von Wechselwinkeln. Gleichheit korrespondierender Winkel. Erkennen ähnlicher Dreiecke. Flächen von Dreiecken und Kreisen. Oberfläche von Kugeln und Zylindern. Volumen von Kugeln und Zylindern. Sinus- und Kosinussatz

**4.4 Vektoren** Grundeigenschaften von Vektorsummen, Skalar- und Kreuzprodukt.

**4.7 Analysis** Qualitatives Verständnis der Ableitung elementarer Funktionen. Verstehen der Integration als inverse Operation zur Differentiation. Geometrische Interpretation von Ableitungen und Integralen.

## Aufgaben zum Üben

Im Folgenden haben wir zu einigen der obigen Themen Aufgaben zusammengestellt, die als Vorbereitung auf die Klausuren dienen können. Viele der Aufgaben stammen aus den Auswahlrunden der letzten Jahre. Sie sind also sehr nah an typischen Fragestellungen der PhysikOlympiade in Deutschland. Der Umfang der Beispielaufgaben ist aufgrund der vielen längeren Aufgaben größer als in der Klausur der kommenden 2. Runde. Darüber hinaus sind einige der Aufgaben auch schwerer als die Klausuraufgaben. Du musst also nicht frustriert sein, wenn du nicht auf Anhieb auf eine Lösung kommst.

Lösungen zu den Beispielaufgaben kannst du auf der IPhO-Webseite<sup>7</sup> herunterladen. Wir empfehlen dir aber sehr, dich zunächst ohne die Lösungen mit den Aufgaben zu befassen und dir die Lösungen erst zur Kontrolle bzw. wenn du nicht mehr weiter kommst anzusehen.

Darüber hinaus empfehlen wir dir sehr, falls du das nicht schon getan hast, die Aufgaben der Klausuren der 2. Runde der letzten Jahre durchzuarbeiten. Du findest sie unter diesem Link<sup>8</sup>.

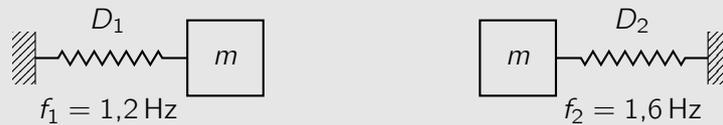
<sup>7</sup>[www.scienceolympiaden.de/media/2881/download/IPhO\\_2024\\_2Rd\\_Vorbereitungsaufgaben\\_Loesungen.pdf?inline=1](http://www.scienceolympiaden.de/media/2881/download/IPhO_2024_2Rd_Vorbereitungsaufgaben_Loesungen.pdf?inline=1)

<sup>8</sup>Die URL ist [www.scienceolympiaden.de/ipho/internationale-physik-olympiade-material-download/aufgaben](http://www.scienceolympiaden.de/ipho/internationale-physik-olympiade-material-download/aufgaben)

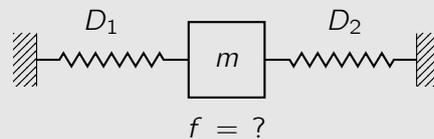
**Aufgabe 1 Doppeltes Federpendel (MC-Aufgabe)**
**(5 Pkt.)**

(2. Runde zur IPhO 2023, Idee: Aufgabengruppe der PhysikOlympiade - Thomas Hellerl)

In den beiden in der Abbildung gezeigten Federpendeln schwingt jeweils ein Körper der Masse  $m$  reibungsfrei. Die Federkonstanten  $D_1$  und  $D_2$  der beiden hookeschen Federn sind dabei jedoch unterschiedlich. Daher schwingen die Körper nach einer Auslenkung mit unterschiedlichen Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$ .



Wie groß ist die Schwingungsfrequenz (Eigenfrequenz) des unten gezeigten Systems, in dem die Federn gekoppelt sind?



A 1,4 Hz

B 2,0 Hz

C 2,4 Hz

D 2,8 Hz

**Antwortteil**

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

## Aufgabe 2 Rohmilch im Glaskolben

(1. Runde zur 51. IPhO 2021)

Der nebenstehend abgebildete Glaskolben enthält Rohmilch. Wenn die Milch einige Zeit in Ruhe gelassen wird, setzt sich der Rahm der Milch ab, während die restliche Magermilch unten verbleibt. Du kannst annehmen, dass das Gesamtvolumen der Flüssigkeit dabei konstant bleibt.

Gib an, ob der Druck am Boden des Kolbens dabei abnimmt, zunimmt oder gleich bleibt. Begründe deine Antwort.

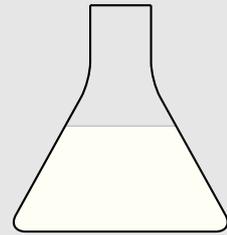


Abb. 1. Glaskolben mit Rohmilch.

### Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

### Aufgabe 3 Schwimmen und Sinken

(3. Runde zur 45. IPhO 2014)

In einer Flüssigkeit schwimmt ein Körper so, dass nur 3% seines Volumens über dem Flüssigkeitsspiegel sind. Der Volumenausdehnungskoeffizient der Flüssigkeit beträgt  $5,2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$  und der Längenausdehnungskoeffizient des Körpers  $3,9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

Bestimme, um wie viel sich die Temperatur des Systems ändern muss, damit der schwimmende Körper ganz untergeht.

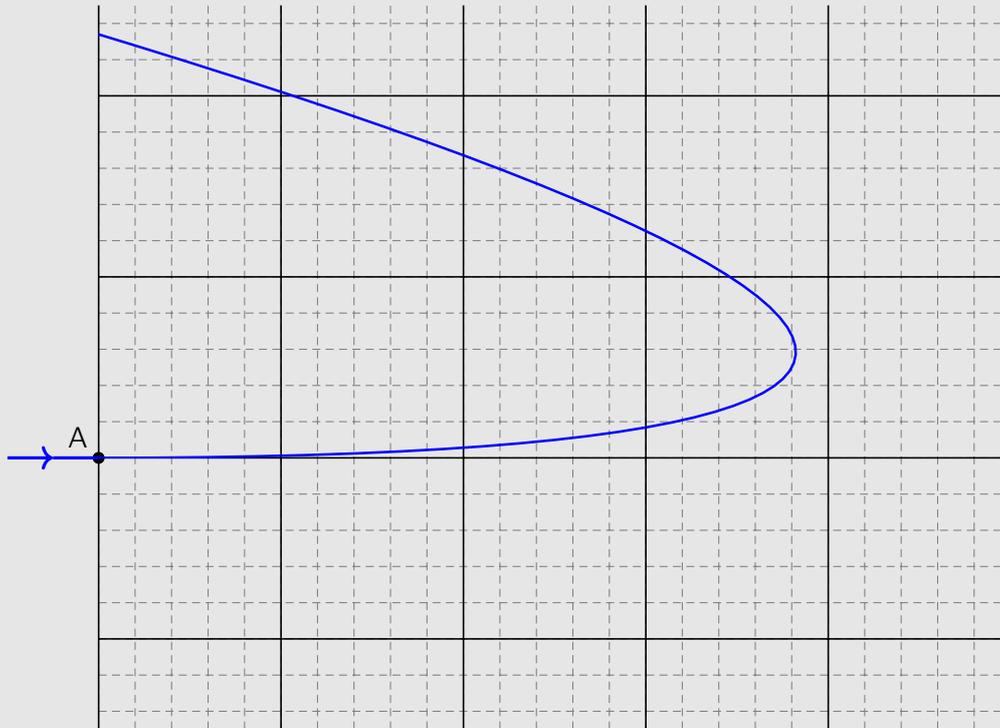
#### Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

### Aufgabe 4 Abgelenkt

(1. Runde zur 47. IPhO 2016)

Ein zuvor mit einer Spannung von 100 V beschleunigtes Elektron tritt am Punkt A in ein homogenes elektrisches Feld ein. Die Bahn des Elektrons ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Der Abstand der gestrichelten Linien in der Abbildung entspricht 4,0 mm und die Bewegung des Elektrons verläuft in der Zeichenebene.



Bestimme die Stärke und die Richtung des elektrischen Feldes, das zur Ablenkung des Elektrons führt.

### Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

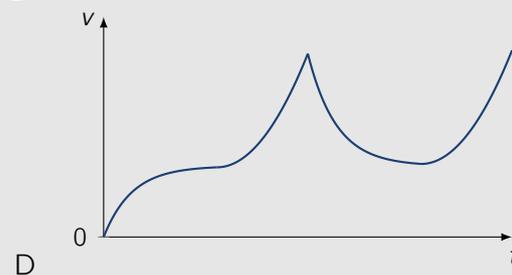
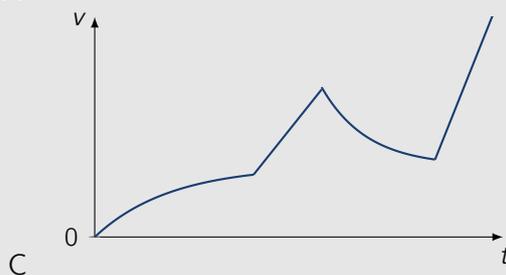
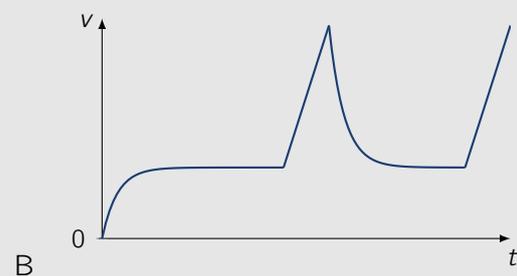
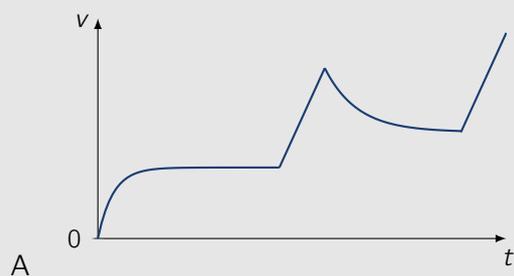
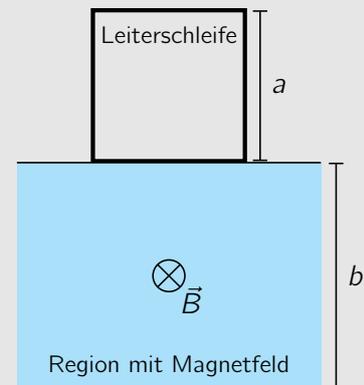
Rechnungen und Erläuterungen (Fortsetzung)

### Aufgabe 5 Fallende Leiterschleife im Magnetfeld (MC-Aufgabe)

(2. Runde zur IPhO 2020, Idee: Aufgabengruppe der PhysikOlympiade - Richard Reindl)

Eine quadratische Leiterschleife mit Kantenlänge  $a$ , Widerstand  $R$  und Masse  $m$  fällt, wie nebenstehend skizziert, aus der Ruhe heraus in eine scharf begrenzte Region der Breite  $b > a$  mit einem homogenen Magnetfeld der Flussdichte  $\vec{B}$ , das in die Zeichenebene hinein orientiert ist. Die Graphen A, B, C und D sollen den zeitlichen Verlauf der Geschwindigkeit der Leiterschleife für verschiedene Magnetfeldstärken darstellen.

Welcher der Graphen zeigt einen physikalisch möglichen Vorgang?



#### Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

Rechnungen und Erläuterungen (Fortsetzung)

Korrekte Antwort:

## Aufgabe 6 Abbildung mit Spiegel und Linse

(3. Runde zur 49. IPhO 2018)

Eine dünne Linse erzeugt ein Bild eines Objektes. Direkt hinter die Linse wird nun ein flacher Spiegel auf die optische Achse gestellt. Die Spiegelfläche ist dabei senkrecht zur optischen Achse. Die übrige Konfiguration bleibt unverändert. In diesem Fall entsteht ein Bild des Objektes, das denselben Betrag für die Vergrößerung aufweist.

Bestimme die Vergrößerung.

### Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

## Aufgabe 7 Ein unscharfes Bild

(1. Runde zur 47. IPhO 2016)

Ein Lineal wird fotografiert. Weit hinter dem Lineal befindet sich eine Lichterkette, deren kleine Lämpchen auf dem Foto unscharf erscheinen.

Vereinfachend kann angenommen werden, dass die Abbildung durch eine einzelne, dünne Linse erzeugt wird.

Bestimme mit Hilfe des Fotos den Durchmesser der Kameralinse.

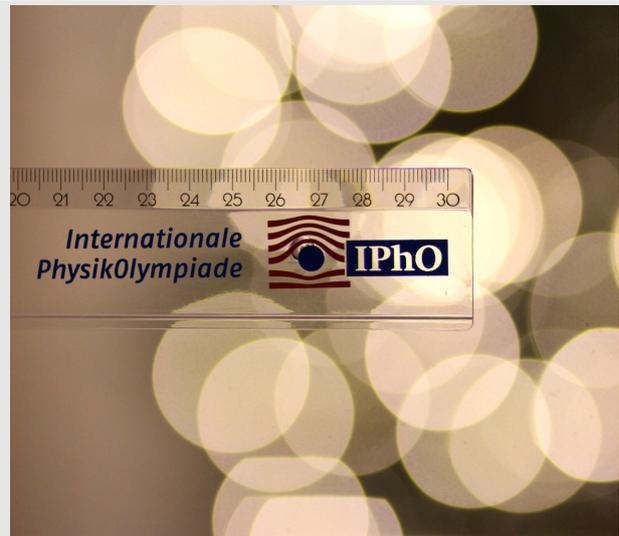


Abb. 2. Unscharfes Foto einer Lichterkette.

### Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

## Aufgabe 8 Dicke einer Seifenblase (Kurzaufgabe)

(4. Runde zur 46. IPhO 2015)

Eine senkrechte Seifenblasenschicht wird horizontal mit einer Natriumlampe (Wellenlänge 589 nm) bestrahlt, und die Reflektion des Lichtes wird beobachtet. Das obere Ende der Schicht ist so dünn, dass kein Licht reflektiert wird und die Schicht dort schwarz erscheint. Unterhalb des oberen Endes erscheinen fünf helle Streifen, der fünfte am unteren Ende der Schicht.

Bestimme die Dicke der Seifenblasenschicht am unteren Ende.

Verwende für den Brechungsindex von Wasser den Wert 1,33.

### Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

## Aufgabe 9 Eisdät

(1. Runde zur 49. IPhO 2018)

„Was machst Du denn da?“ fragt Hanna ihren Nachbarn, der mit einem ganzen Karton Eis nach Hause kommt. „Ich mache ab heute eine Wassereisdät“, antwortet dieser. „Wie bitte?“

„Ganz einfach“, erklärt Tom und zeigt ihr die Verpackung. „Das Eis hat einen Energienährwert von ungefähr 350 kJ pro 100 g. Um das Eis beim Essen aufzuwärmen und zu schmelzen, muss mein Körper aber viel mehr Energie aufbringen. Damit kann ich so viel Eis essen wie ich möchte und nehme dabei sogar noch ab!“

Kann das wirklich funktionieren? Hanna bleibt skeptisch.

Beurteile mit Hilfe geeigneter Abschätzungen, ob Toms Diätplan Erfolg haben kann. Besorge dir dazu benötigte weitere Zahlenwerte aus einem Buch oder dem Internet.

### Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

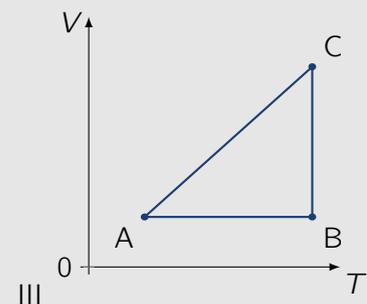
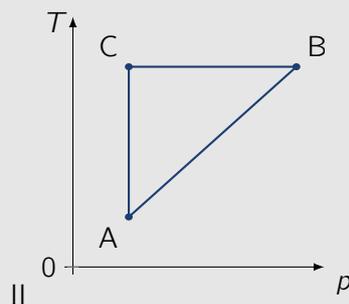
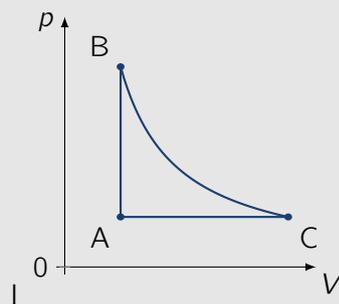
## Aufgabe 10 Kreisprozess (MC-Aufgabe)

(2. Runde zur IPhO 2019)

Ein ideales Gas durchläuft einen Kreisprozess. Ausgehend von dem Zustand A wird es zunächst bei konstantem Volumen bis zu einem Zustand B erwärmt, anschließend expandiert es ohne Temperaturänderung bis zu einem Zustand C und wird schließlich isobar wieder zum Ausgangszustand A komprimiert.

Bezeichne mit  $p$ ,  $V$  und  $T$  den Druck, das Volumen und die Temperatur des Gases.

Welche der nachfolgenden Graphen stellen den Kreisprozess korrekt dar?



- A Nur die Graphen I und II.
- B Nur die Graphen I und III.
- C Nur die Graphen II und III.
- D Alle drei Graphen.

### Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

## Aufgabe 11 Druckbetrachtungen

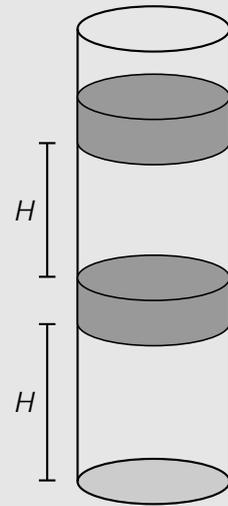
(3. Runde zur IPhO 2018 & 1. Runde zur IPhO 2009)

In einem mit Luft gefüllten, aufrechten Rohr befinden sich, wie nebenstehend gezeigt, zwei identische Scheiben. Das Rohr ist nach oben offen aber am unteren Ende verschlossen. Die Scheiben sind so dimensioniert, dass sie das Rohr luftdicht abschließen. Sie lassen sich aber vertikal verschieben.

Sowohl die Höhe des Luftvolumens zwischen der unteren Scheibe und dem Boden des Rohres als auch die des Luftraumes zwischen den Scheiben betragen in der anfänglichen Ruhelage  $H = 30\text{ cm}$ . Der Luftdruck zwischen den Scheiben liegt dabei 10 % über dem Atmosphärendruck.

Berechne die Dicke der Scheiben für den Fall, dass sie aus Kupfer mit einer Dichte von  $8,95 \cdot 10^3\text{ kg m}^{-3}$  bestehen.

Bestimme, wie hoch die Luftsäule zwischen der unteren Scheibe und dem Boden des Rohres ist, wenn die obere Scheibe langsam an die ursprüngliche Stelle der unteren gedrückt wird.



### Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

Ergebnisse:

## Aufgabe 12 Fadenpendel

(Begleitheft der 1. Runde zur 50. IPhO 2019)

Aus einem dünnen Faden und einem kleinen Gewicht, wie zum Beispiel einer Schraube oder Mutter, lässt sich ein einfaches Fadenpendel bauen. Wenn die Ausdehnung des Gewichtes sehr klein gegenüber der Fadenlänge  $\ell$  ist, gilt für die Schwingungsdauer  $T$  des Pendels bei kleinen Auslenkungen

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

Dabei bezeichnet  $g$  die Schwerebeschleunigung auf der Erde. Theoretisch sollte damit  $T^2$  eine lineare Funktion der Fadenlänge  $\ell$  sein.

Die folgende Tabelle stellt in einem Experiment gemessene Werte der Schwingungsperioden  $T$  zusammen mit der gemittelten Schwingungsperiode  $\bar{T}$  und dem Quadrat dieser Größe dar.

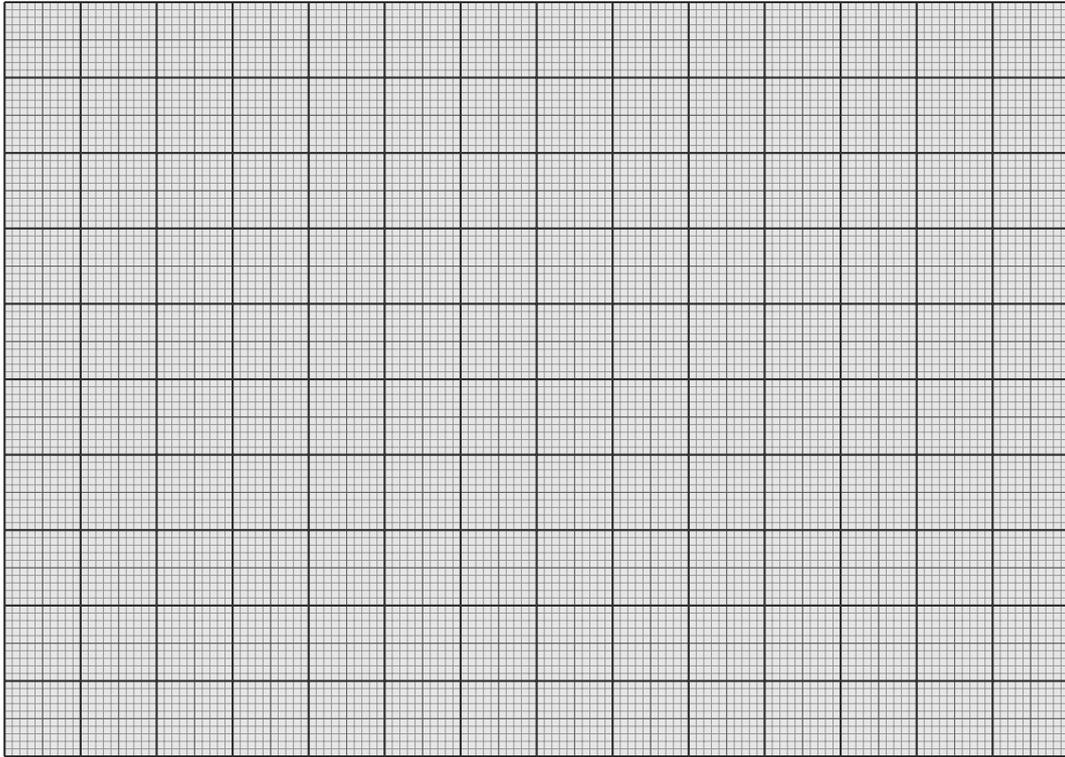
Fadenlänge	Zeit für 10 Schwingungsperioden					Mittelwert	
$\ell / \text{cm}$	$10 T / \text{s}$					$\bar{T} / \text{s}$	$\bar{T}^2 / \text{s}^2$
67,2	16,62	16,87	15,43	17,50	17,61	1,68	2,82
55,5	15,12	13,94	16,18	15,04	15,53	1,51	2,29
47,0	13,79	12,60	13,37	14,41	14,80	1,38	1,90
34,5	11,93	13,02	10,77	12,18	11,72	1,19	1,42
22,0	9,50	11,44	9,24	9,59	8,73	0,97	0,94
13,4	7,91	6,38	8,32	8,91	7,89	0,79	0,62

Überprüfe mit Hilfe eines geeigneten Graphen, ob die experimentellen Daten zu dem theoretisch erwarteten Verlauf passen und bestimme den Wert der Schwerebeschleunigung  $g$ .

### Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

Graph



Rechnungen und Erläuterungen (Fortsetzung)

Ergebnis: