

48. Internationale PhysikOlympiade

Tangerang, Indonesien 2017



Wettbewerbsleitung

Dr. Stefan Petersen
Tel.: 0431 / 880 - 5120
E-mail: petersen@ipho.info

Sekretariat

Lulu Hoffmeister
Tel.: 0431 / 880 - 5387
E-mail: sekretariat@ipho.info

Anschrift: IPN an der Universität Kiel
Olshausenstraße 62
24098 Kiel

Fax: 0431 / 880 - 3148

Webseite: www.ipho.info

Lösungen und Bewertungsvorschläge zu den Aufgaben der 1. Runde im Auswahlwettbewerb zur 48. IPhO 2017

**Nur für die betreuenden Lehrerinnen und Lehrer. Nicht vor Oktober 2016 an
Schülerinnen und Schüler weitergeben!**

Sehr geehrte Fachlehrerin, sehr geehrter Fachlehrer,

Ihnen gebührt unser besonderer Dank. Ohne Ihr Engagement bei der Vorbereitung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sowie bei der Korrektur der Ausarbeitungen wäre es uns nicht möglich, den Auswahlwettbewerb für die Internationale PhysikOlympiade in dieser Form durchzuführen. Wir bitten Sie daher auch in diesem Jahr herzlich, Ihre Schüler und vor allem Ihre Schülerinnen zur Teilnahme an dem Wettbewerb anzuregen und die von Ihren Kandidatinnen bzw. Kandidaten eingereichten Bearbeitungen anhand dieser Musterlösung zu bewerten. Stichtag für die Einsendung der Ergebnisse der 1. Runde an Ihre(n) zuständige(n) Landesbeauftragte(n) ist der 23. September 2016. Ermuntern Sie Ihre Schülerinnen und Schüler gerne auch zur frühzeitigen Abgabe der Bearbeitung einzelner Aufgaben, damit diese zum Ende hin nicht alle Aufgaben auf einmal lösen müssen.

Es liegt in der Natur eines Wettbewerbes, dass nicht alle Teilnehmenden bis in die Endrunde gelangen können. Wir denken, dass sich eine Teilnahme aber in jedem Fall lohnt. Neben spannenden Aufgaben und der Möglichkeit, interessante Kontakte zu knüpfen, erhalten auch Teilnehmende, die nicht in die nächste Runde gelangen, eine Teilnahmebestätigung.

Weitere Informationen zum Ablauf der 1. und der weiteren Runden sind unter www.ipho.info zu finden.

Wir freuen uns sehr über Ihre Mitarbeit und wünschen Ihnen sowie Ihren Schülerinnen und Schülern viel Erfolg. Ihr IPhO-Team am IPN in Kiel

Bitte beachten Sie unbedingt auch die Hinweise auf der Folgeseite!



Hinweise zur 1. Wettbewerbsrunde für betreuende Lehrkräfte

Für den Auswahlwettbewerb zur Internationalen PhysikOlympiade gibt es ein **Online-Anmeldungs- und -Bewertungsverfahren**, das nachfolgend beschrieben ist.

Registrierung bzw. Anmeldung als betreuende Lehrkraft

- Wenn Sie bereits für die IPhO oder eine andere der vom IPN organisierten ScienceOlympiaden elektronisch registriert sind, melden Sie sich mit Ihren Nutzerdaten bitte für den aktuellen Wettbewerb als Betreuerin bzw. Betreuer an. Ein erneutes Zufaxen des bei der Anmeldung noch einmal erzeugten Formulars ist in diesem Fall nicht erforderlich, auch wenn das System Sie dazu auffordert.
- Falls Sie noch nicht bei uns registriert sind, registrieren Sie sich bitte so bald wie möglich unter www.ipho.info als betreuende Lehrkraft. Drucken Sie zum Abschluss der Registrierung das erzeugte Formular aus und faxen Sie es zur Freischaltung Ihrer Daten mit einem Schulstempel versehen an das Wettbewerbssekretariat.
- Nach erfolgreicher Freischaltung für den Wettbewerb erhalten Sie diese Musterlösung von uns noch einmal in elektronischer Form per E-Mail.
- Geben Sie bitte in beiden Fällen den bei der Registrierung erzeugten Lehrercode an die von Ihnen betreuten Teilnehmenden weiter, damit diese Ihnen zugeordnet werden können.

Bearbeitung der Aufgaben durch Schülerinnen und Schüler

- Schülerinnen und Schüler bearbeiten die Aufgaben der 1. Runde in Hausarbeit. Dabei sind nur Einzelarbeiten zugelassen. Die Ausarbeitungen sollten bis zum **13. September 2016** bei Ihnen abgegeben werden, damit Sie die Korrektur durchführen und die Ergebnisse rechtzeitig weitergeben können (s. auch unten). Sie können mit Ihren Schülerinnen und Schülern individuell auch andere Termine verabreden, sofern der Rückmeldetermin an die Landesbeauftragten eingehalten wird.
- Vor der Abgabe der Arbeit müssen sich teilnehmende Schülerinnen und Schüler ebenfalls online registrieren bzw. anmelden und das erzeugte Adressformular ggf. korrigiert der Bearbeitung beilegen.

Bewertung der Arbeiten und Übermittlung der Ergebnisse

- Bewerten Sie die Ausarbeitungen Ihrer Kandidaten bitte anhand dieser Musterlösung und füllen Sie jeweils einen Bewertungsbogen (s. letzte Seite) aus.
- Gemäß den Gepflogenheiten bei der Internationalen PhysikOlympiade sollte bei der Bewertung der Arbeit die Richtigkeit der Lösung im Mittelpunkt stehen, nicht die Sauberkeit der Ausarbeitung und der sprachliche Ausdruck. Die jeweils angegebenen Punktzahlen beziehen sich auf einen möglichen Lösungsweg. Bei anderen Lösungswegen muss die Bewertung sinngemäß abgeändert werden, wobei die Gesamtpunktzahl pro Aufgabe beizubehalten ist.
- Schülerinnen und Schüler, die im Schuljahr 2016/2017 noch nicht die vorletzte Jahrgangsstufe erreicht haben, können durch die Bearbeitung der **Junioraufgabe** einen Bonus von maximal 10 Punkten erreichen.
- Die Punktegrenze für das Erreichen der 2. Runde liegt in diesem Jahr bei **30 Punkten**.
- Teilen Sie uns bitte die Bewertungsergebnisse Ihrer Schülerinnen und Schüler online mit. Einen Link zu der Seite finden Sie unter www.ipho.info. Nach Eingabe der Bewertungsergebnisse wird zur Kontrolle eine Zusammenfassung der eingegebenen Ergebnisse erzeugt.
- Schicken Sie die bewerteten Arbeiten zusammen mit den Adressformularen, den Bewertungsbögen und der Zusammenfassung der Bewertung bis spätestens **23. September 2016** an Ihre(n) Landesbeauftragte(n). Kontaktinformationen zu den Landesbeauftragten finden Sie unter www.ipho.info.

Bei Fragen oder Problemen helfen Ihnen die Landesbeauftragten und das IPhO-Team am IPN gerne weiter.

Aufgabe 1 Kurze Fragen, schnelle Antworten
(10 Pkt.)

Fit für die IPhO? Finde zu jeder der folgenden fünf Fragen den richtigen Lösungsbuchstaben und begründe Deine Entscheidung physikalisch.

- a) Eine Metallscheibe mit einem Loch in ihrer Mitte wird erwärmt.

Was passiert beim Erwärmen?

- A Das Loch wird größer. B Das Loch wird kleiner. C Das Loch bleibt gleich groß.
D Diese Frage lässt sich ohne weitere Informationen nicht beantworten.

- b) 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.

- c) 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.

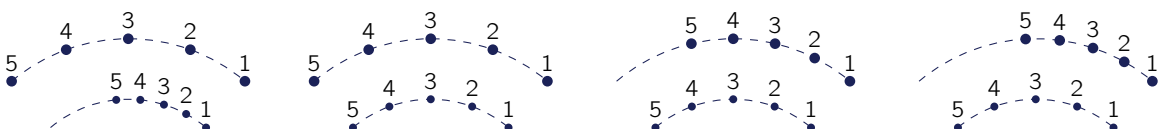
- d) Die gleiche Wärmeenergie wird vier Proben verschiedener Stoffe zugeführt. Die Temperatur von 3 g des Stoffes A erhöht sich dabei um 8 K, die Temperatur von 4 g des Stoffes B um 5 K, die Temperatur von 6 g des Stoffes C um 9 K und die Temperatur von 7 g des Stoffes D um 4 K.

Welcher Stoff hat die höchste spezifische Wärmekapazität?

- A B C D

- e) Die folgenden Abbildungen sollen jeweils fünf Bahnpositionen zweier Planeten relativ zu ihrem Zentralgestirn darstellen. Die Verhältnisse der Bahnradialen sind maßstabsgetreu, die Planeten aber stark vergrößert dargestellt.

Welche der Abbildungen könnte die Positionen der beiden Planeten korrekt darstellen?



- A ● B ● C ● D ●

Lösung

- a) Da sich das Material der Scheibe beim Erwärmen ausdehnt, dehnt sich jede Länge in der Scheibe aus, wobei die Mitte der Scheibe aus Symmetriegründen ortsfest bleibt. Insbesondere dehnt sich auch der Umfang des Loches aus, so dass das Loch insgesamt größer wird.

Richtige Antwort: A

- b) Die potentielle Energie der Kästen ist proportional zur Masse m und zur Höhendifferenz Δh zwischen Start- und Endpunkt. Während des als reibungsfrei anzunehmenden Rutschens wird die potentielle Energie in kinetische Energie umgewandelt. Dabei gilt

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

Die Geschwindigkeit der Kästen am Ende der beiden schiefen Ebenen ist somit betragsmäßig gleich.

Richtige Antwort: D

- c) Die Coulombkraft F , die die beiden Kugeln anfänglich aufeinander ausüben, beträgt:

$$F = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{3 q^2}{r^2}.$$

Die Ladungen der beiden Kugeln werden dabei mit q bzw. $3 q$ bezeichnet und deren anfänglicher Abstand mit r . Wenn sich die Kugeln berühren, gleichen sich die Ladungen aus, so dass jede Kugel eine Ladung $2 q$ trägt. Nach der Abstandsänderung beträgt die Kraft daher

$$F' = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{(2 q)^2}{4 r^2} = \frac{1}{3} F \approx 0,33 F.$$

Richtige Antwort: B

- d) Die für eine Erwärmung einer Probe der Masse m um eine Temperaturdifferenz ΔT notwendige Wärmeenergie ΔE hängt gemäß

$$\Delta E = c \cdot m \cdot \Delta T$$

von deren spezifischer Wärmekapazität c ab. Die spezifische Wärmekapazität ist damit invers proportional zu dem Produkt $m \cdot \Delta T$. Die höchste spezifische Wärmekapazität hat also der Stoff, bei dem dieses Produkt am kleinsten ist.

Richtige Antwort: B

- e) Nach dem dritten keplerschen Gesetz gilt für die Umlaufgeschwindigkeit v eines Planeten, der in einem Abstand r um einen Stern kreist

$$v^2 r = \text{const.} \quad \text{bzw.} \quad v \sim \frac{1}{\sqrt{r}}.$$

Die Umlaufgeschwindigkeit nimmt also mit dem Abstand zum Stern ab. Dies ist nur in der rechten Abbildung der Fall.

Richtige Antwort: D

Bewertung - Kurze Fragen, schnelle Antworten		Punkte
1	Für jede richtige Antwort 1 Pkt.	5
	Für jede physikalisch sinnvolle Begründung 1 Pkt.	5
		10

Aufgabe 2 Rutschen oder Rollen?

(10 Pkt.)

Auf einem horizontalen Tisch liegt ein kleiner Gegenstand aus Holz. Nachdem er angestoßen wurde, fällt er nach 2,0 Sekunden von der Tischkante, von der er anfänglich 1,0 Meter entfernt war.

Nutze diese Informationen, um herauszufinden, ob der Gegenstand Räder besitzt. Begründe Deine Antwort mit Hilfe geeigneter Rechnungen.

Lösung

Die mittlere Geschwindigkeit des Gegenstandes auf dem Weg zur Tischkante beträgt

$$v_{\text{mittel}} = \frac{1,0 \text{ m}}{2,0 \text{ s}} = 0,50 \text{ m s}^{-1}. \quad (2.1)$$

Aufgrund der auftretenden Reibung wird der Gegenstand gleichmäßig abgebremst, so dass sich die mittlere Geschwindigkeit aus der anfänglichen Geschwindigkeit v_0 direkt nach dem Anstoßen und der Geschwindigkeit v_1 beim Erreichen der Tischkante ergibt zu

$$v_{\text{mittel}} = \frac{1}{2} (v_0 + v_1). \quad (2.2)$$

Die anfängliche Geschwindigkeit kann damit nicht größer als $1,0 \text{ m s}^{-1}$ sein, da die Geschwindigkeit beim Erreichen der Tischkante größer oder gleich Null ist. Damit verringert sich die Geschwindigkeit bei der Bewegung über den Tisch in $t = 2,0 \text{ s}$ um nicht mehr als $1,0 \text{ m s}^{-1}$. Für die konstante Beschleunigung a des Gegenstandes auf dem Tisch gilt also

$$|a| = \frac{v_0 - v_1}{t} \leq \frac{v_0}{t} \leq \frac{1,0 \text{ m s}^{-1}}{2,0 \text{ s}} = 0,50 \text{ m s}^{-2} \approx \frac{g}{20}, \quad (2.3)$$

wobei g die Schwerebeschleunigung auf der Erde angibt. Bei einem rutschenden Gegenstand würde diese Beschleunigung durch die Gleitreibung $F_G = \mu_G m g$ erzeugt. Dabei bezeichnet μ_G den Gleitreibungskoeffizienten für die Reibung von Holz auf dem Tisch und m die Masse des Gegenstandes. Für den Gleitreibungskoeffizienten würde dann

$$\mu_G = \frac{|a|}{g} \leq \frac{1}{20} = 0,05 \quad (2.4)$$

gelten. Typische Gleitreibungskoeffizienten für Holz auf gängigen Tischmaterialien liegen aber eher im Bereich von 0,3 – 0,9 (siehe zum Beispiel de.wikipedia.org/wiki/Reibungskoeffizient). Der Gegenstand würde also durch Gleitreibung deutlich stärker abgebremst werden und rollt daher vermutlich auf Rädern¹.

Bewertung - Rutschen oder Rollen?		Punkte
2	Erkennen der gleichmäßigen Abbremsung	1
	Betrachten der relevanten Geschwindigkeiten (2.1) bzw. (2.2)	2
	Abschätzen der auftretenden Beschleunigung (2.3)	2
	Anführen der Gleitreibung als Ursache für Beschleunigung	1
	Abschätzen des Gleitreibungskoeffizienten (2.4)	2
	Vergleichen mit typischen Gleitreibungskoeffizienten für Holz	1
	Schlussfolgern, dass das Objekt vermutlich rollt	1
		10

¹Alternative Erklärungen sind an dieser Stelle denkbar. So könnte der Tisch eingeseift oder eine Luftkissenbahn sein. Entsprechende Erklärungen sollten, wenn ausreichend physikalisch begründet wird, auch mit voller Punktzahl gewertet werden.

Aufgabe 3 Meeresspiegel

(10 Pkt.)

Die Klimaforschung geht davon aus, dass die globale Erwärmung, mit der das Abschmelzen von Eismassen und eine Erhöhung des Meeresspiegels einhergehen, zu einer radikalen Veränderung der Lebensbedingungen auf der Erde führen wird. Auch wenn für eine genaue Untersuchung des Meeresspiegelanstiegs komplexe Modelle notwendig sind, kannst Du mit einfachen Überlegungen einige grobe Abschätzungen durchführen.

- a) Schätze ab, um wie viel der Meeresspiegel pro Jahr alleine aufgrund der thermischen Ausdehnung des Meerwassers steigt, wenn die mittlere Temperatur im Meer um 1,5 mK pro Jahr zunimmt.

Die thermische Ausdehnung des Meerwassers hat neben dem Abschmelzen von Gletschern momentan den größten Einfluss auf den Gesamtanstieg des Meeresspiegels. Deutlich dramatischere Auswirkungen hätte aber ein Abschmelzen der polaren Eismassen.

- b) Begründe, dass ein Abschmelzen des Meereises in der Arktis nicht zu einer deutlichen Erhöhung des Meeresspiegels führt. Nenne einen Grund, warum dieses Abschmelzen aber zu einer schnelleren Erhöhung der Meerestemperatur beiträgt.
- c) Schätze ab, um wie viel der Meeresspiegel pro Jahr steigt, wenn die Eismassen in der Antarktis und in Grönland in den nächsten 10 000 Jahren gleichmäßig und vollständig abschmelzen. Gib an, ob der tatsächlich aus dem Abschmelzen resultierende Anstieg eher höher oder eher niedriger als Deine Abschätzung ist, und begründe Deine Angabe.

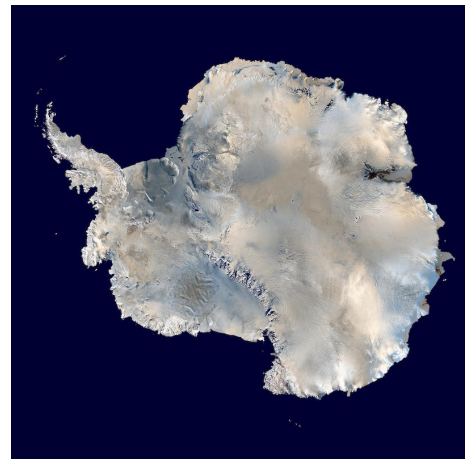


Abbildung 1: Zusammengesetztes Satellitenbild der Antarktis.

Für die Betrachtungen kannst Du von folgenden konstanten Zahlenwerten ausgehen:

Dichte von Süßwasser	$\rho_{\text{Wasser}} = 1,00 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
Dichte von Eis	$\rho_{\text{Eis}} = 0,92 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
Mittlere Dichte von Meerwasser	$\rho_{\text{Meer}} = 1,03 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
Mittlerer Volumenausdehnungskoeffizient von Meerwasser	$\gamma_{\text{Wasser}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$
Oberfläche aller Weltmeere	$A_{\text{Meer}} = 362 \cdot 10^6 \text{ km}^2$
Mittlere Meerestiefe	$d_{\text{Meer}} = 3,8 \text{ km}$
Fläche des antarktischen Eisschildes	$A_{\text{Antarktis}} = 14 \cdot 10^6 \text{ km}^2$
Mittlere Dicke des antarktischen Eisschildes	$d_{\text{Antarktis}} = 2,1 \text{ km}$
Fläche des grönländischen Eisschildes	$A_{\text{Grönland}} = 1,7 \cdot 10^6 \text{ km}^2$
Mittlere Dicke des grönländischen Eisschildes	$d_{\text{Grönland}} = 1,7 \text{ km}$

Lösung

- a) Der jährliche Meeresspiegelanstieg aufgrund der thermischen Expansion des Meerwassers berechnet sich mit den gegebenen Werten, der thermischen Volumenausdehnung $\Delta V = \gamma \Delta T V$ und dem jährlichen Temperaturanstieg von $\Delta T = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}$ zu

$$\Delta d_{\text{thermisch}} = \frac{\gamma \Delta T V_{\text{Meer}}}{A_{\text{Meer}}} = \gamma \Delta T d_{\text{Meer}} \approx 1 \text{ mm} \quad (3.1)$$

- b) Das Meereis der Arktis schwimmt auf dem Meerwasser und verdrängt daher eine Menge Meerwasser, die die gleiche Masse wie das Eis besitzt. Wenn das Meereis schmilzt, verdrängt es ein etwa gleich großes Volumen an Wasser², so dass der Meeresspiegel durch das Schmelzen der schwimmenden Eismassen in der Arktis kaum ansteigt.

Aufgrund seiner hohen Albedo reflektiert das Eis, bzw. der auf dem Eis befindliche Schnee, einen großen Teil der einfallenden Sonnenstrahlung. Wasser reflektiert einen deutlich geringeren Teil. Ohne die Eisschicht würde also deutlich mehr Sonnenenergie absorbiert werden. Damit führt das Abschmelzen der Eismassen in der Arktis zu einer schnelleren Erhöhung der Meerestemperatur. Dieser Mechanismus wird Eis-Albedo-Rückkopplung genannt.

- c) Das insgesamt in der Antarktis und in Grönland vorhandene Eisvolumen lässt sich abschätzen zu

$$V_{\text{Antarktis}} + V_{\text{Grönland}} \approx A_{\text{Antarktis}} d_{\text{Antarktis}} + A_{\text{Grönland}} d_{\text{Grönland}} \approx 32 \cdot 10^6 \text{ km}^3. \quad (3.2)$$

Wenn dieses Volumen schmilzt, entstehen

$$V = \frac{\rho_{\text{Eis}}}{\rho_{\text{Wasser}}} (V_{\text{Antarktis}} + V_{\text{Grönland}}) \approx 30 \cdot 10^6 \text{ km}^3 \quad (3.3)$$

Wasser. Der aus einem gleichmäßigen Abschmelzen der Eisschilde innerhalb von 10 000 Jahren resultierende jährliche Meeresspiegelanstieg beträgt damit

$$\Delta d_{\text{Schmelzen}} = \frac{V}{A_{\text{Meer}}} \frac{1 \text{ a}}{10\,000 \text{ a}} \approx 8,2 \text{ mm}. \quad (3.4)$$

Der aus dem Schmelzen resultierende Meeresspiegelanstieg würde tatsächlich niedriger ausfallen, da durch eine deutliche Erhöhung des Meeresspiegels größere Landmassen überflutet werden und sich dadurch die Meeresoberfläche deutlich vergrößern würde. Unter de.wikipedia.org/wiki/Eisschild wird ein Meeresspiegelanstieg von 7,2 m bei vollständigem Abschmelzen des grönländischen Eisschildes und 61 m bei Abschmelzen des antarktischen Eisschildes angegeben.

Hinweise:

Mitte 2016 beginnt das Wissenschaftsjahr „Meere und Ozeane“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Unter dem Leitgedanken „Entdecken, Nutzen, Schützen“ nähern sich die Beteiligten dem Thema Meer aus ganz verschiedenen Blickwinkeln. Details zu dem Wissenschaftsjahr sind auf den Webseiten des BMBF aufgeführt.

Weitere hilfreiche und interessante Informationen zu Ursachen für den Anstieg des Meeresspiegels und anderen Fragen zum Klimawandel sind auch auf den Seiten des Hamburger Bildungsservers unter wiki.bildungsserver.de/klimawandel zu finden.

²*Ergänzender Hinweis:* Genau genommen, verdrängt es aufgrund der um etwa 3% höheren Dichte von Meerwasser im Vergleich zu Süßwasser ein etwa 3% größeres Volumen an Meerwasser, so dass das Wasservolumen im Meer sich tatsächlich ein wenig erhöht. Der Effekt ist aufgrund der geringen Dicke der arktischen Eisschicht aber sehr gering und würde bei einem vollständigen Abschmelzen zu einer Erhöhung des Meeresspiegels in der Größenordnung von etwa 1 mm führen.

Bewertung - Meeresspiegel		Punkte
3.a)	Angeben einer Formel für die Volumenausdehnung	1
	Abschätzen eines Ergebnisses (3.1)	1
3.b)	Begründen, dass das Abschmelzen des Meereises kaum zur Erhöhung des Meeresspiegels beiträgt	2
	Anführen der Idee der Eis-Albedo-Rückkopplung	2
3.c)	Bestimmen des Eisvolumens in der Antarktis und in Grönland (3.2)	1
	Bestimmen des beim Schmelzen entstehenden Wasservolumens (3.3)	1
	Abschätzen eines Ergebnisses (3.4)	1
	Angeben und begründen, ob Abschätzung zu hoch oder zu niedrig ist.	1
		10

Eventuell stellen die Teilnehmenden andere Abschätzungen für die Ergebnisse an. Diese sollten entsprechend ihrer physikalischen Fundierung auch als korrekt bewertet werden.

Aufgabe 4 Warmer Draht

(10 Pkt.)

Ein langer gerader Draht wird an eine ideale Batterie angeschlossen. Bei einer Raumtemperatur von konstant 20°C erwärmt sich der Draht und erreicht schließlich eine Temperatur von 24°C .

Dann wird ein Drittel des Drahtes abgeschnitten und der verbleibende Teil des Drahtes wird erneut an die Batterie angeschlossen.

Bestimme die Temperatur, auf die sich der Draht nun aufheizt.

Lösung

Der Draht erwärmt sich durch die in dem Draht umgesetzte elektrische Leistung

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{\sigma \ell}. \quad (4.1)$$

Dabei bezeichnet U die über dem Draht abfallende Spannung, die durch das ohmsche Gesetz $U = R \cdot I$ mit der Stromstärke I in dem Draht verbunden ist. Der Widerstand R des Drahtes wurde in (4.1) schließlich durch die Länge ℓ des Drahtes und den Widerstand pro Länge σ ausgedrückt.

Im Gleichgewicht ist die Leistung P genau so groß wie die durch Wärme abgegebene Leistung, die für Temperaturen nahe der Zimmertemperatur proportional zur Oberfläche des Drahtes und der Temperaturdifferenz $T - T_0$ zur Umgebung ist. Im Gleichgewichtsfall gilt also:

$$P = \frac{U^2}{\sigma \ell} = \ell \kappa (T - T_0) \quad (4.2)$$

mit einer positiven Konstanten κ . Damit ist

$$T - T_0 = \frac{U^2}{\sigma \kappa \ell^2}. \quad (4.3)$$

Schneidet man ein Drittel des Drahtes ab, wird die Temperaturdifferenz um den Faktor $(3/2)^2$ größer. Die gesuchte neue Gleichgewichtstemperatur des Drahtes ist also

$$T' = T_0 + \frac{9}{4} \cdot 4^\circ\text{C} = 29^\circ\text{C}. \quad (4.4)$$

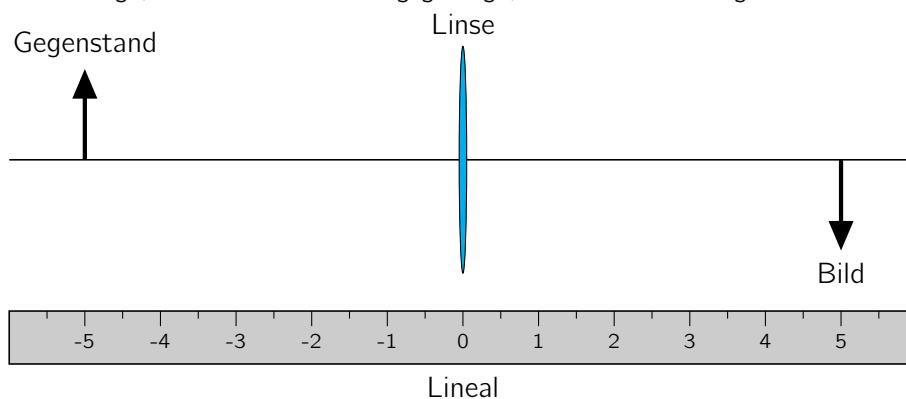
Hinweis: Es ist möglich, dass Teilnehmende über die Gleichheit der in einer bestimmten Zeit Δt in dem Draht umgesetzten elektrischen Energie $\frac{U^2}{R} \Delta t$ und der zur Erhöhung der Drahttemperatur um eine Temperaturdifferenz ΔT notwendigen Energie $m c \Delta T$ argumentieren. In diesem Fall würde sich bei Betrachtung des verkürzten Drahtstückes und der gleichen Zeit das gleiche Ergebnis wie in (4.4) für die neue Temperatur ergeben. Dieses Vorgehen ist dennoch als falsch zu bewerten, da der betrachtete Prozess nicht zu einer Gleichgewichtstemperatur führt, und sollte mit maximal 4 Punkten für das Ausdrücken der elektrischen Leistung und das Nutzen eines Skalierungsargumentes bewertet werden.

Bewertung - Warmer Draht		Punkte
4	Ausdrücken der elektrischen Leistung durch U und ℓ (4.1)	2
	Angeben eines Ausdruckes für die thermische Leistung wie in (4.2)	2
	Verwenden der Gleichgewichtsbedingung	2
	Umformen zu Ausdruck für die Temperatur (4.3)	1
	Nutzen der Skalierung	2
	Angeben des Ergebnisses (4.4)	1
		10

Aufgabe 5 Verschobenes Bild (Junioraufgabe)

(10 Pkt.)

Eine dünne Linse erzeugt, wie in der Abbildung gezeigt, ein Bild eines Gegenstandes.



Bestimme die Brennweite der Linse. Verwende dazu das eingezeichnete Lineal als Maßstab. Zeichne außerdem das entstehende Bild ein, wenn eine zweite, identische Linse direkt hinter die erste gestellt wird.

Lösung

In der beschriebenen Situation sind Gegenstandsweite g und Bildweite b gleich groß. Aus der Abbildungsgleichung

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{2}{g} \quad (5.1)$$

folgt, dass die Gegenstandsweite der doppelten Brennweite entspricht³. Daher beträgt die Brennweite der Linse

$$f = \frac{g}{2} = 2,5 \text{ Skalenteile} . \quad (5.2)$$

³In diesem Fall ist der Abstand zwischen Objekt und Bild minimal. Schiebt man das Objekt näher an die Linse, wandert das Bild von der Linse weg und umgekehrt. Dabei nimmt der Abstand zwischen Objekt und Bild immer zu.

Wenn eine zweite, dünne Linse direkt hinter die erste gestellt wird, addieren sich ihre Brechkräfte, d.h. die inversen Brennweiten. Die Brennweite f' des Linsensystems entspricht also der Hälfte der Brennweite f der Einzellinse. Damit besitzt der Gegenstand einen Abstand $4 f'$ von dem Linsensystem und das Bild des Gegenstandes lässt sich z.B. mit Hilfe eines Mittelpunkt- und eines Parallelstrahles konstruieren (vgl. Abb. 2).

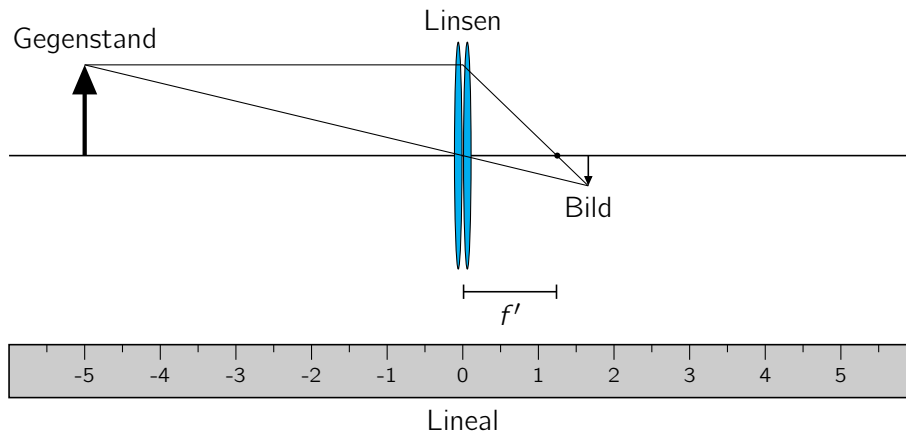


Abbildung 2: Skizze zur Konstruktion des Bildes bei Abbildung durch beide Linsen.

Bewertung - Verschobenes Bild (Junioraufgabe)		Punkte
5	Nutzen der Abbildungsgleichung (5.1)	2
	Bestimmen der Brennweite der Linse (5.2)	2
	Angeben der Brennweite des Linsensystems	2
	Geometrische Konstruktion oder rechnerische Bestimmung und Einzeichnen des neuen Bildes	4
		10

Hinweis: Das von den Teilnehmenden gezeichnete Bild kann leicht von dem angegebenen verschoben sein, wenn sie die Linse nicht sehr dünn zeichnen, da sich dann die Hauptebene des Linsensystems ein wenig nach rechts verschiebt. Das sollte nicht mit Punktabzug bestraft werden.

Bewertungsbogen für die 1. Runde zur 48. IPhO 2017(Dieser Bogen ist auch unter www.ipho.info bei den Hinweisen zur 1. Runde erhältlich)**Von der korrigierenden Lehrkraft auszufüllen.**

Schülername (-code): _____ (_____)

Schule, Ort: _____

Lehrkraft: _____

Aufgabe	Maximalpunktzahl	Erreichte Punktzahl
1 Kurze Fragen, schnelle Antworten	10	
2 Rutschen oder Rollen?	10	
3 Meeresspiegel	10	
4 Warmer Draht	10	

Bonuspunkte für jüngere Teilnehmende

5 Verschobenes Bild (Junioraufgabe)	10	
	40 (+10)	

Kommentare und Anregungen:

Unterschrift: _____