



Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit den besten Ergebnissen werden zur Endrunde am 07.04.2022 nach Erfurt eingeladen.

Viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben!

*Wichtiger Hinweis: Bedenke bei der Beantwortung aller Fragen, deine Antworten physikalisch zu begründen!
Für deinen Lehrer muss eindeutig nachvollziehbar sein, wie du auf die jeweiligen Lösungen gekommen bist.*

Aufgabe 31.2.07.1

„Schwindelerregend“

(10 BE)

Die Beipanjiang-Brücke in China ist die zur Zeit höchste Brücke der Welt. Sie überspannt eine Schlucht über den Beipanjiang-Fluss. Die Fahrbahn liegt 565 m über dem Fluss. Über sie verläuft die Autobahn G56. Durch den Brückenbau verkürzt sich die Fahrzeit zwischen den Städten Xuanwei und Liupanshui, die 118 km voneinander entfernt liegen, auf knapp zwei Stunden.

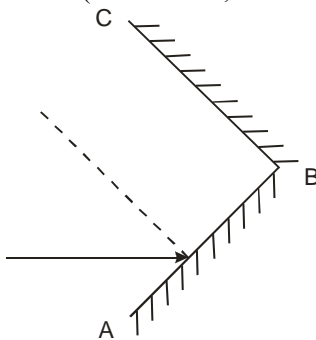
- Von Liupanshui bis zur Brücke sind es auf der G56 47 km. Ein LKW fährt mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 65 km/h von Liupanshui aus in Richtung Xuanwei.
Berechne mit welcher Durchschnittsgeschwindigkeit ein Pkw von Xuanwei zeitgleich losfahren muss, damit sich beide auf der Brücke treffen?
- Während der Bauarbeiten der Brücke mussten die Baufahrzeuge den Höhenunterschied von 565 m über eine 15,4 km lange Zufahrtstraße überwinden. Wir nehmen an, dass die Straße eine konstante Steigung hat (geneigte Ebene). Berechne die notwendige mittlere Zugkraft eines LkW mit der Masse 22,7 t, damit dieser den Anstieg schafft.
Die maximal notwendige Zugkraft am steilsten Straßenstück ist um 170% höher als der mittlere Wert. Berechne auch diese maximale Kraft.

Aufgabe 31.2.07.2

„Spieglein, Spieglein auf dem Tisch“

(10 BE)

Zwei rechteckige Spiegel stehen senkrecht auf einem Tisch und senkrecht zueinander. Sie berühren sich an einer Kante. (siehe Skizze; Ansicht von oben; Die Spiegel sind mit „AB“ und „BC“ bezeichnet)



- Konstruiere für den einfallenden Lichtstrahl die reflektierten Strahlen an den zwei Spiegeln. Konstruiere zusätzlich für einen Einfallswinkel von 60° die reflektierten Lichtstrahlen.
Was fällt dir auf, wenn du die Lage des einfallenden Strahls relativ zum zweiten reflektierten Strahl vergleichst?
- Wir betrachten nun wieder die gegebene Skizze. Drehe nun die beiden Spiegel um den Punkt B um 15° entgegen dem Uhrzeigersinn. Löse die Aufgaben von a) für die gedrehten Spiegel.
- Nun wird in der gegebenen Skizze zuerst Spiegel AB um den Punkt B um 15° entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht. Um wieviel Grad in welche Richtung muss nun Spiegel BC um den Punkt B gedreht werden, damit der zweite reflektierte Strahl senkrecht nach unten zeigt?
Konstruiere auch hier wieder den Strahlenverlauf!

Aufgabe 31.2.07.3**„Alles Physik“****(10 BE)**

Bis auf die Möglichkeit, es einfach nur nicht zu erkennen, steckt unsere Welt voller Physik. Wir haben zu einigen alltäglichen Situationen spezielle Fragen formuliert:

- a) Lutz behauptet, dass sein Gartenteich von unten nach oben zugefroren ist. Knut staunt und Thomas ist entsetzt. Nimm Stellung!
- b) Phillipp findet ein Thermometer, bei dem die Farbe von der Skala abgeblättert ist. In der elterlichen Küche findet er alles Mögliche: Herd, Gefrierschrank, Tassen, Töpfe, Essen. Aber kein Thermometer. Wie kann er sich eine neue Skala herstellen, ohne ein anderes Thermometer zum Vergleich zu benutzen?
- c) Um eine Cola zu kühlen wickelt Erwin ein nasses Tuch um die Flasche und stellt diese in die pralle Sonne. Eine andere gleichartige Flasche stellt er in einen Eimer mit kaltem Wasser. Was ist besser?
- d) Oma meint, dass man die heiße Suppe mit dem Löffel rühren muss, damit sie abkühlt. Thomas experimentiert und stellt fest, dass sich ein Metalllöffel am besten eignet. Warum ist das so?
- e) Unter welchen Bedingungen trocknet im Freien aufgehängte Wäsche am besten?

Aufgabe 31.2.07.4**„Die goldene Kugel“****(10 BE)**

Eine Legierung besteht aus 1,8 kg Kupfer (Cu: $\rho = 8,91 \text{ g/cm}^3$) und 840 g Zink (Zn: $\rho = 7,13 \text{ g/cm}^3$).

- a) Berechne die Dichte dieser Messinglegierung bei Zimmertemperatur!
- b) Aus dieser Messinglegierung wird eine Hohlkugel mit einem Durchmesser von 18 cm hergestellt. Berechne die mittlere Dichte dieser Hohlkugel!
- c) Schwimmt diese Hohlkugel im Wasser? Begründe!
- d) Berechne die Wandstärke der Hohlkugel!

31. Physikolympiade des Landes Thüringen 2021/2022



Klassenstufe 8

Aufgaben der 2. Runde

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit den besten Ergebnissen werden zur Endrunde am 07.04.2022 nach Erfurt eingeladen.

Viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben!

Wichtiger Hinweis: Bedenke bei der Beantwortung aller Fragen, deine Antworten physikalisch zu **begründen**!
Für deinen Lehrer muss eindeutig nachvollziehbar sein, wie du auf die jeweiligen Lösungen gekommen bist.

Aufgabe 31.2.08.1

Fahrrad gegen Biene

(7 BE)

Zwei Radfahrer, die 32 Kilometer voneinander entfernt sind, fahren mit einer konstanten Geschwindigkeit von $16 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ aufeinander zu. Zur gleichen Zeit startet eine Biene vom Vorderrad eines der Fahrräder und fliegt ebenfalls mit einer konstanten Geschwindigkeit von $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ bis zum Vorderrad des anderen Fahrrads.

Dort angekommen wendet sie augenblicklich und fliegt zurück bis zum Vorderrad des 1. Fahrrades. Sie wendet wieder augenblicklich und so weiter. Ihre Flugstrecke wird dabei immer kürzer, bis sie schließlich zwischen den Vorderrädern der Fahrräder eingeklemmt wird.

Berechne wie groß die Strecke ist, die die Biene zurückgelegt hat! (Hinweis: fertige dir für deine Überlegungen eine Skizze an.)

Aufgabe 31.2.08.2

Wärmeaufnahme

(11 BE)

Barbara und Klaus experimentieren mit Heizplatten und kleinen Metallwürfeln. Barbara legt einen Bleiwürfel ($m_{\text{pb}} = 120 \text{ g}$) für eine Zeit Δt auf die Heizplatte und erwärmt das Metall von 20°C auf 100°C . Klaus legt seinen Würfel ($m_{\text{x}} = 40 \text{ g}$) ebenfalls für die Zeit Δt auf die Heizplatte und stellt fest, dass sich dieser um 80 K erwärmt.

Die Heizplatte hat eine Leistung von 150 W . Durch den sehr einfachen Aufbau des Experiments (Metallwürfel auf die Platte legen) können aber nur ca. 35% der abgegebenen Wärme der Heizplatte genutzt werden.

- Wie viel thermische Energie nimmt Barbaras Bleiwürfel während des Experiments auf?
- Aus welchem Material besteht der von Klaus benutzte Würfel?
- Berechne die Zeitdauer Δt !

Probleme wie die ungleichmäßige Erwärmung der Würfel oder Fragen der Temperaturmessung sollen hier nicht betrachtet werden.

Aufgabe 31.2.08.3

Gleiche Bilder

(14 BE)

Gerd experimentiert mit einer Sammellinse der Brennweite 3 cm . Vor diese Linse stellt er in $4,5 \text{ cm}$ Entfernung einen Gegenstand und beobachtet, dass dieser doppelt so groß aber umgekehrt erscheint. Jetzt wiederholt er das Experiment mit einer anderen Sammellinse der Brennweite 2 cm .

Wo muss er jetzt den Gegenstand hinstellen, damit wieder ein umgekehrtes Bild in doppelter Größe erscheint?

- Löse das Problem zeichnerisch! Beschreibe in Stichpunkten dein Vorgehen!
- Kann man das Problem eindeutig lösen, d.h. gibt es genau einen Standort für den Gegenstand? Begründe!
- Berechne mit der Linsengleichung die Bildweite für die Linse 1 und Linse 2!

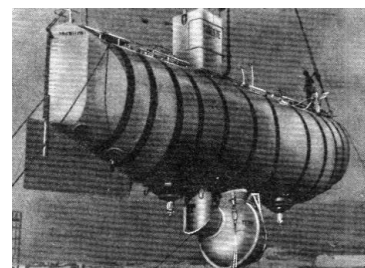
Aufgabe 31.2.08.4

Riesenkräfte

(8 BE)

Jacques Piccard erreichte 1960 mit seinem Tauchboot „Trieste“ im Stillen Ozean ($\rho = 1,03 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$) als erster Mensch eine Tauchtiefe von 10893 m .

- Welcher Schweredruck herrscht in dieser Tiefe?
- Wie groß war die Kraft, die die ca. 1 dm^2 große Glasscheibe in dem Boot aushalten musste?
- Warum war die Druckkabine, in der die Besatzung des Tauchbootes saß, rund?



(Bild LB Physik VuW 1974)



Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit den besten Ergebnissen werden zur Endrunde am 07.04.2022 nach Erfurt eingeladen.

Viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben!

*Wichtiger Hinweis: Bedenke bei der Beantwortung aller Fragen, deine Antworten physikalisch zu begründen!
Für deinen Lehrer muss eindeutig nachvollziehbar sein, wie du auf die jeweiligen Lösungen gekommen bist.*

Aufgabe 31.2.09.1

Spannung weg?

(10 BE)

Eine 250 m lange Kupferleitung (1 mm Durchmesser der verwendeten Leitungsdrähte) verbindet die Netzspannung (240 V) aus dem Wohnhaus mit der Beleuchtungsanlage der Scheune.

Morgen soll in der Scheune eine Kreissäge mit den technischen Daten 2,5 kW/240 V betrieben werden. Es gibt Bedenken! Ist die Leitung, die bisher eine Glühlampe betrieben hat, dafür ausreichend?

Berechne den Spannungsabfall durch die Leitung und die dann an der Kreissäge anliegende Spannung.

Benenne die Auswirkungen, die dies beim Betrieb der Kreissäge haben wird!

Nenne eine Möglichkeit dennoch Sägearbeiten in der Scheune auszuführen.

Aufgabe 31.2.09.2

Wasser kalt?

(10 BE)

Wintercamper bereiten sich aus Eiswasser, einem Gemisch aus Wasser und Eis mit der Temperatur von 0°C, 2,5 Liter kochendes Teewasser von 98,5°C zu.

Dazu benutzen sie einen Tauchsieder 22 min lang, der an eine Spannungsquelle von 220 V angeschlossen ist und ein Strom von 5,44 A fließt. Durch Wärmeaustausch gehen 17,6% der vom Tauchsieder erzeugten Wärme an die Umgebung.

Berechne die Masse des Eises im Eiswasser (Ausgangszustand).

Aufgabe 31.2.09.3

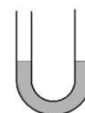
Öl leicht?

(10 BE)

In einem U-Rohr befindet sich Wasser (siehe Abb.)

Nun wird in die linke Öffnung eine Menge Öl geschüttet, welches sich bis zu einer Höhe von 8 cm über die Wasseroberfläche schichtet.

Danach stellt man fest, dass im Gegensatz zu vorher, die linke Flüssigkeitsoberfläche 3 cm über der rechten steht.



- a) Erkläre diesen Sachverhalt!
- b) Berechne die Dichte des Öls!

Aufgabe 31.2.09.4

Bild groß?

(10 BE)

Eine Linse der Brennweite 8 cm soll einen 4 cm großen Gegenstand auf das Dreifache vergrößern und auf einen Schirm abbilden. Bestimme sowohl zeichnerisch als auch rechnerisch die Gegenstandsweite und die Bildweite für ein scharfes Bild. Zeichnerische und rechnerische Lösung müssen übereinstimmen. Überprüfe deine Lösung mit der jeweils anderen Lösungsvariante!

Hinweise: Gern kannst du einen Maßstab nutzen und das Blatt quer nehmen, hilfreiche Formeln findest du im Tafelwerk.



Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit den besten Ergebnissen werden zur Endrunde am 07.04.2022 nach Erfurt eingeladen.

Viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben!

*Wichtiger Hinweis: Bedenke bei der Beantwortung aller Fragen, deine Antworten physikalisch zu begründen!
Für deinen Lehrer muss eindeutig nachvollziehbar sein, wie du auf die jeweiligen Lösungen gekommen bist.*

Aufgabe 31.2.10.1

„Heiße Sache?“

(10 BE)

Ein Blitzeinschlag besteht aus mehreren Stromstößen. Die Hauptentladung mit einer mittleren Stromstärke von einigen 10 kA dauert bis zu einer Millisekunde an. Anschließend können weitere Impulsentladungen oder Langzeitströme von einigen 100 A für weniger als eine Sekunde folgen.

Angenommen ein Blitz mit einer Hauptentladung von 100 kA für 1 ms und einem nachfolgenden eine Sekunde andauernden Langzeitstrom von 1000 A schlägt in die Blitzschutzanlage eines Hauses ein. Der Blitzableiter aus Aluminium ist 30 m lang und hat einen Durchmesser von 8 mm.

- Berechne wie stark sich der Blitzableiter durch den Einschlag erwärmt! Es soll dafür angenommen werden, dass die Ladungen des Blitzes ohne Verzögerung durch den Blitzableiter in den Boden abgeleitet werden.
- Laut Blitzschutzverordnung sind bei einem 8-mm-Blitzableiter aus Aluminium selbst bei höchster Blitzschutzklasse (bis 200 kA) nur 52 K Erwärmung zu erwarten, bei 100 kA sogar nur 12 K.

Nenne zwei Argumente, warum der Blitzableiter tatsächlich weniger stark erwärmt wird, als in a) berechnet!

Aufgabe 31.2.10.2

„Steinewerfer“

(10 BE)

Christian steht an einem Berg mit einer mittleren Steigung von 70 % und wirft Steine den Berg hinunter. Er wirft die Steine dabei per Schleuderwurf horizontal mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h aus einer Höhe von 1,2 m über dem Boden ab. (Reibung darf vernachlässigt werden.)

- Berechne, in welcher horizontalen Entfernung von Christian der Stein auf den Hang trifft!
- Berechne, wie weit der Stein dabei nach unten gefallen ist!
- Nun versucht Christian den Stein so weit wie möglich zu werfen und wirft dabei immer mit der gleichen Geschwindigkeit schräg nach oben. Begründe, welcher der drei Fälle für Christian am besten funktioniert!
 - Abwurfwinkel (gemessen zur Horizontalen) kleiner als 45°
 - Abwurfwinkel (gemessen zur Horizontalen) gleich 45°
 - Abwurfwinkel (gemessen zur Horizontalen) größer als 45°

Aufgabe 31.2.10.3

„Es geht mehr!“

(10 BE)

Ein Voltmeter mit einem Messbereich von 0 bis 12 V zeigt in Parallelschaltung mit einem Widerstandsbauteil ($R = 200 \Omega$) die Spannung $U = 9,9 \text{ V}$ an. Von der dabei verwendeten Spannungsquelle weiß man, dass sie einen Innenwiderstand von $R_i = 2 \Omega$ besitzt und sie unbelastet eine Urspannung von $U_0 = 10,0 \text{ V}$ besitzt.

- Stellen Sie den Stromlaufplan mit den Innenwiderständen der Spannungsquelle R_i und des Voltmeters R_V dar.
- Berechnen Sie den Innenwiderstand R_V des Voltmeters.
- Das Voltmeter soll umgebaut mit einem zusätzlichen Widerstand X Spannungen bis zu 60 V anzeigen können. Berechnen Sie, wie groß der Widerstand X sein muss und wie er zum bisherigen Innenwiderstand des Voltmeters zu schalten ist.

1. Mit einer Lupe der Brennweite f soll ein virtuelles Bild B erzeugt werden, das genau doppelt so groß ist wie der Gegenstand G . Bestimmen Sie zeichnerisch die Gegenstandsweite g und geben Sie sie allgemein als Vielfaches der Brennweite f an. Notieren Sie die Arbeitsschritte.

Hinweise:

Berechnungen mittels der Abbildungsgleichung und des Abbildungsmaßstabes sind nicht gestattet.

Bei der Zeichnung darf von einer idealisierten, dünnen Linse ausgegangen werden.

2. Eine Lupe mit einem Durchmesser von 7,5 cm vergrößert laut Hersteller dreifach.
- a) Welchen Durchmesser könnte eine Münze maximal haben, damit man sie noch im Blickfeld der Lupe vollständig und dreifach vergrößert scharf sehen kann?
- b) Ist es möglich, mit der gleichen Lupe auch zweifach zu vergrößern? Begründen Sie.



Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit den besten Ergebnissen werden zur Endrunde am 07.04.2022 nach Erfurt eingeladen.

Viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben!

*Wichtiger Hinweis: Bedenke bei der Beantwortung aller Fragen, deine Antworten physikalisch zu begründen!
Für deinen Lehrer muss eindeutig nachvollziehbar sein, wie du auf die jeweiligen Lösungen gekommen bist. „solve“ stellt keinen Lösungsweg dar!*

Aufgabe 31.2.11.1

Zinnsoldaten

(10 BE)

- 1 Der Reismeyer Josef hat in seiner Werkstatt alles, was man von einem Alleskönner erwarten kann. Sogar einen elektrisch betriebenen Schmelzofen mit 8 kW elektrischer Leistung. Für die Herstellung von Zinnsoldaten und Bechern verwendet er Roh-Zinn vom Metallhändler. Zur Vermeidung der sog. Zinnpest besteht die Legierung aus 40% Blei (Massenanteil). Die Legierung ist dann kälteresistent. Im Anfangszustand beträgt die Temperatur aller Materialien $\vartheta_0 = 20\text{ °C}$.

	Schmelzpunkt in ϑ in °C	spez. Wärmekapazität c in $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	spez. Schmelzwärme q in $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
Zinn (Sn)	232	0,221	59
Blei (Pb)	328	0,131	25

Josef benötigt 5,0 kg Legierungsschmelze der Temperatur $\vartheta = 360\text{ °C}$ für seine Figuren und Becher. Dazu werden die Rohmaterialien zerkleinert und in den Schmelztiegel (Schamott) gegeben. In diesem werden die Stoffe dann induktiv auf die Endtemperatur erhitzt. Der Schmelztiegel hat die Wärmekapazität $C = 3,5 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$ und während des gesamten Vorgangs entweichen 45% der zugeführten Energie ungenutzt an die Umwelt.

- 1.1 Berechnen Sie die für die für den gesamten Schmelzvorgang erforderliche Wärme und die dem Stromnetz zu entnehmende elektrische Energie!
- 1.2 Die Rohmaterialien werden in den Schmelztiegel eingebracht und der Ofen wird eingeschaltet. Bestimmen Sie die zum Erreichen der Endtemperatur der Schmelze erforderliche Zeit!

Aufgabe 31.2.11.2

Verglast

(10 BE)

- 2 Bestimmen Sie das Verhältnis von Innendurchmesser d_i zu Außendurchmesser d_a des schwimmenden Reagenzglases der Länge l , welches vorsichtig mit der Öffnung nach unten in das Wasser eingetaucht wurde (Eintauchtiefe h). Entnehmen Sie ggf. auch Daten aus dem Foto, wobei dessen Maßstab nicht bekannt ist (insbesondere werden d_i und d_a als nicht direkt ablesbar definiert!). Reagenzgläser werden aus Borosilikatglas der Dichte $\rho = 2,23\text{ g/cm}^3$ gefertigt. Sie können von einer gleichmäßigen Röhren-Form ausgehen und den Boden vernachlässigen, ebenso Reibungseffekte an der Wand und das Eindringen einer kleinen Menge Wasser in die Öffnung des schwimmenden Reagenzglases.



Aufgabe 31.2.11.3**Brote und Diabolos****(10 BE)**

- 3 Jimmy kauft beim Bäcker ein 1-Pfund-Brot $m = 500 \text{ g}$. Er stolpert und das Brot fällt ihm aus $h = 1,50 \text{ m}$ Höhe aus der Hand.
Am Nachmittag trifft sich Jimmy mit der Sportgruppe der „Luftbüchsenspezi's“. Hier werden Präzision und Disziplin trainiert. Eine der Aufgaben ist es, aus $s = 10 \text{ m}$ Entfernung quer zur Schussrichtung bewegte Hindernisse zu treffen. Das sind kleine Kreisflächen, die sich mit $v = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ horizontal quer zur Flugbahn der Geschosse bewegen.
Die Federkraft-Luftpistole von Jimmy entwickelt die Mündungsenergie $E = 7,5 \text{ J}$. Das ist in Deutschland der Maximalwert für frei verkäufliche Druckwaffen.
Die Waffe wird mit Diabolos der Masse $m = 0,475 \text{ g}$ betrieben.
Für alle nachfolgenden Aufgaben gilt: Reibungsverluste werden vollständig vernachlässigt.
- 3.1 Vergleichen Sie die Energie und die Geschwindigkeit des Brotes beim Aufprall auf den Boden mit der Energie und der Geschwindigkeit des Diabolos beim Verlassen des Gewehrlaufs!
- 3.2 Berechnen Sie die maximale Flugweite beim horizontalen Abfeuern der Waffe aus $h_{01} = 1,5 \text{ m}$ Höhe!
- 3.3 Die Waffe von Jimmy ist so kalibriert, dass die vertikale Abweichung auf 10 m Zielschießen nach exakter Visierung ausgeglichen wird.
Berechnen Sie wie weit Jimmy beim oben beschriebenen Zielschießen aus 10 m Entfernung „seitlich vorhalten“ muss, um das bewegte Hindernis zu treffen!

Aufgabe 31.1.11.4**Aufgeladen****(10 BE)**

- 4 Eine Kugel der Masse $m = 1 \text{ g}$ trage eine elektrische Ladung von $9 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ und ist an einem Ende eines dünnen, nichtleitenden Fadens befestigt. Das andere Ende des Fadens sei am höchsten Punkt eines Kreisringes vom Radius 5 cm befestigt.
Der Kreisring besteht aus einem starren Metalldraht mit vernachlässigbarem Querschnitt und liegt in einer zum Erdboden vertikalen Ebene. Auf dem Kreisring befindet sich gleichmäßig verteilt die Ladung $9 \cdot 10^{-8} \text{ C}$. Kugel und Kreisring haben die gleiche Polarität.
Es lässt sich beobachten, dass die Kugel sich nach der Auslenkung in einer Endlage auf der Achse des Kreisringes (senkrecht zu dessen Ebene) befindet.
- 4.1 Erfassen Sie den Sachverhalt und skizzieren Sie den Versuchsaufbau mit Ring, Faden und Kugel.
- 4.2 Berechnen Sie die Länge des Fadens.
Hinweis: Zerlegen Sie gedanklich den Ring in n gleiche Teile und betrachten/summieren Sie die elektrischen Felder der Teile.



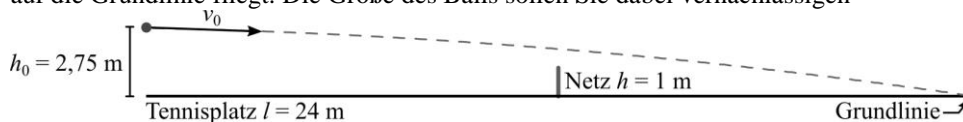
Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit den besten Ergebnissen werden zur Endrunde am 07.04.2022 nach Erfurt eingeladen.

Viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben!

Aufgabe 31.2.12.1 „Olympiasieg im Herrentennis“ (10 BE)

Alexander Zverev hat es geschafft! Am 01.08.2021 krönte er sich zum Olympiasieger im Herrentennis. Ein wichtiger Schlüssel zum Sieg war sein starker Aufschlag. Er hämmerte den Ball mit bis zu 216 km/h in Richtung seines Kontrahenten. Das verlangt brachiale Gewalt und gleichzeitig höchste Präzession.

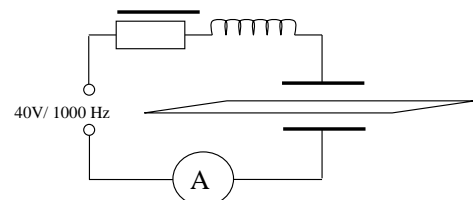
- Beim Aufschlag wird der Ball mit einem Winkel α gegen die Horizontale leicht nach unten geschlagen. Leiten Sie die Bahngleichung für die Bewegung des Tennisballs nach dem Kontakt mit dem Schläger her. Vernachlässigen Sie Reibungskräfte.
- Bei einem realen Tennisaufschlag ist der Winkel α klein und so kann man die Winkelfunktionen durch Näherungslösungen ersetzen, z.B. gilt $\sin(\alpha) \approx \alpha$ (mit α im Bogenmaß). Geben Sie die Näherungslösung der Bahngleichung aus a) für kleine Winkel an.
- Berechnen Sie, mit der Näherungslösung aus b), den Winkelbereich, innerhalb welchem man den Ball abschlagen muss, um aus einer Abschlagshöhe $h_0 = 2,75$ m und mit einer Geschwindigkeit $v_0 = 216$ km/h einen erfolgreichen Aufschlag auszuführen. Erfolgreich heißt, dass der Ball über die Netzkante, aber bis maximal genau auf die Grundlinie fliegt. Die Größe des Balls sollen Sie dabei vernachlässigen



- Große Spieler sind beim Aufschlag im Vorteil. Berechnen Sie, mit der Näherungslösung aus b), aus welcher Höhe man mit $v_0 = 216$ km/h mindestens abschlagen muss, um einen erfolgreichen Aufschlag auszuführen. Berechnen Sie auch den zugehörigen Winkel (in Grad).

Aufgabe 31.2.12.2 „Berührungslose Schichtdickenmessung“ (10 BE)

Um die Dicke einer Kunststoffolie ($\epsilon_r = 5$) laufend zu messen, zieht man sie zwischen zwei Kondensatorplatten der Fläche 100 cm^2 hindurch. Dieser Kondensator ist mit einer Spule und einem ohmschen Widerstand $R = 100 \Omega$ in Reihe geschaltet. Die Reihenschaltung wird mit einer Wechselspannung von $40 \text{ V} / 1000 \text{ Hz}$ betrieben. (Foliendicke sei quasi gleich dem Plattenabstand; der ohmsche Widerstand der Spule ist in den 100Ω enthalten)



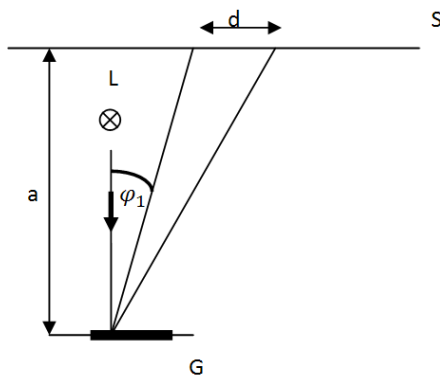
- Berechnen Sie die Induktivität der verwendeten Spule, wenn der Strom sein Maximum bei der Solldicke $d = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ haben soll.
- Berechnen Sie, wie groß die relative Abweichung der Kontrollgröße (Effektivstromstärke) mindestens ist, wenn die Dicke der Folie um 10% vom Normwert abweicht.

Aufgabe 31.2.12.3 „Reflexionsgitter“ (10 BE)

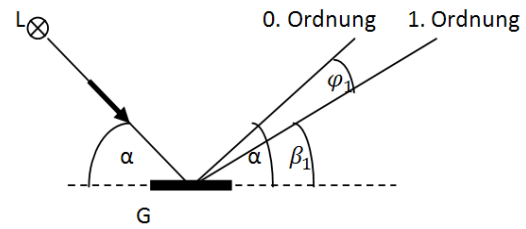
Bei einem Reflexionsgitter G sind die Gitterstriche in spiegelndes Metall geritzt. Das an den Gitterstegen reflektierte Licht wird untersucht.

- Das Licht eines Lasers L ($\lambda = 630 \text{ nm}$) trifft senkrecht auf das Reflexionsgitter. Auf einem parallel zu G im Abstand $a = 10,00 \text{ m}$ hinter dem Laser angebrachten Schirm S findet man, dass die Intensitätsmaxima 1. und 2. Ordnung $d = 25,2 \text{ cm}$ voneinander entfernt sind (Skizze 1). Bestimmen Sie unter Verwendung der Näherung $\sin \varphi \approx \tan \varphi$ die Gitterkonstante g und berechnen Sie damit den Winkel φ_1 .
- Der Laserstrahl fällt nun unter dem Winkel α gegen die Gitterebene ein (Skizze 2). Stellen Sie in einer Skizze den Verlauf von zwei Wellennormalen dar, die an benachbarten Gitterstegen reflektiert werden. Erklären Sie das Auftreten von Intensitätsmaxima und leiten Sie folgende Beziehung her: $\cos \beta_k = \cos \alpha + \frac{k \cdot \lambda}{g}$ für $\beta_k < \alpha$.

Skizze 1 1. Ordnung 2. Ordnung



Skizze 2



Aufgabe 31.2.12.4 „The Royal Swedish Academy of Sciences ...“ (10 Punkte)

... has decided to award the Nobel Prize in Physics 2021 „for groundbreaking contributions to our understanding of complex physical systems“ with one half jointly to

Syukuro Manabe
Princeton University, USA

and

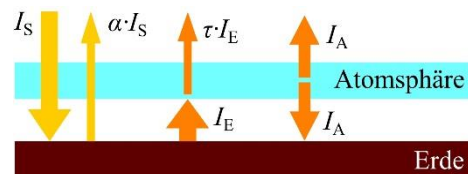
Klaus Hasselmann
Max Planck Institute for Meteorology, Hamburg, Germany

„for the physical modelling of Earth’s climate, quantifying variability and reliably predicting global warming.“

Die Erde befindet sich im Strahlungsgleichgewicht mit der Sonne, d. h. sie empfängt genauso viel Strahlung von der Sonne, wie sie aufgrund ihrer Temperatur wieder ins All abstrahlt. Die Absorption der Strahlung erfolgt über die Querschnittsfläche der Erde ($R_E = 6378 \text{ km}$), welche der Sonne zugewandt ist, während die Abstrahlung in alle Richtungen über die Oberfläche der Erde erfolgt. Für alle schwarzen Körper gilt das Stefan-Boltzmann-Gesetz $P = A \cdot \sigma \cdot T^4$. Darin ist P die Strahlungsleistung, $\sigma = 5,670 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ die Stefan-Boltzmann-Konstante, A die Oberfläche und T die Temperatur des Körpers.

- Die Sonne hat die Leuchtkraft $L = 3,828 \cdot 10^{26} \text{ W}$, das ist die Energie, die pro Sekunde durch die Oberfläche der Sonne strömt, und den mittleren Abstand $a = 1 \text{ AE}$ (Astronomische Einheit) von der Erde. Berechnen Sie die Gleichgewichtstemperatur der Erde in $^\circ\text{C}$.
- Die Erde absorbiert nicht 100% der von der Sonne ankommenden Strahlung, sondern reflektiert auch einen Anteil direkt zurück ins All. Diesen Anteil beschreibt man durch die Albedo α der Erde, deren Wert allgemein zwischen 0 und 1 und für die Erde als Ganzes bei $\alpha_E = 0,3$ liegt. Berechnen Sie die Gleichgewichtstemperatur (in $^\circ\text{C}$) unter Berücksichtigung der Albedo.

Die Erde ist von der Atmosphäre umgeben und diese verursacht den natürlichen Treibhauseffekt. In einem simplen Modell besteht die Atmosphäre aus einer hauchdünnen Schicht, die für die kurzwellige Strahlung der Sonne komplett durchlässig ist und einen Großteil der langwelligen Strahlung der Erde absorbiert. Nebenstehende Abbildung zeigt die Strahlungsbilanz dieses Systems.



Die Pfeile stehen für die Intensität der Strahlungen gemessen in W/m^2 , also Leistung pro Fläche.

Für das System als Ganzes gilt

$$I_S \cdot \pi R_E^2 = \alpha \cdot I_S \cdot \pi R_E^2 + 4\pi R_E^2 \cdot (\tau \cdot I_E + I_A) \quad (1)$$

und für die Erdoberfläche

$$I_S \cdot \pi R_E^2 + I_A \cdot 4\pi R_E^2 = \alpha \cdot I_S \cdot \pi R_E^2 + I_E \cdot 4\pi R_E^2 \quad (2)$$

Für die Intensität der von der Erde emittierten Strahlung gilt $I_E = \sigma \cdot T_E^4$ und $\tau = 0,2$.

- Leiten Sie eine Formel für die Gleichgewichtstemperatur der Erde unter Berücksichtigung der Albedo und des natürlichen Treibhauseffekts her und berechnen Sie diese (in $^\circ\text{C}$).

Steigt der CO_2 -Gehalt in der Atmosphäre verkleinert sich der Parameter τ , es wird mehr, der von der Erde kommenden Strahlung, in der Atmosphäre absorbiert. Dadurch steigt die Gleichgewichtstemperatur und die Polkappen schmelzen schneller. Weniger Eis bedeutet, dass die Albedo sinkt, wodurch die Erde nur einen kleineren Teil der von der Sonne kommenden Strahlung direkt reflektieren kann. Die Gleichgewichtstemperatur steigt weiter.

Ein Teufelskreis!

- Zeigen Sie, dass (in diesem einfachen Modell) die nur minimale Veränderung der Parameter zu $\tau' = 0,19$ und $\alpha' = 0,29$ bereits dazu führt, dass die Menschheit, dass $1,5^\circ\text{C}$ -Ziel zur Begrenzung des Temperaturanstiegs verfehlt.