

**30. PHYSIKOLYMPIADE DES LANDES THÜRINGEN 2020/2021****AUFGABEN**

2. Runde

KLASSENSTUFE 7

Die Teilnehmer mit den besten Ergebnissen werden zur Endrunde am 15.04.2021 nach Jena eingeladen.

*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 30.2.07.1****„Märchenkugel“****(9 BE)**

Auch im Märchen wurde schon betrogen: Vielleicht hat es sich schon bis zu euch herumgesprochen, dass die goldene Kugel im Märchen vom Froschkönig nicht aus reinem Gold besteht.

- Die Masse der Kugel beträgt 500 g. Dabei sind nur 20% des Volumens aus reinem Gold und 80% des Volumens aus Silber. Bestimme das Volumen der Kugel.
- Eine andere „goldene“ Kugel hat ein Volumen von 500 cm<sup>3</sup>. Dabei sind 20% der Masse aus reinem Gold und 80% der Masse aus Silber. Bestimme die Masse der Kugel.

**Aufgabe 30.2.07.2****„Thermometer“****(10 BE)**

In einem Experiment werden zwei gleiche Flüssigkeitsthermometer in 20 cm Abstand von einem Wärmestrahler (Rotlichtlampe) aufgestellt. In den Thermometern befindet sich blau eingefärbtes Petroleum als Thermometerflüssigkeit.

Beide Thermometer zeigen nach zwei Minuten die gleiche Temperatur. Nun wird das Vorratsgefäß vom Thermometer 1 mit einem Lackmalstift silber-glänzend und vom Thermometer 2 schwarz-matt bemalt. Nach zwei Minuten zeigen die Thermometer verschiedene Temperaturen.

- Zeichne ein solches Flüssigkeitsthermometer, beschrifte es und erkläre die Funktionsweise!
- Welches Thermometer zeigt eine höhere Temperatur? Begründe deine Aussage!  
Nenne die Arten der Wärmeübertragung! Welche spielen bei diesem Experiment eine Rolle?

**Aufgabe 30.2.07.3****„Im Auto unterwegs“****(10 BE)**

Von einem Pkw der Mittelklasse, welcher sich auf ebener trockener Asphaltstraße bewegt, sind folgende Werte bekannt:

Masse: 1500 kg;  $c_W$  – Wert: 0,34; Angriffsfläche vom Wind: 2,2 m<sup>2</sup>; Motorleistung: 130 PS; Höchstgeschwindigkeit: 198  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ ; Dichte der Luft: 1,29  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Der Luftwiderstand und die Rollreibung wirken der Bewegung entgegen. Die Luftwiderstandskraft des Pkw kann mit folgender Formel berechnet werden:  $F_{WL} = \frac{1}{2} \cdot c_W \cdot A \cdot \rho_L \cdot v^2$ , die Rollreibungskraft mit der Formel  $F_R = \mu \cdot F_N$ .

- Berechne die Luftwiderstandskraft und die Rollreibungskraft von 10  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  bis zur Höchstgeschwindigkeit mit einer Schrittfolge von 5  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Stelle die Kräfte in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit bis zur Höchstgeschwindigkeit in einem Diagramm dar!
- Bei welcher Geschwindigkeit ist die Rollreibungskraft genau so groß wie die Luftwiderstandskraft?
- Vergleiche die Luftwiderstandskraft bei 130  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$  und bei 180  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ ! Begründe mit diesen Werten, warum es sinnvoll ist mit der empfohlenen Geschwindigkeit von 130  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$  zu fahren.

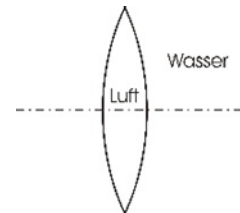
**Aufgabe 30.2.07.4****„Weihnachten bei Opa Erwin“****(11 BE)**

Zu Weihnachten hat Erwin von seinem Opa einen Optik-Baukasten bekommen. Dazu gehört auch ein kleiner Laser-Pointer zum Erzeugen eines Lichtstrahls. Damit kann man nicht nur Katzen unterhalten (die rennen nämlich immer dem Lichtpunkt hinterher), sondern auch die Brechung von Licht bei einem Stoffübergang untersuchen.

- a) Erwin prüft das Verhalten von Licht beim Übergang von Luft in Wasser und misst sehr sorgfältig die entsprechenden Winkel. Seine Messwerte trägt er in eine Tabelle ein, doch bei einem Brechungswinkel hat er sich verschrieben.

Einfallswinkel (Luft)	10°	20°	30°	45°	60°	75	85
Brechungswinkel (Wasser)	9°	17,5°	26°	33°	49°	57	60

- Übernimm die Messwerte in ein x-y-Diagramm. x-Achse: Einfallswinkel, y-Achse: Brechungswinkel.
  - Finde den falschen Messwert heraus. Lies in Deinem Diagramm ab, wie groß der Winkel in etwa hätte sein müssen.
  - Zu welchem Einfallswinkel würde der falsche Wert gehören?
- b) In einem zweiten Experiment füllt Erwin ein Gefäß 2cm hoch mit Wasser und leuchtet unter einem Einfallswinkel von 50° hinein. Auf dem Boden des Glasgefäßes liegt ein Spiegel. Zeichne den Lichtstrahlenverlauf, auch wenn Du den genauen Wert des Brechungswinkels nicht kennst!
- c) Sage die Eigenschaft einer mit Luft gefüllten Konvexlinse (siehe Bild) unter Wasser voraus!  
(Konvexlinsen sind in der Mitte dicker als am Rand.)



**30. PHYSIKOLYMPIADE DES LANDES THÜRINGEN 2020/2021**

**AUFGABEN**

2. Runde

KLASSENSTUFE 8

Die Teilnehmer mit den besten Ergebnissen werden zur Endrunde am 15.04.2021 nach Jena eingeladen.

Wichtiger Hinweis: *Bedenke bei der Beantwortung aller Fragen, deine Antworten physikalisch zu begründen!*

**Aufgabe 30.2.8.1**

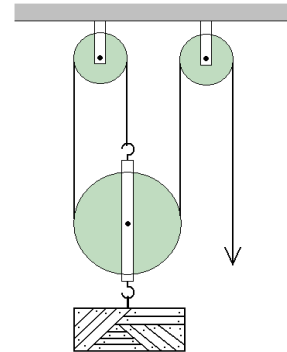
**„Flaschenzug“**

**(10 Punkte)**

Max soll eine Last von  $F_G = 800 \text{ N}$  mit der abgebildeten Rollenordnung heben.

Die kleinen Rollen haben eine Gewichtskraft von je 20 N, die große Rolle hat eine Gewichtskraft von 40 N.

- Welche Zugkraft muss Max dazu mindestens aufbringen?
- Mit welcher Kraft wirkt Max ( $m = 70 \text{ kg}$ ) dabei auf den Boden?
- Welche Last kann von Max höchstens gehoben werden?



**Aufgabe 30.2.8.2**

**„Sammellinse“**

**(10 Punkte)**

Von einer optischen Abbildung durch eine Sammellinse sind bekannt:

- Lage der optischen Achse,
- Lage des Gegenstandspunktes und
- Lage des Bildpunktes. (siehe Arbeitsblatt)

Ermittle durch Konstruktion Lage und Brennweite der Linse. Begründe schrittweise dein Vorgehen!

**Aufgabe 30.2.8.3**

**„Lavalampe“**

**(10 Punkte)**

Lavalampen sind beliebte dekorative Einrichtungsgegenstände. Sie bestehen aus einem flaschenartigen Gefäß, unter dem eine Glühlampe angebracht ist. Im Gefäß befinden sich zwei Stoffe, die sich nicht miteinander vermischen. Einige Zeit nach dem Einschalten beginnt die farbige Flüssigkeit auf- und abzustei-gen.

Erkläre die Funktionsweise der Lavalampe!

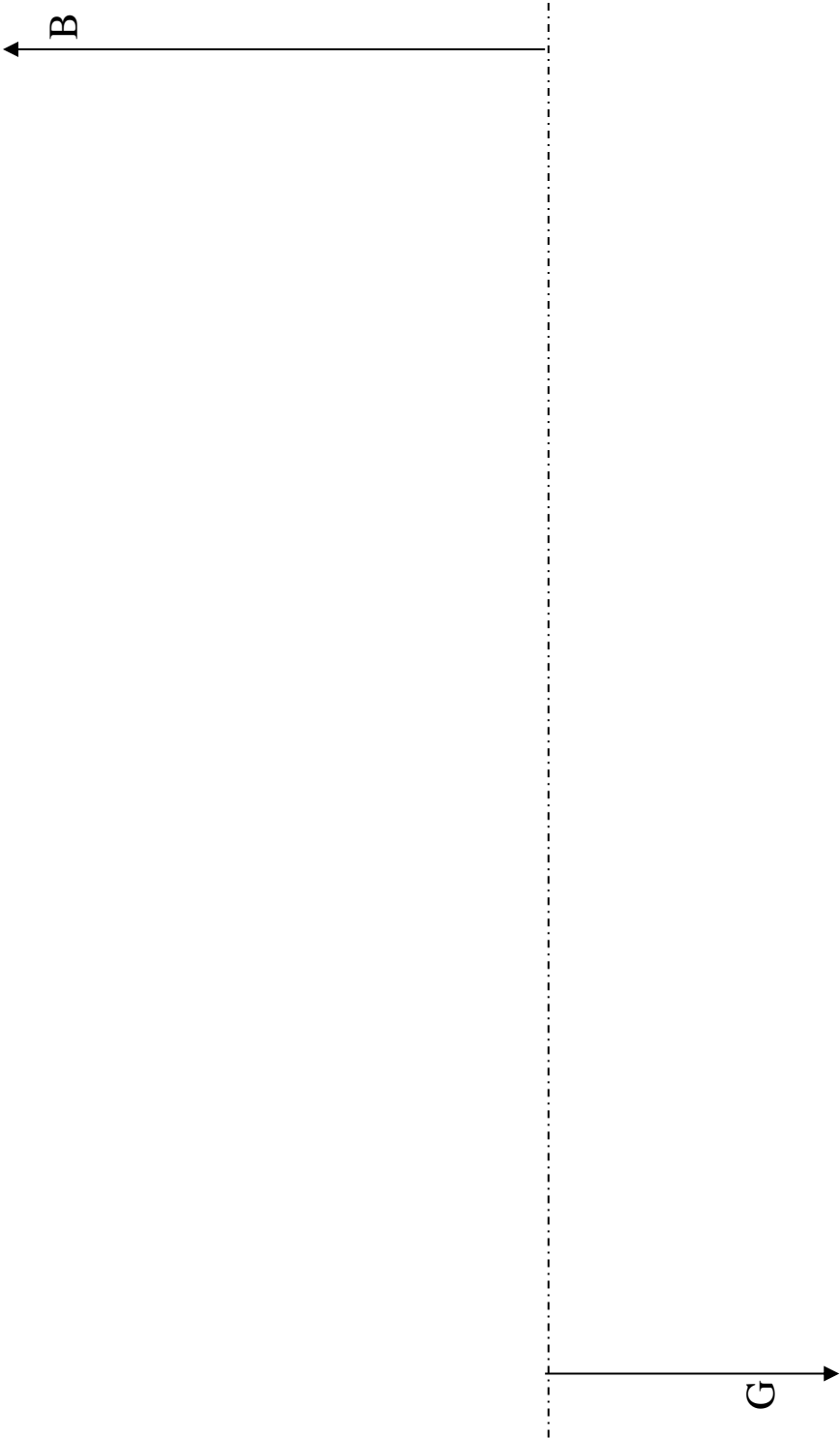


**Aufgabe 30.2.8.4**

**„Messing“**

**(10 Punkte)**

- Ein heißer Messingzylinder der Masse 350 g wird in ein Gefäß mit 500 g Wasser der Temperatur  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  getaucht. Das Wasser erwärmt sich auf  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ . Berechne die Temperatur des Messingzylinders!  
( $c_M = 0,38 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
- Ein anderer Körper aus Messing mit der Querschnittsfläche von  $1 \text{ cm}^2$ , der Temperatur  $440 \text{ }^\circ\text{C}$  und der Masse 350 g wird auf einen dicken Eisklotz von  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  gestellt. Wie viel Eis schmilzt dabei, wenn man idealer Weise annimmt, dass die komplette Wärmeenergie des Körpers zum Schmelzen des unter ihm befindlichen Eisklotzes verwendet wird. Würde ein massegleicher Körper aus Stahl die gleiche Menge Eis schmelzen? Begründe!



**30. PHYSIKOLYMPIADE DES LANDES THÜRINGEN 2020/2021****AUFGABEN**

2. Runde

KLASSENSTUFE 9

Die Teilnehmer mit den besten Ergebnissen werden zur Endrunde am 15.04.2021 nach Jena eingeladen.

**Aufgabe 30.2.09.1****„Einholen“****(10 BE)**

Ein Fahrzeug A fährt auf einer geraden Teststrecke mit der konstanten Geschwindigkeit von 72km/h. Zur Zeit  $t_1$  befindet sich das Fahrzeug A am Ort mit der Ortskoordinate 15,5 km.

Ein Fahrzeug B fährt auf der gleichen Teststrecke mit der konstanten Geschwindigkeit  $v_B$ . Zur Zeit  $t_2 = t_1 + 70s$  befindet sich Fahrzeug B am Ort mit der Ortskoordinate 1,75km. Das Fahrzeug B folgt Fahrzeug A und holt das Fahrzeug A zur Zeit  $t_3 = t_2 + 50min30s$  ein.

- Skizziere diesen Sachverhalt in ein Diagramm.
- Berechne die Geschwindigkeit des Fahrzeugs B und die Strecken, die das Fahrzeug A von  $t_1$  bis  $t_3$  sowie das Fahrzeug B von  $t_2$  bis  $t_3$  benötigen.

**Aufgabe 30.2.09.2****„Regelbar“****(10 BE)**

Eine kleine regelbare Beleuchtungsanlage wird mit einer Spannung von 20V betrieben. Die Schaltung besteht aus einen von 0 bis 1000 $\Omega$  regelbaren Vorwiderstand und drei parallel geschalteten Glühlampen mit den Innenwiderständen 10 $\Omega$ , 20 $\Omega$  und 30 $\Omega$ , die als konstant angenommen werden sollen.

- Skizziere die Schaltung. (1P)
- Benenne die Glühlampe, die am stärksten leuchtet und berechne deren elektrische Leistung. (3P)
- Berechne den Gesamtwiderstand der drei Glühlampen, wenn der Vorwiderstand nicht aktiv ist (er ist auf 0  $\Omega$  eingestellt) und die Gesamtleistung der drei Glühlampen. (4P)
- Berechne die Gesamtleistung der drei Glühlampen, wenn der Vorwiderstand auf 100  $\Omega$  eingestellt ist. (2P)

**Aufgabe 30.2.09.3****„Warm werden“****(10 BE)**

Berechne die Masse des Wasserdampfes von 100 °C, der einer im Temperaturgleichgewicht von 0 °C befindlichen Mischung von 500 g Wasser und 500 g Eis zugeführt werden, damit am Ende nur noch Wasser von 20 °C vorhanden ist.

**Aufgabe 30.2.09.4****„Scharf abbilden“****(10 BE)**

Beim Fotografieren sollte der Gegenstand nahezu stillstehen, um scharf abgebildet zu werden. Die Bildscharfe ist auch noch gewährleistet, wenn er sich auf dem Bildsensor während der Aufnahme um maximal 1/30mm verschiebt. Im vorliegenden Fall soll ein im Abstand von 50 m quer zur Aufnahmerichtung vorbeifahrender Zug mit der Geschwindigkeit  $v = 90$  km/h fotografiert werden. Das Objektiv der Kamera kann als dünne Linse mit der Brennweite von 50 mm betrachtet werden.

Berechne die längste Belichtungszeit, die möglich ist, um ein noch scharfes Bild zu erzeugen. Skizziere den Sachverhalt und nutze die Abbildungsgleichung und den Abbildungsmaßstab für Linsen aus dem Tafelwerk.

**30. PHYSIKOLYMPIADE DES LANDES THÜRINGEN 2020/2021****AUFGABEN** 2. Runde **KLASSENSTUFE 10**

Die Teilnehmer mit den besten Ergebnissen werden zur Endrunde am 15.04.2021 nach Jena eingeladen.

**Aufgabe 30.2.10.1 „Es geht bergab!“ (10 Punkte)**

„Die [Oberweißbacher] Bergbahn, die auf 1387 Metern Strecke 323 Höhenmeter erklimmt, gehört zu den bekanntesten Markenzeichen des Thüringer Waldes. Die [...] Bergbahnstrecke führt durch eine romantische Schlucht und bietet wunderschöne Aussichten auf den Thüringer Wald.“<sup>1</sup>

Aber auch technisch ist die Bahn ein Highlight, da es sich um eine Standseilbahn handelt, die energieeffizient den großen Höhenunterschied überwindet. Dazu sind der Personenwagen (Leermasse 26,0 Tonnen) und der Güterwagen (Leermasse 25,0 Tonnen) der Bahn über ein langes Drahtseil verbunden und fahren immer wechselseitig nach oben und unten. Daher ist auch nur in der Mitte der Strecke eine sogenannte Abt'sche Weiche zum gegenseitigen Passieren und ansonsten nur ein Gleis notwendig.

- Erkläre, warum eine solche Standseilbahn energetisch sehr vorteilhaft arbeitet!
- Ermittle die auf den Personenwagen wirkende beschleunigende Kraft (ohne zusätzlichen Antrieb), wenn man von einem Rollreibungskoeffizienten von 0,002 ausgeht!
- Berechne, wie groß die Beschleunigung der Bahn allein durch diese Kraft ist!

**Aufgabe 30.2.10.2 „Kaffeepause“ (10 Punkte)**

Kaffeevollautomaten besitzen häufig eine Dampfdüse zum Erwärmen und Aufschäumen von Milch.

- Wie viel Gramm 100°C heißer Wasserdampf muss mindestens in ein 80g schweres Glasgefäß ( $c_G = 0,86 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ ) mit 120 ml Milch ( $c_{\text{Milch}} = 3,85 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$  &  $\rho_{\text{Milch}} = 1,032 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ) geleitet werden, um beides von Zimmertemperatur (20°C) auf 80°C zu erwärmen. Da die Erwärmung recht schnell stattfindet, darf die Wärmeabgabe an die Umgebung vernachlässigt werden.
- Wie lange braucht der Kaffeevollautomat mit 2500 W und einem Wirkungsgrad von 90% für das Erzeugen dieses Wasserdampfs, wenn das Wasser in der Maschine ebenfalls Zimmertemperatur hat?
- Tatsächlich braucht die Maschine deutlich mehr Dampf. Nenne zwei Argumente, warum das so ist!

**Aufgabe 30.2.10.3 „Lampe auf Tauchstation“ (10 Punkte)**

Eine Taschenlampe hat im Normalbetrieb einen kegelförmigen Lichtaustritt mit einem Öffnungswinkel von 50°. Eine 2mm dicke, ebene Hartglasscheibe ( $n_G = 1,5$ ) mit einem Durchmesser von 30 mm bildet die Lichtaustrittsfläche. Die gesamte Taschenlampe ist IP68-zertifiziert, also staub- und wasserdicht für 30 Minuten bis 1,5 m Wassertiefe.

- Zu Probezwecken wird in klarem Wasser ein Test durchgeführt. Dabei fällt auf, dass der Lichtaustrittskegel im Wasser anders ist als in Luft. Berechnen Sie den Öffnungswinkel des Lichtaustrittskegels unter Wasser.
- Mit der Taschenlampe wird nun im Wasser von unten nach oben geleuchtet, so dass der Lichtkegel das Wasser an der wellenfreien Wasseroberfläche verlässt. Welcher Öffnungswinkel ist in der Luft zu beobachten? Begründen Sie.
- Beschreiben Sie eine Möglichkeit, wie eine wasserdichte Lampe aufgebaut sein könnte, damit sie in Luft wie auch in Wasser den gleichen Lichtkegel aussenden kann. Begründen Sie.

**Aufgabe 30.2.10.4 „Batterie leistet Widerstand“ (10 Punkte)**

Mit Hilfe von zwei unterschiedlichen Spannungsmessgeräten soll der Innenwiderstand einer Batterie bestimmt werden.

Am Voltmeter 1, welches selbst einen Innenwiderstand von 5,0 kΩ hat, wird die Spannung 6,2 V angezeigt. Mit dem Voltmeter 2 mit Innenwiderstand 1,0 kΩ wird eine Spannung von 6,0 V bestimmt. Beide Messgeräte sind voll funktionsfähig und wurden korrekt angeschlossen.

- Erklären Sie, weshalb die beiden Messgeräte unterschiedliche Werte anzeigen. Zeichnen Sie dazu auch ein Ersatzschaltbild.
- Berechnen Sie den Innenwiderstand und die Ursprungspannung der Batterie.  
(HINWEIS: Die Ursprungspannung ist die größtmögliche Spannung der Batterie ohne angeschlossene Geräte.)

<sup>1</sup> <https://www.thueringen.info/oberweissbacher-bergbahn.html> - Zugriff am 21.11.2020

**30. PHYSIKOLYMPIADE DES LANDES THÜRINGEN 2020/2021****AUFGABEN**

2. Runde

KLASSENSTUFE 11

Die Teilnehmer mit den besten Ergebnissen werden zur Endrunde am 15.04.2021 nach Jena eingeladen.

**Aufgabe 30.2.11.1****„beschwerliche Kaffeetasse“****(10 BE)**

Zum Bereiten von Tee verwenden wir eine Porzellantasse der Wärmekapazität  $C = 168 \text{ J/K}$  mit der Anfangstemperatur  $\vartheta_0 = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ , in welcher sich ein metallischer Löffel ( $c_L = 0,4 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) der Masse  $m_L = 35 \text{ g}$  befindet. Nun werden  $V_W = 200 \text{ ml}$  Wasser der Anfangstemperatur  $\vartheta_W = 95^\circ\text{C}$  eingegossen. (Auswirkungen des Teebeutels oder der Extrakte werden vollständig vernachlässigt.)

- a) Berechnen Sie die Wassertemperatur, die sich kurz nach dem Eingießen des Wassers einstellen wird, wenn man die Wärmeabgabe an die Umwelt vernachlässigt.

Der Tee kann ohne weiteren Wärmeentzug nicht getrunken werden. Man muss warten, bis die Temperatur weit genug gesunken ist.

- b) Skizzieren Sie den erwarteten Temperaturverlauf der Flüssigkeit in der Tasse in einem  $\vartheta(t)$  – Diagramm, wenn Tasse und Tee vom Benutzer dabei nicht beeinflusst werden.
- c) Skizzieren Sie in das Diagramm von b) den erwarteten Temperaturverlauf, wenn man während dieses Vorgangs mit dem Löffel rührt.  
Geben Sie Begründungen für diesen Graphenverlauf an.

**Aufgabe 30.2.11.2****„Klamm“****(10 BE)**

In der Almbach-Klamm bei Berchtesgaden wird auf Hinweistafeln über nützliches Wissen informiert, z.B. über den Wasser-Durchfluss. Dort wird behauptet, bei nur doppelter Wasserhöhe  $h$  fließt die dreifache Menge ins Tal. Kann das wahr sein?

Ermitteln Sie unter Zuhilfenahme einer aussagekräftigen Skizze, ob das allgemein möglich ist! Wenn ja, geben Sie eine gekürzte Bedingung in Gleichungsform an, wenn nein, begründen Sie mathematisch. Begründen Sie Ihre Lösungsschritte.

Gehen Sie von trapezförmigem Querschnitt des Bachbettes und gleicher Fließgeschwindigkeit aus (weil das Gefälle nahezu konstant bleibt).

**Aufgabe 30.2.11.3****„Kräftige Kügelchen“****(10 BE)**

Zwei kleine Kügelchen haben eine Masse von je  $2 \text{ g}$  und eine elektrisch leitende Oberfläche. Sie sind in einem Punkt an zwei  $2 \text{ m}$  langen, masselosen Fäden aufgehängt. Ein Plastestab wird mit einem Wolltuch gerieben. Danach werden mit ihm die Kügelchen berührt und die Ladungen verteilen sich gleichmäßig darauf. Ihr gegenseitiger Abstand beträgt nun  $10 \text{ cm}$ .

- a) Welche Ladung trägt jedes Kügelchen? Aus wie vielen Elementarladungen besteht sie?
- b) Die Vorrichtung wird der Schwerelosigkeit ausgesetzt. Beschreibe, berechne und erkläre die nun aufgetretenen Veränderungen des Versuchsergebnisses!

**Aufgabe 30.2.11.4****„Eine Frage der Schönheit“****(10 BE)**

Um zu vergrößern und gleichzeitig den Überblick zu behalten, wird ein Kosmetikspiegel so benutzt, dass das aufrechte virtuelle Bild in einer Entfernung von  $E = 30 \text{ cm}$  vor dem Gesicht entsteht. Der Spiegel hat einen Krümmungsradius von  $r = 40 \text{ cm}$ .

- a) In welcher Entfernung  $g$  vor dem Spiegel muss sich das Gesicht befinden?
- b) Welcher Abbildungsmaßstab wird erreicht?
- c) Überprüfen Sie Ihre Rechnung durch maßstäbliche Konstruktion mit möglichst achsnahen Strahlen (Konstruktionsbeschreibung!)

**30. PHYSIKOLYMPIADE DES LANDES THÜRINGEN 2020/2021****AUFGABEN**

2. Runde

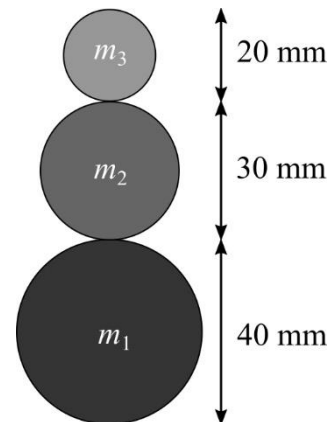
KLASSENSTUFE 12

Die Teilnehmer mit den besten Ergebnissen werden zur Endrunde am 15.04.2021 nach Jena eingeladen.

**Aufgabe 30.2.12.1****„Ballpyramide“****(10 Punkte)**

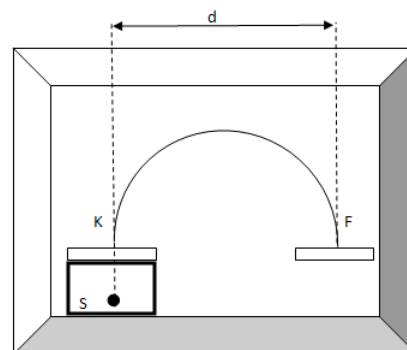
Drei massive Bälle aus Hartgummi ( $\rho = 1,4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ) werden aus einer Höhe  $h_0 = 1,0 \text{ m}$ , gemessen von der Unterkante des größten Balls, fallen gelassen. Die Bälle stoßen vollkommen elastisch mit dem Fußboden.

- Berechnen Sie bis in welche Höhe  $h$  der kleinste Ball nach dem Stoß geschleudert wird.
- Die Endhöhe des dritten Balls wird maximal, wenn für die Massen  $m_1 \gg m_2 \gg m_3$  gilt. Leiten Sie unter dieser Bedingung die maximale Endhöhe  $h_{\text{max}}$ , als Vielfaches von  $h_0$  her.

**Aufgabe 30.2.12.2****„Beta-Spektroskopie“****(10 Punkte)**

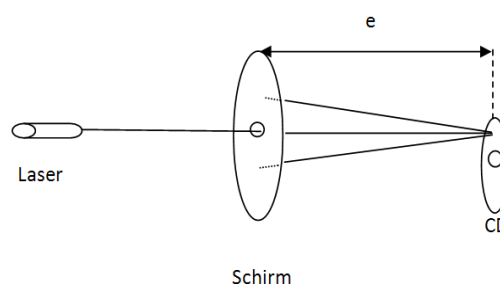
In einer evakuierten Kammer sind ein Behälter K, in dem sich ein  $\beta$ -Strahler S befindet, und eine Fotoplatte F installiert. Durch ein geeignetes Blendsystem wird erreicht, dass die  $\beta$ -Strahlung senkrecht zur Behälterwand (siehe Skizze) in ein homogenes Magnetfeld, das senkrecht zur Zeichenebene verläuft, eintritt. In diesem wird die  $\beta$ -Strahlung so abgelenkt, dass sie nach dem Durchlaufen eines Halbkreises in der Zeichenebene im Abstand  $d$  von der Behälteröffnung auf die Fotoplatte auftrifft.

- Erläutern Sie den Einfluss des Magnetfeldes auf die Energie der Elektronen.
- Begründen Sie, weshalb man mit dieser Anordnung ein Impulspektrum eines  $\beta$ -Strahlers erhält.
- Beim Zerfall treten u.a. Elektronen mit der Geschwindigkeit  $0,87 \cdot c$  auf. In welchem Abstand  $d$  treffen diese auf die Fotoplatte, wenn die magnetische Flussdichte  $81 \text{ mT}$  beträgt?
- Die Abmessungen der Apparatur erlauben einen maximalen Registrierabstand  $d_{\text{max}}$  von  $14 \text{ cm}$ . Berechnen Sie den Betrag der Flussdichte, die mindestens nötig ist, um  $\beta$ -Strahlung mit einer kinetischen Energie von  $2,0 \text{ MeV}$  noch zu registrieren.

**Aufgabe 30.2.12.3 „Compactdisc“****(10 Punkte)**

Bestrahlt man eine Compactdisc (CD) mit dem Licht einer Glühlampe, kann man farbige Reflexionen beobachten. Die digitale Information einer CD ist in einer spiralförmigen Spur gespeichert, die ein Reflexionsgitter bilden.

- Richtet man das Licht eines Lasers mit einer Wellenlänge von  $633 \text{ nm}$  senkrecht auf eine CD, treten unter den Winkeln  $66,7^\circ$  und  $37,7^\circ$  gegenüber der Rillenebene zwei aufeinanderfolgende Maxima auf. Berechnen Sie den Abstand benachbarter CD-Rillen. Veranschaulichen Sie die zur Lösung der Aufgabe wesentlichen physikalischen Zusammenhänge anhand einer aussagekräftigen Skizze.
- Erklären Sie das Auftreten der farbigen Reflexionen bei Bestrahlung der CD mit einem feinen Strahl weißen Lichtes.



- Entscheiden Sie rechnerisch, ob das sichtbare Spektrum ( $350 \text{ nm}$  bis  $800 \text{ nm}$ ) zweiter Ordnung auf einem Schirm (Abstand zur CD  $e = 30 \text{ cm}$ , Radius  $r = 50 \text{ cm}$ ) noch vollständig abgebildet wird.



**„Experimentelle Bestimmung der  
relativen Permittivität von Luft“**

**Aufgabe 30.2.12.4** **(10 Punkte)**

---

Die relative Permittivität von Luft ist rund 1 und damit schwer zu messen. Anderes ausgedrückt: Die Kapazität eines Plattenkondensators ändert sich kaum, wenn sich zwischen den Platten Luft befindet oder der Zwischenraum evakuiert wird. Mit einem geschickten Versuchsaufbau lässt sich dieser Effekt aber messen und damit die relative Permittivität der Luft bestimmen.

Aus einer Spule und einem Plattenkondensator wird ein Schwingkreis aufgebaut. Der Kondensator befindet sich unter einer Glashaube, die evakuiert werden kann.

- a) Leiten Sie eine Gleichung zur Bestimmung der relativen Permittivität der Luft her und berechnen Sie diese, wenn die Schwingungsfrequenz des Kreises im Vakuum  $f_0 = 1$  kHz beträgt und sich davon in Luft um 0,3 Hz unterscheidet.
- b) Sowohl  $f_0$  als auch  $f_L$  sind fehlerbehaftete Messgrößen und beide Messfehler wirken sich auf die Genauigkeit des Ergebnisses aus, denn die relative Permittivität der Luft ist letztlich eine Funktion der beiden Messgrößen  $\varepsilon_L = \varepsilon_L(f_0, f_L)$ .

Berechnen Sie das Fehlerintervall  $\Delta\varepsilon_L$  in dem Sie  $\varepsilon_L$  zunächst nach  $f_0$  ableiten (dabei behandeln Sie  $f_L$  wie eine Konstante). Anschließend leiten Sie  $\varepsilon_L$  nach  $f_L$  ab (dabei behandeln Sie  $f_0$  wie eine Konstante). Das Fehlerintervall erhalten Sie dann nach der Formel

$$\Delta\varepsilon_L = \left| \frac{\partial \varepsilon_L}{\partial f_0} \right| \cdot \Delta f_0 + \left| \frac{\partial \varepsilon_L}{\partial f_L} \right| \cdot \Delta f_L$$

$\left| \frac{\partial \varepsilon_L}{\partial f_0} \right|$  steht für den Betrag der Ableitung von  $\varepsilon_L$  nach  $f_0$  und  $\frac{\partial \varepsilon_L}{\partial f_L}$  für die Ableitung nach  $f_L$ . Beide Frequenzen wurden im Experiment mit der Genauigkeit  $\Delta f = 0,1$  Hz gemessen.