



55. Internationale PhysikOlympiade Paris, Frankreich 2025

Vorbereitungsaufgaben für die 2. Wettbewerbsrunde

Aufgabe 1 Fall auf Exoplanet (MC-Aufgabe)

(2. Rd. zur IPhO 2022, Aufgabengruppe der PhysikOlympiade - Thomas Hellerl)

Auf der Oberfläche eines extrasolaren Planeten - kurz: Exoplaneten - ist die Fallzeit eines Körpers aus einer kleinen Höhe h unter Vernachlässigung aller Reibungseffekte genau doppelt so groß, wie auf der Erde.

Welche der folgenden Aussagen ist damit vereinbar, wenn man von einem kugelsymmetrischen Aufbau des Exoplaneten ausgeht?

Der Exoplanet hat ...

- A ... die halbe Erdmasse und den doppelten Erdradius.
- B ... genau die Erdmasse und vierfachen Erdradius.
- C ... die doppelte Erdmasse und den doppelten Erdradius.
- D ... die vierfache Erdmasse und den vierfachen Erdradius.

Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

Aufgabe 2 Pendel im Fahrstuhl (MC-Aufgabe)

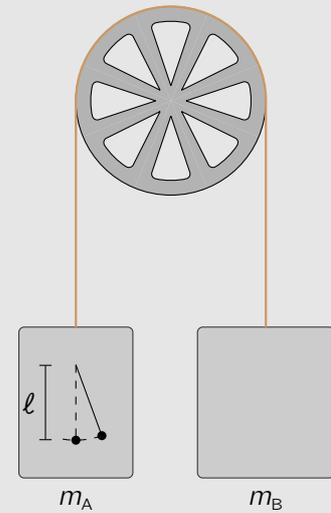
(2. Rd. zur IPhO 2022)

Zwei Fahrstuhlkabinen der Massen m_A und m_B mit $m_A < m_B$ hängen an den Enden eines langen Seiles, das über eine feste Rolle geführt ist. Die Masse der Rolle und des Seils können vernachlässigt werden. In der linken Kabine hängt ein Fadenpendel der Länge ℓ . Bei ruhenden Kabinen und kleinen Auslenkungen beträgt die Periodendauer des Pendels T .

Wenn die Kabinen losgelassen werden, bewegen diese sich reibungsfrei unter dem Einfluss der Schwerkraft.

Wie muss die Länge ℓ' des Fadenpendels in der linken Kabine gewählt werden, damit es nach dem Loslassen der Kabine mit der Periode T schwingt?

- A $\ell' = \frac{m_a}{m_B} \ell$ B $\ell' = \frac{2 m_A}{m_A + m_B} \ell$ C $\ell' = \frac{2 m_B}{m_A + m_B} \ell$ D $\ell' = \frac{m_B}{m_A} \ell$



Antwortteil

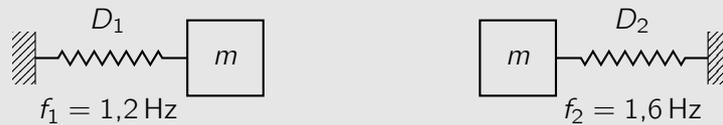
Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

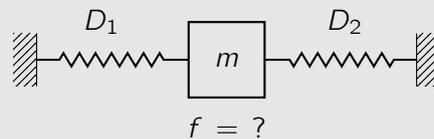
Aufgabe 3 Doppeltes Federpendel (MC-Aufgabe)
(5 Pkt.)

(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

Rechnungen und Erläuterungen (Fortsetzung)

Korrekte Antwort:

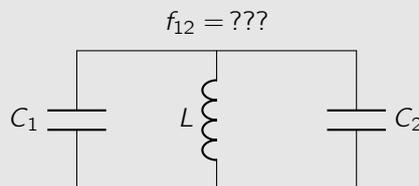
Aufgabe 4 Schwingkreise (MC-Aufgabe)

(2. Rd. zur IPhO 2024, Aufgabengruppe der PhysikOlympiade - Thomas Hellerl & Rolf Faßbender)

Eine Schaltung aus einer idealen Spule und einem idealen Kondensator heißt Schwingkreis. Die beiden, oben abgebildeten elektrischen Schwingkreise mit gleicher Induktivität L aber unterschiedlichen Kapazitäten C_i schwingen völlig widerstandslos mit den angegebenen Frequenzen.



Wie groß ist die Schwingungsfrequenz f_{12} (Eigenfrequenz) des folgenden, gekoppelten Systems?



A $\frac{2}{3}f$

B $\frac{3}{4}f$

C $\frac{4}{5}f$

D $\frac{5}{4}f$

Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

Korrekte Antwort:

Aufgabe 5 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

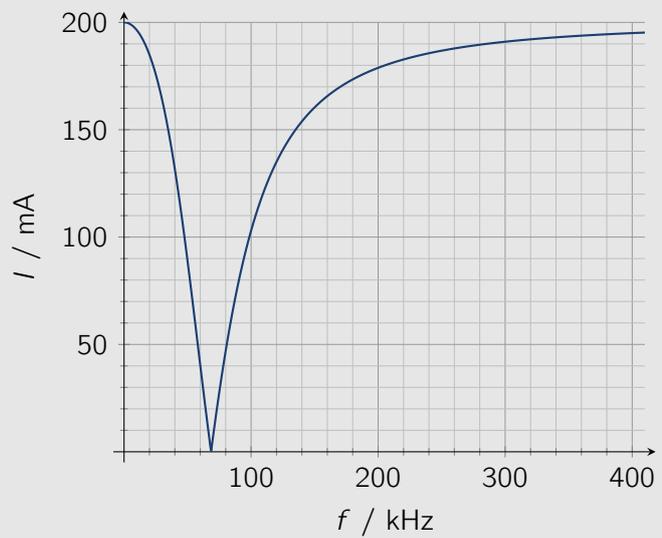
Korrekte Antwort:

Aufgabe 6 Wechselstromschaltkreis (MC-Aufgabe)

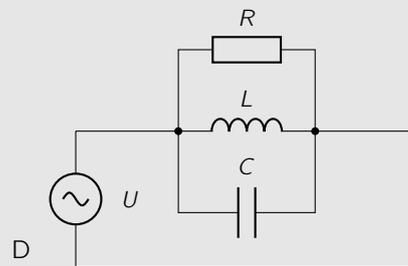
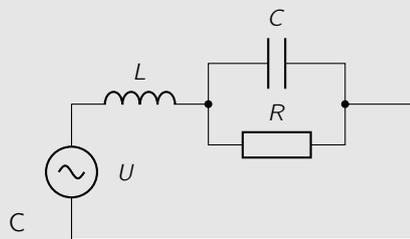
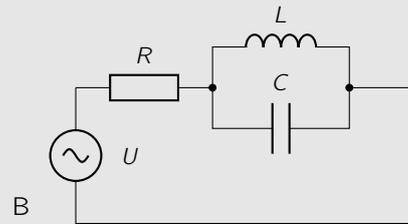
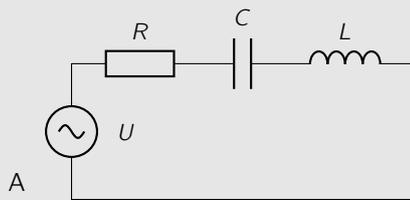
(2. Rd. zur IPhO 2019, Aufgabengruppe der PhysikOlympiade - Stefan Petersen)

Ein Widerstand mit Widerstandswert R , ein Kondensator der Kapazität C und eine Spule der Induktivität L werden an eine Wechselspannungsquelle angeschlossen. Die Amplitude der Wechselspannung beträgt U und die Bauteile können als ideal angenommen werden.

Der folgende Graph zeigt die Amplitude I der Stromstärke in dem Stromkreis als Funktion der Frequenz f der sinusförmigen Wechselspannung.



Welche der folgenden Schaltskizzen stellt die verwendete Schaltung korrekt dar?



Antwortteil

Rechnungen und Erläuterungen

Rechnungen und Erläuterungen (Fortsetzung)

Korrekte Antwort:

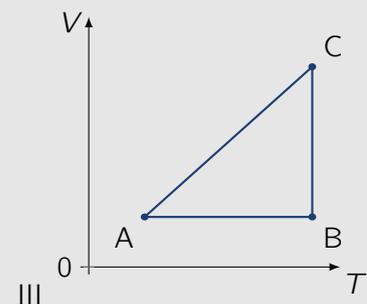
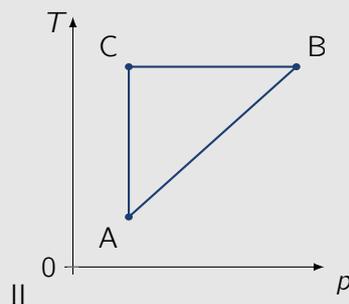
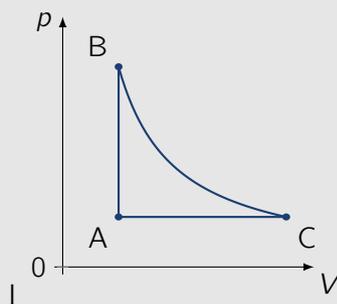
Aufgabe 7 Kreisprozess (MC-Aufgabe)

(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 9 Irgendwie verschoben

(1. Rd. zur IPhO 2023, Aufgabengruppe der PhysikOlympiade)

Eine dünne Sammellinse bildet einen 140,0 cm entfernten Gegenstand scharf auf einem Schirm ab, der in einer Entfernung von 16,8 cm hinter der Linse positioniert ist.

9.a) Bestimme die Brennweite der Linse.

Zwischen Linse und Schirm wird nun, wie in der Abbildung skizziert, eine 3,0 cm dicke, planparallele Glasplatte mit Brechungsindex $n = 1,50$ gebracht. Um wieder ein scharfes Bild auf dem Schirm zu erzeugen, wird dieser um eine Strecke Δb verschoben.

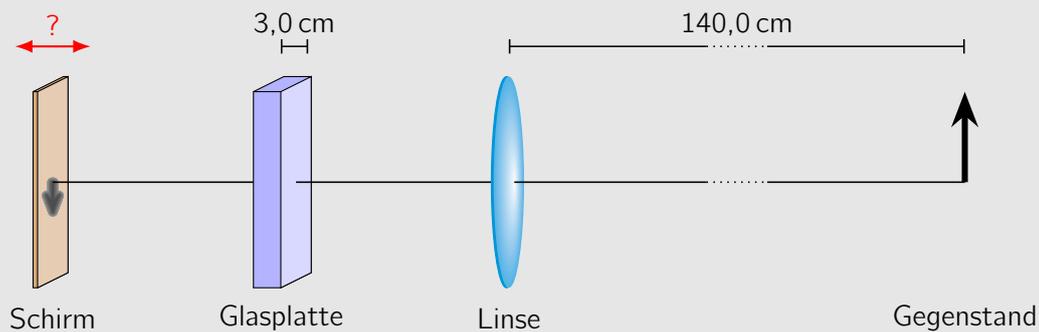


Abb. 1. Nicht maßstabsgerechte Skizze des Aufbaus.

9.b) Erkläre, welche Wirkung die Glasplatte auf einen nicht senkrecht einfallenden Lichtstrahl hat. Begründe damit, ob der Schirm zum Erzeugen eines scharfen Bildes näher an die Linse gerückt oder weiter von ihr entfernt werden muss.

9.c) Bestimme den Betrag Δb der notwendigen Verschiebung des Schirms.

Du kannst vereinfachend davon ausgehen, dass nur achsennahe Strahlen an dem Abbildungsprozess beteiligt sind.

Antwortteil

9.a) Rechnungen und Erläuterungen

Ergebnis für die Brennweite der Linse:

9.b)

Rechnungen und Erläuterungen

9.c)

Rechnungen und Erläuterungen

Ergebnis für die Verschiebung des Schirms:

Aufgabe 10 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 $9,38 \text{ TeV} = 9,38 \cdot 10^{12} \text{ eV}$.

- 10.a) Zeige, dass die Gesamtenergie des Protons etwa das 10.000-fache seiner Ruheenergie beträgt. (3,0 Pkt.)
- 10.b) Berechne, in welcher Entfernung von der Erde die Supernova stattfand. Gib dein Ergebnis in Lichtjahren an. (5,0 Pkt.)
- 10.c) Bestimme, wie lange die Reise des Protons in seinem Bezugssystem gedauert hat. (2,0 Pkt.)

Antwortteil

10.a)

Rechnungen und Erläuterungen

10.b)

Rechnungen und Erläuterungen

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

10.c)

Rechnungen und Erläuterungen

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

Aufgabe 11 Grundlagen der Laserkühlung

(3. Rd. zur IPhO 2017, angelehnt an Aufgabe der IPhO 2009)

In dieser Aufgabe wird die Grundlage der Kühlung eines Gases mit Hilfe von Lasern untersucht.

Betrachte dazu ein Atom, das sich mit einer Geschwindigkeit v in eine Richtung bewegt. Der Einfachheit halber beschränken wir uns bei der folgenden Betrachtung auch nur auf diese eine Dimension. Das Atom besitzt zwei innere Energiezustände und befindet sich anfänglich im Grundzustand. Die Energiedifferenz zwischen den beiden Zuständen beträgt $h f_0$.



Entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung des Atoms verläuft ein Laserstrahl der Frequenz f_{ph} . Bei passender Wahl der Frequenz f_{ph} kann das Atom ein Photon des Laserstrahls absorbieren und anschließend spontan emittieren. Dabei geschieht die Emission mit gleicher Wahrscheinlichkeit mit oder entgegen der Bewegungsrichtung des Atoms.

Nimm im Folgenden an, dass die Geschwindigkeit v sehr viel kleiner als die Lichtgeschwindigkeit c ist und dass der Impuls des Atoms sehr viel größer als der Impuls eines einzelnen Photons ist.

- 11.a) Bestimme die mittlere Änderung der kinetischen Energie des Atoms im Laborsystem, wenn dieses ein Photon absorbiert und anschließend wieder emittiert. Berechne auch die mittlere Änderung der Geschwindigkeit des Atoms in einem solchen Prozess.

Bei der Laserkühlung von Atomen wird nun zusätzlich ein Laserstrahl in Richtung der Geschwindigkeit des Atoms verwendet, dessen Photonen ebenfalls die Frequenz f_{ph} besitzen. Eine genaue Untersuchung des Kühlmechanismus ist aufwändiger. Die vorangehende Untersuchung erlaubt es dir aber, das Grundprinzip der Laserkühlung zu verstehen.

- 11.b) Erläutere qualitativ, wie die beschriebene Anordnung zur Kühlung, also zur Abbremsung, von Atomen verwendet werden kann. Gib dabei auch an, ob die Frequenz f_{ph} der Photonen größer, kleiner oder gleich der Anregungsfrequenz f_0 der Atome gewählt werden muss.

Antwortteil

11.a)

Rechnungen und Erläuterungen

11.b)

Rechnungen und Erläuterungen (Fortsetzung)

Ergebnis für die Änderungen von kinetischer Energie und Geschwindigkeit:

11.c)

Rechnungen und Erläuterungen

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 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.

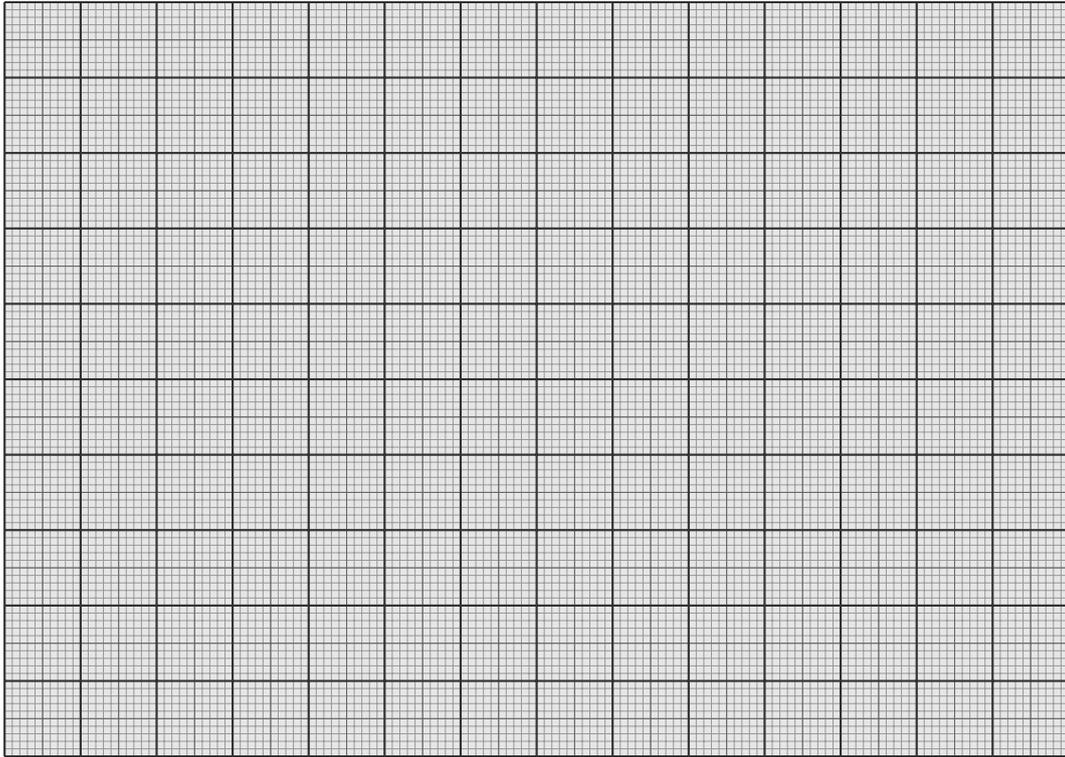
Fadenlänge	Zeit für 10 Schwingungsperioden					Mittelwert	
ℓ / cm	$10 T / \text{s}$					\bar{T} / s	\bar{T}^2 / s^2
67,2	16,62	16,87	15,43	17,50	17,61	1,68	2,82
55,5	15,12	13,94	16,18	15,04	15,53	1,51	2,29
47,0	13,79	12,60	13,37	14,41	14,80	1,38	1,90
34,5	11,93	13,02	10,77	12,18	11,72	1,19	1,42
22,0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