57. Internationale PhysikOlympiade

Riad, Saudi-Arabien 2027

Vorbereitungsmaterial zur 2. Wettbewerbsrunde

Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer,

zur Vorbereitung auf die Klausur der 2. Runde der diesjährigen PhysikOlympiade in Deutschland, dem Auswahlwettbewerb zur Internationalen PhysikOlympiade 2027, haben wir in diesen **Vorbereitungsmaterialien** für dich und deine betreuende Lehrkraft Informationen zu Format und Inhalten sowie einige Beispielaufgaben zusammengestellt. Die jeweils aktuellste Fassung des Vorbereitungsmaterials, der Beispielaufgaben und deren Lösungen findest du auf der IPhO-Webseite www.scienceolympiaden.de/ipho bei den Materialien zur 2. Runde. Bitte schaue regelmäßig dort nach.

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. Besonders hinweisen möchten wir dich auf die Möglichkeit, ein DIN-A4 **Formelblatt** mit in die Klausur zu nehmen. Weitere Informationen dazu sind auf der nächsten Seite zu finden.

Die **Beispielaufgaben** in diesem Vorbereitungsmaterial greifen das Aufgabenformat der Klausuren und teilweise auch klausurrelevante Themen auf. Wir empfehlen dir 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 im Bereich Aufgaben ansehen. Dort findest du auch eine Zusammenstellung aller Mulitple-Choice Aufgaben der letzten Jahre mit Lösungen.

Zur Vorbereitung auf die Klausur bieten wir vom 12. Oktober bis zum 06. November ein freiwilliges **Online-Training** an. In den Sitzungen geben ehemalige Teilnehmende, Landesbeauftragte und andere Physikbegeisterte einen Überblick über einzelne physikalische Themen und besprechen einige Aufgaben. Die Teilnahme ist freiwillig und jede(r) darf sich gerne zu den Terminen einwählen die zeitlich und inhaltlich passen. Weitere Informationen zum Onlinetraining findest du auf der Infoseite zur 2. Runde unter

www.scienceolympiaden.de/ipho/internationale-physik-olympiade-wettbewerb/information-aktuelle-runde-2.

Es ist außerdem sehr gut möglich, dass dieses Dokument noch Fehler enthält. Für Hinweise und Verbesserungsvorschläge unter ipho@scienceolympiaden.de sind wir sehr dankbar. Wir werden die Fehler korrigieren und das Dokument aktualisieren.

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.

Regeln und Hinweise zur Klausur der 2. Runde für Schüler*innen (Stand: 21.10.2026)

Die 2. Runde im Auswahlwettbewerb zur Internationalen PhysikOlympiade 2027 wird als Klausurrunde an den Schulen durchgeführt[1]. Teilnahmeberechtigt sind alle Schüler*innen, die die 1. Runde erfolgreich abgeschlossen oder sich über einen anderen Wettbewerb für die 2. Runde qualifiziert haben und nach dem 30. Juni 2007 geboren sind.

- Der **Termin für die Klausur** ist bundesweit einheitlich Dienstag, der **10. November 2026**. In dringenden Fällen kann deine Lehrkraft den Termin um ein bis zwei Tage verschieben.
- Die **Bearbeitungszeit** für die Klausur beträgt zweieinhalb Zeitstunden, also **150 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, Formelsammlungen oder andere (technische) Hilfsmittel erlaubt.
- Du erhältst die Klausuraufgaben in einem verschlossenen, 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 1 Punkt. 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, für die oft eine Rechnung erforderlich ist. Für jede passende physikalische Begründung werden 4 Punkte vergeben. Für diesen Teil sind 60-90 Minuten eingeplant.
- Im zweiten Teil sind **2 längere theoretische Aufgaben** mit mehreren Teilaufgaben zu bearbeiten. Für diesen Teil sind ebenfalls 60-90 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 Arbeitspapier sind im oberen Teil mit deinem **Personencode** versehen. Verwende nach Möglichkeit nur diese Blätter zur Bearbeitung und lege alle Blätter am Ende wieder in deinen Umschlag. Sollten die Blätter nicht ausreichen, versieh auch alle zusätzlichen Blätter mit deinem Personencode.
- 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.
- Eine Nichtbeachtung der obigen Regeln und Hinweise kann zu einer Disqualifikation in der 2. Runde führen.

Das Team der PhysikOlympiade in Deutschland wünscht dir viel Erfolg!

[1] Für Teilnehmende aus Hessen und Nordrhein-Westfalen gibt es die Möglichkeit, die Klausur bei einer zentralen Veranstaltung in Darmstadt bzw. Dortmund zu schreiben. Für diese erfolgt eine separate Einladung.

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	$0\,\mathrm{K} = -273{,}15\,^\circ\mathrm{C}$
Atomare Masseneinheit	u	$1{,}660\,539 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}$
Avogadro-Konstante	N_A	$6{,}022\,141 \cdot 10^{23}\,\mathrm{mol}^{-1}$
Boltzmann-Konstante	k_B	$1{,}380\,649 \cdot 10^{-23}\,\mathrm{J\,K}^{-1}$
Elektrische Feldkonstante	ε_0	$8{,}854\,187\,817 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{A\,s\,V}^{-1}\,\mathrm{m}^{-1}$
Elektronenvolt	eV	$1\,\mathrm{eV} = 1{,}602\,177 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{J}$
Elementarladung	e	$1{,}602\,177 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{A\,s}$
Fallbeschleunigung auf der Erde	g	$9{,}806\,65\,\mathrm{m\,s}^{-2}$
Gravitationskonstante	γ, G	$6{,}674 \cdot 10^{-11}\,\mathrm{m}^3\,\mathrm{kg}^{-1}\,\mathrm{s}^{-2}$
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	c_0	$2{,}997\,924\,58 \cdot 10^{8}\,\mathrm{m\,s}^{-1}$
Magnetische Feldkonstante	μ_0	$1{,}256\,637\,061 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{V\,s\,A}^{-1}\,\mathrm{m}^{-1}$
Normdruck, Atmosphärendruck	p_n	$101\,325\,\mathrm{N\,m}^{-2}$
Plancksches Wirkungsquantum	h	$6{,}626\,070 \cdot 10^{-34}\,\mathrm{J\,s}$
Ruhemasse des Elektrons	m_e	$9{,}109\,384 \cdot 10^{-31}\,\mathrm{kg}$
Ruhemasse des Neutrons	m_n	$1{,}674\,927 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}$
Ruhemasse des Protons	m_p	$1{,}672\,622 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}$
Rydberg-Konstante	R_∞	$1{,}097\,373\,157 \cdot 10^{7}\,\mathrm{m}^{-1}$
Schallgeschwindigkeit in Luft	c_Luft	$343\,\mathrm{m\,s}^{-1}$ (bei 20 °C und Normdruck)
Stefan-Boltzmann-Konstante	α, σ	$5{,}6704 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{W\,m}^{-2}\,\mathrm{K}^{-4}$
Universelle Gaskonstante	R	$8{,}314\,46\,\mathrm{J\,K}^{-1}\,\mathrm{mol}^{-1}$

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 Δh 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

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

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 1 Punkt. Wenn keine, eine falsche oder mehr als eine Antwortoption angegeben ist, werden dafür Null Punkte vergeben. Maximal 4 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

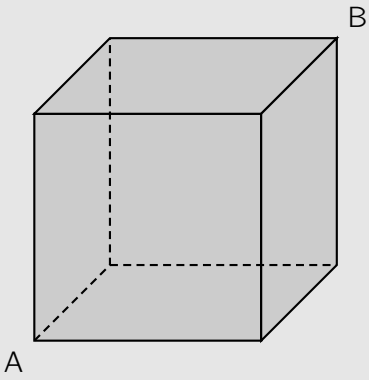
Die längeren theoretischen Aufgaben entsprechen vermutlich eher dem Format, das du aus der Schule kennst. Zu jeder Aufgabe kann es mehrere Unteraufgaben geben. Eine (eher kurze) Aufgabe in diesem Format kann beispielsweise folgendermaßen aussehen:

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.

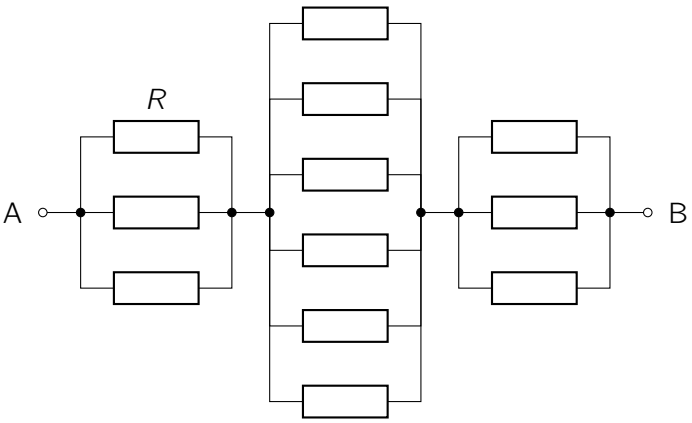
Rechnungen und Erläuterungen

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° 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 auf der IPhO-Webseite www.scienceolympiaden.de/ipho im Bereich Der Wettbewerb/Anforderungen[2]. 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[3] anschaust und dann versuchst, die Aufgabenbeispiele im letzten Teil und Aufgaben aus den letzten Jahren 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 Multiplikatoren (von Nano bis Giga) oder SI-Präfixe für Einheiten kennen, also zum Beispiel wissen, dass 1 µs 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.

[2] Die URL ist www.scienceolympiaden.de/ipho/internationale-physik-olympiade-wettbewerb/anforderungen

[3] Für viele der Konzepte findest du zum Beispiel auf 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.

2.2.2 Statik Schwerpunktbestimmung.Gleichgewichtsbedingungen: Kräftegleichgewicht (vektoriell oder in Form von Projektionen); stabile und instabile Gleichgewichte; Normalkraft, Spannkraft, (Haft- und Gleit-)reibung; Hookesches Gesetz; Druck; verformende Spannung und Elastizitätsmodul.

2.2.3 Dynamik 2. Newtonsches Gesetz (in Vektorform und in Komponenten); kinetische Energie für Translations- und Rotationsbewegungen; Potentielle Energie für einfache Kraftfelder; Impuls; Drehimpuls, Energie und deren Erhaltungssätze; Mechanische Arbeit und Leistung; Entwertung aufgrund von Reibung. Inertialsysteme als Bezugssysteme, und Nicht-Inertialsysteme als Bezugssysteme,

2.2.4 Himmelsmechanik Gravitationsgesetz; Gravitationspotential, Keplersche Gesetze

2.2.5 Hydrodynamik Druck, Auftrieb.

2.3 Elektromagnetische Felder

2.3.1 Basiskonzepte Konzepte der Ladung und des Stromes; Ladungserhaltung und Kirchhoffs Stromgesetz (Knotenregel); Coulomb-Kraft, elektrostatisches Feld als ein Potentialfeld; Kirchhoffs Spannungsgesetz (Maschenregel);

2.3.2 Integrale Form der Maxwell-Gleichungen Superpositionsprinzip für elektrische und magnetische Felder.

2.3.3 Wechselwirkung von Materie mit elektrischen und magnetischen Feldern Widerstandswert und Leitfähigkeit;

2.3.4 Stromkreise Linearer Widerstand und ohmsches Gesetz; Gleichstromquellen, Amperemeter, Voltmeter und Widerstandsmessgeräte.

2.4 Schwingungen und Wellen

2.4.1 Einfaches Pendel Harmonische Schwingungen: Bewegungsgleichung, Frequenz, Kreisfrequenz und Periodendauer;

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

2.4.3 Interferenz und Beugung Überlagerung von Wellen.Brechung an einem und zwei Spalten, Beugungsgitter.

2.4.4 Wechselwirkung elektromagnetischer Wellen mit Materie Brechungsindex.

2.4.5 Geometrische Optik und Photometrie Näherungen der geometrischen Optik: Strahlen und optische Bilder;

2.5 Relativitätstheorie

Prinzip der Relativität und Lorentz-Transformation für Zeit- und RaumkoordinatenMasse-Energie-Äquivalenz; Invarianz des Raumzeitintervalls und der Ruhemasse. Zeitdilatation; Längenkontraktion; Energie und Impuls von Photonen.

2.6 Quantenphysik

2.6.2 Struktur der Materie Halbwertszeit und exponentieller Zerfall.

2.7 Thermodynamik und statistische Physik

2.7.1 Klassische Thermodynamik Konzept des thermischen Gleichgewichts und reversible Prozesse; innere Energie, Arbeit und Wärme; Erstes und zweites Gesetz der Thermodynamik. Translationsbewegung von Molekülen und Druck; Gesetz des idealen Gases;

2.7.2 Wärmetransfer und Phasenübergänge Konzept der Wärmeleitfähigkeit; Kontinuität des Wärmeflusses. Thermische Ausdehnung.

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).

Wahl angemessener Skalen für Graphen und Eintragen von Messpunkten mit Fehlerbalken.

4.1 Algebra Vereinfachung von Formeln durch Faktorisieren und Ausmultiplizieren; Lösung linearer Gleichungssysteme; Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen, die zu quadratischen und biquadratischen 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 KreisenOberfläche 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 Aufgaben zusammengestellt, die auch einige der obigen Themen aufgreifen und 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 grob vergleichbar mit dem der Klausur der kommenden 2. Runde.

Lösungen zu den Beispielaufgaben findest du auf der IPhO-Webseite bei den Materialien zur 2. Runde. 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 ebenfalls auf der IPhO-Webseite im Bereich Aufgaben. Dort gibt es darüber hinaus auch eine Zusammenstellung aller Mulitple-Choice Aufgaben der letzten Jahre mit Lösungen.

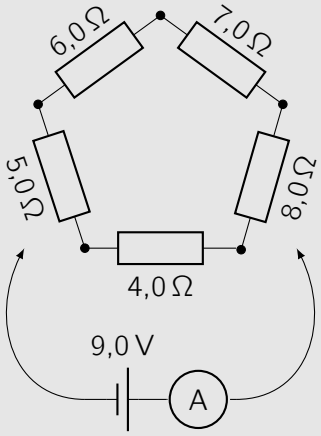
Aufgabe 1 Fünfeck aus Widerständen (MC-Aufgabe)

(2. Rd. zur IPhO 2019)

Eine Batterie mit einer Spannung von 9,0 V ist mit einem idealen Amperemeter in Reihe geschaltet. Die Reihenschaltung kann an zwei beliebige Ecken des abgebildeten Widerstandfünfecks angeschlossen werden.

Wie groß ist die betragsmäßig kleinste Stromstärke, die dabei durch das Amperemeter fließt?

A 0,30 A B 0,60 A C 1,2 A D 2,3 A



Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

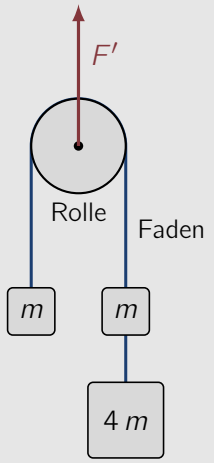
Korrekte Antwort:

Aufgabe 2 Atwoodsche Fallmaschine (MC-Aufgabe)

(2. Rd. zur IPhO 2026, Aufgabengruppe der PhysikOlympiade - Titus Bornträger)

Professor Atwood kommt gerade von einer Tagung zurück, da bastelt er schon am nächsten Experiment: Er legt einen Faden über eine Rolle und befestigt an beiden Enden des Fadens je einen Körper der Masse m. Nimm an, dass der Faden und die Rolle masselos sind und dass die Rolle frei um ihre zentrale Achse rotieren kann. Er hält nun die Achse der Rolle fest und misst die Kraft F, mit welcher er sie nach oben ziehen muss, um die Rolle mit den Körpern an ihrer Position zu halten.

Jetzt hängt er, wie in der Abbildung gezeigt, an das rechte Massestück einen zusätzlichen Körper mit der Masse $4\,m$. Er hält wieder die Achse fest.



Wie groß ist die Kraft F', mit der er in der gezeigten Situation an der Achse ziehen muss, um sie an ihrer Position zu halten?

A $\frac{5}{3}F$ B $2F$ C $\frac{5}{2}F$ D $3F$

Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

Aufgabe 3 Wärmeleitung (MC-Aufgabe)

(2. Rd. zur IPhO 2020)

Die Enden von drei runden Metallstäben aus identischem Material werden jeweils auf konstanten Temperaturen gehalten. Für die Stäbe sind die folgenden Daten bekannt:

Stab I - Durchmesser: 2,0 cm, Länge: 20 cm, Temperaturen der Stabenden: 50 °C und 20 °C
Stab II - Durchmesser: 3,0 cm, Länge: 50 cm, Temperaturen der Stabenden: 60 °C und 30 °C
Stab III - Durchmesser: 4,0 cm, Länge: 80 cm, Temperaturen der Stabenden: 70 °C und 40 °C

Wie verhalten sich die durch die Stäbe aufgrund von Wärmeleitung übertragenen Wärmeleistungen P_{I}, P_{II} und P_{III} zueinander (Die Leistungen können alle als positiv angenommen werden)?

A $P_{\mathrm{I}} < P_{\mathrm{II}} = P_{\mathrm{III}}$ B $P_{\mathrm{I}} = P_{\mathrm{II}} < P_{\mathrm{III}}$ C $P_{\mathrm{II}} < P_{\mathrm{I}} = P_{\mathrm{III}}$ D $P_{\mathrm{III}} < P_{\mathrm{II}} < P_{\mathrm{I}}$

Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

Aufgabe 4 Coulombkraft (MC-Aufgabe)

(1. Rd. zur IPhO 2017)

Zwei gleich große, geladene Metallkugeln befinden sich in einem sehr großen Abstand voneinander. Die Ladung der einen Kugel ist drei mal so groß wie die der anderen. Die Kraft, die die Kugeln aufeinander ausüben, ist F. Nun werden die Kugeln miteinander in Kontakt gebracht und anschließend in einem Abstand positioniert, der doppelt so groß wie anfänglich ist.

Wie groß ist jetzt etwa die Kraft zwischen ihnen?

A $0,25\,F$ B $0,33\,F$ C $0,50\,F$ D Die Kraft bleibt gleich.

Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

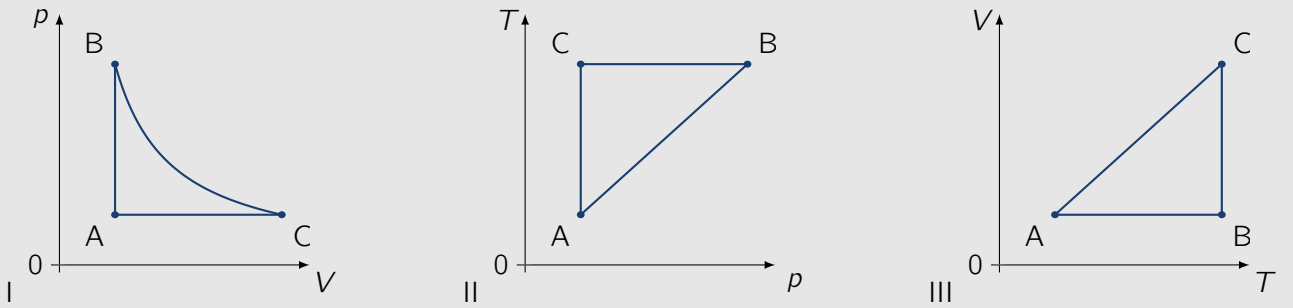
Aufgabe 5 Kreisprozess (MC-Aufgabe)

(2. Rd. 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

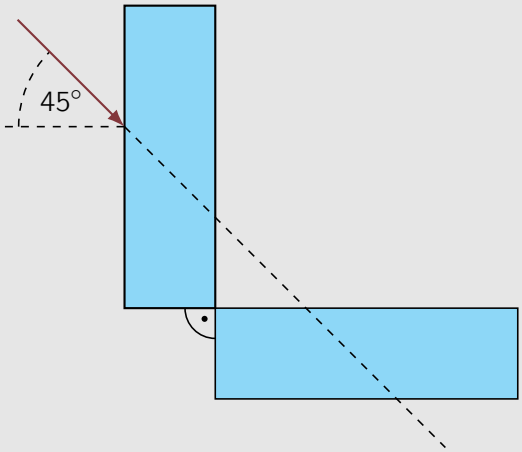
Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

Aufgabe 6 Lichtbrechung (MC-Aufgabe)

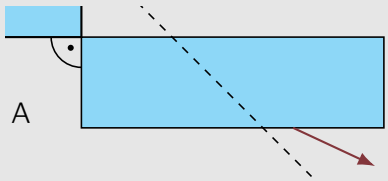
(2. Rd. zur IPhO 2020)

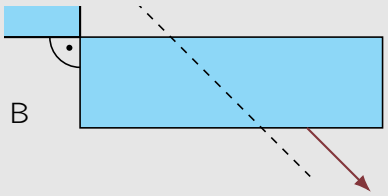
Ein Lichtstrahl trifft, wie nebenstehend abgebildet, auf eine Anordnung von zwei gleich großen, senkrecht zueinander aufgebauten Glasquadern und wird beim Eintritt in den ersten Quader gebrochen. Der Brechungsindex des Glases beträgt 1,5. Außerhalb der Quader befindet sich Luft.

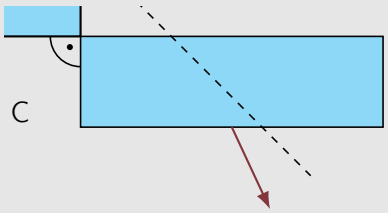


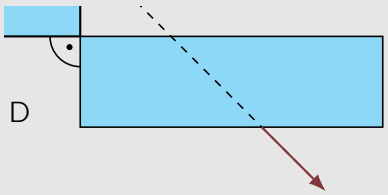
Welcher der folgenden Abbildungsausschnitte zeigt den Verlauf des gebrochenen Lichtstrahls nach dem Austritt aus dem zweiten Quader?

Der Verlauf des Lichtstrahls in dem Quader ist dabei nicht dargestellt und die gestrichelte Linie gibt den Verlauf des ungebrochenen Lichtstrahls wieder.









Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

Aufgabe 7 Interferenz (MC-Aufgabe)

(2. Rd. zur IPhO 2020)

In einem Versuch fällt einfarbiges Laserlicht senkrecht auf ein optisches Gitter mit 300 Linien pro mm. Hinter dem Gitter wird das Interferenzmuster auf einem Schirm beobachtet. Der Abstand des Schirms zum Gitter ist dabei sehr groß gegenüber der Ausdehnung des Interferenzmusters.

Die nebenstehenden Graustufenbilder zeigen die bei Verwendung von zwei Lasern mit unterschiedlichen Wellenlängen aber ansonsten gleicher Versuchsanordnung auf dem Schirm entstehenden Interferenzmuster. Die Wellenlänge des vom ersten Laser emittierten Lichts beträgt 650 nm.

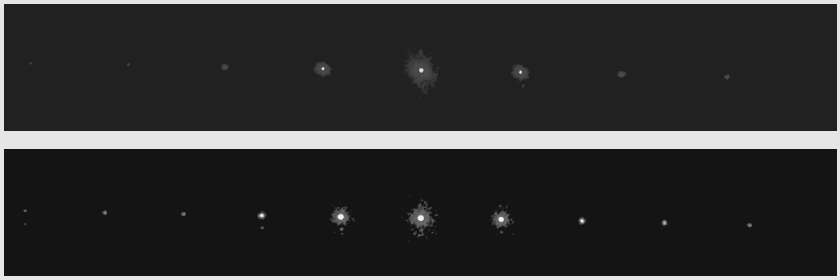


Abb. 1. *Interferenzmuster auf dem Schirm für eine Wellenlänge von* 650 nm *(oben) und eine zweite unbekannte Wellenlänge (unten). Die Bilder zeigen den gleichen Ausschnitt des Schirms.*

Wie groß ist die Wellenlänge des vom zweiten Laser emittierten Laserlichts?

A etwa 450 nm B etwa 530 nm C etwa 610 nm D etwa 690 nm

Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

Aufgabe 8 Bleiglasfenster (MC-Aufgabe)

(2. Rd. zur IPhO 2022, Aufgabengruppe der PhysikOlympiade - Stefan Petersen)

Räume mit Röntgengeräten werden durch dicke Wände und Fenster aus Bleiglas abgeschirmt. Ein Bleiglasfenster mit einer Dicke von 2,0 cm kann bereits 75 % der Intensität von Röntgenstrahlung abschirmen.

Wie dick muss das Bleiglasfenster sein, damit die Intensität der Strahlung hinter dem Fenster nur noch 1 % der Intensität vor dem Fenster beträgt?

A etwa 2,7 cm B etwa 4,0 cm C etwa 6,6 cm D etwa 9,2 cm

Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

Aufgabe 9 Wettlauf zwischen Photon und Proton

(2. Rd. zur IPhO 2019, Aufgabengruppe der PhysikOlympiade - Richard Reindl & Thomas Hellerl)

Bei einer Supernova in Barnards Galaxie, einer Nachbargalaxie unserer Milchstraße, gehen ein Photon und ein Proton gleichzeitig auf die Reise zur Erde. Dort wird das Proton 72 Stunden später registriert als das Photon. Die Gesamtenergie des Protons beträgt $9{,}38\,\mathrm{TeV} = 9{,}38 \cdot 10^{12}\,\mathrm{eV}$.

9.a) Zeige, dass die Gesamtenergie des Protons etwa das 10.000-fache seiner Ruheenergie beträgt. *(3,0 Pkt.)*

9.b) Berechne, in welcher Entfernung von der Erde die Supernova stattfand. Gib dein Ergebnis in Lichtjahren an. *(5,0 Pkt.)*

9.c) Bestimme, wie lange die Reise des Protons in seinem Bezugssystem gedauert hat. *(2,0 Pkt.)*

Antwortteil

9.a) Rechnungen und Erläuterungen

9.b)

Rechnungen und Erläuterungen

Ergebnis für die Entfernung von der Erde in der die Supernova stattfand:

9.c)

Rechnungen und Erläuterungen

Ergebnis für die Dauer der Reise des Protons in seinem Bezugssystem:

Aufgabe 10 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 ℓ 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 ℓ 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.

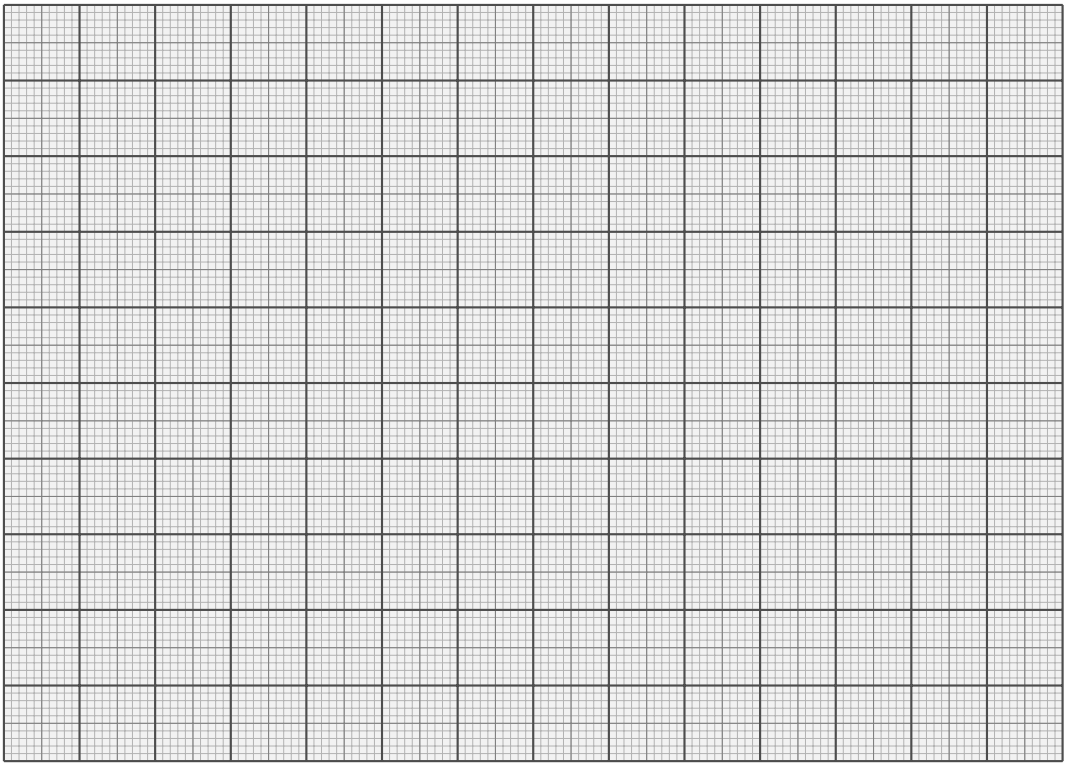
Fadenlänge	Zeit für 10 Schwingungsperioden					Mittelwert	
ℓ / cm	$10\,T$ / s					$\bar{T}$ / s	$\bar{T}^2$ / s^2
67,2	16,62	16,87	15,43	17,50	17,61	1,68	2,82
55,5	15,12	13,94	16,18	15,04	15,53	1,51	2,29
47,0	13,79	12,60	13,37	14,41	14,80	1,38	1,90
34,5	11,93	13,02	10,77	12,18	11,72	1,19	1,42
22,0	9,50	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: