31. Physikolympiade
des Landes Thüringen
2021/2022

Klassenstufe 7

Aufgaben der 3. Runde

Viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben!

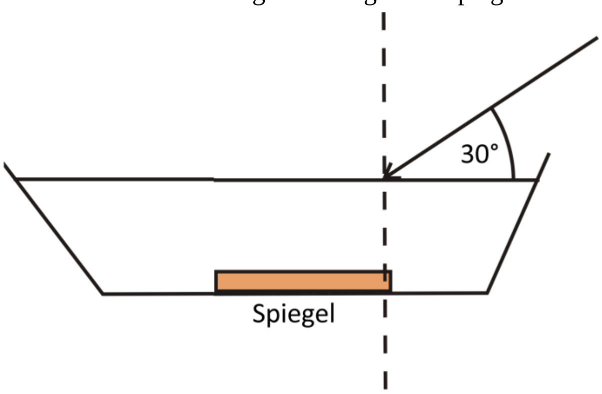
Aufgabe 31.3.07.01 „Spaziergänger (ohne Corona…)“ (12 BE)

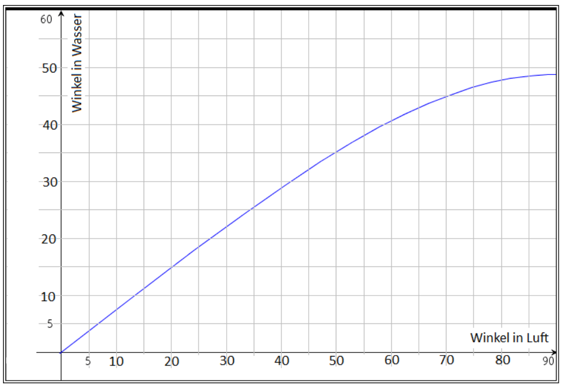
Tim und Tina haben einen gemeinsamen Schulweg und müssen dabei eine Station mit der S-Bahn von ihrem Heimatort Adorf zur Schule nach Bstadt fahren.
Der Lokführer misst auf den Anzeigen im Führerstand eine Streckenlänge von 7,4 km für die Strecke von A nach B. Die Durchschnittsgeschwindigkeit der Bahn beträgt $65\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Die durchgängig ablaufbare Strecke im Innern der Bahn ist 130 m lang.
Tim steigt gern hinten ein und läuft während der Fahrt mit gleichbleibender Geschwindigkeit zum vorderen Ende und anschließend wieder zurück. Er kommt genau dann hinten an, wenn der Zug in Bstadt ankommt.
Tina macht es umgekehrt – sie läuft vorn los und wendet hinten. Da sie nicht ganz so schnell wie Tim läuft, aber auch vorn ankommen will, wenn der Zug ankommt, wendet sie hinten am vorletzten Ausgang, der sich 12 m vom hinteren Ende befindet. Da der Zug gut gefüllt ist, kommt man nicht sehr schnell voran. Wir nehmen trotzdem eine gleichförmige Bewegung der beiden Spaziergänger an. Auch beim Zug nehmen wir vereinfachend eine konstante Geschwindigkeit über die gesamte Strecke an.

a) An welcher Position im Zug (gemessen vom vorderen Ende) treffen sich Tina und Tim zum ersten mal?
b) An welcher Position im Zug (gemessen vom vorderen Ende) treffen sich Tina und Tim zum zweiten mal?
c) An welchen Positionen (gemessen vom Bahnhof in Adorf) treffen sich Tim und Tina zum ersten und zum zweiten mal?

Aufgabe 31.3.07.02 „Spieglein, Spieglein… in der Wanne“ (8 BE)

Ein Lichtstrahl trifft unter einem Winkel von 30° auf eine Wasseroberfläche. Am Boden der Wasserwanne befindet sich ein zunächst waagerecht liegender Spiegel.





a) Konstruiere den Strahlenverlauf bis zum Austritt des Lichtstrahls aus dem Wasser. Nutze für die Lichtbrechung das nebenstehende Diagramm und beachte dabei, dass bei optischen Fragestellungen die Winkel immer gegenüber der Senkrechten im Auftreffpunkt des Strahls gemessen werden. Gib in Deiner Zeichnung die Winkelgrößen an (siehe Arbeitsblatt).
b) Um wie viel Grad und an welchem Ende muss man den Spiegel am Boden der Wanne drehen (also an einer Seite nach oben klappen), damit der Lichtstrahl das Wasser nicht mehr verlassen kann, wenn er auf die obere Wasserfläche trifft (weil der Brechungswinkel >90° sein müsste)?
In diesem Fall spricht man übrigens von „Totalreflexion“.

Aufgabe 31.3.07.03 „Ausgewogen“ (10 BE)

Tim und Tina haben gemeinsam Hausaufgaben gemacht. Als sie fertig sind zeigt Tim Tina sein neuestes Matchbox. Tina fragt sich, wie schwer wohl das Auto sein wird, doch leider ist die Küchenwaage defekt. Tim sucht ein paar Materialien zusammen: ein Lineal (30cm), ein Dreikantprisma und ein Wägestück (100g). Die Masse des Matchbox unterscheidet sich nicht sehr stark von der des Wägestückes.

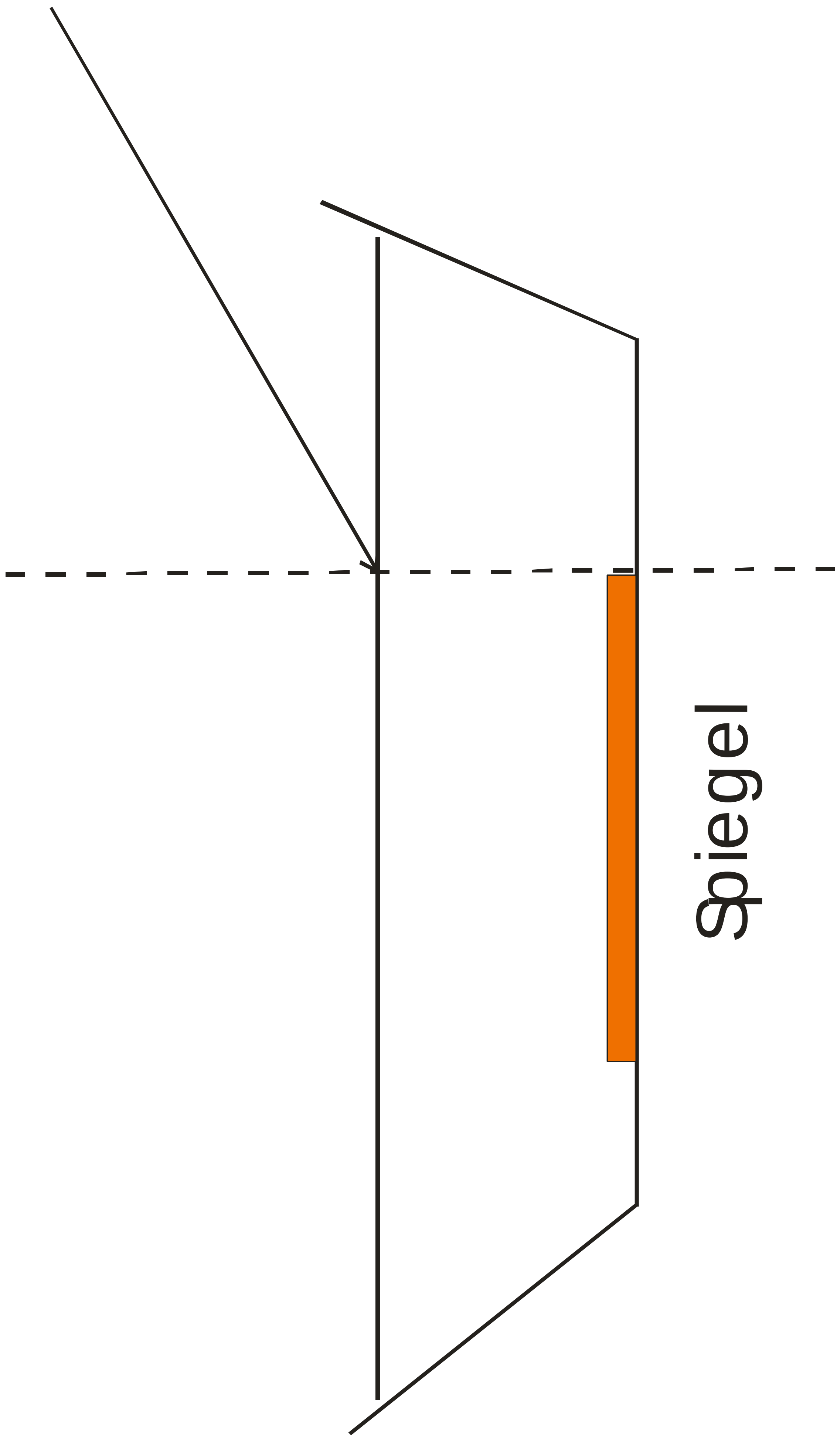
a) Beschreibe (Skizze) einen Versuchsaufbau um die Masse des Matchbox zu bestimmen!

b) Entwickle eine Gleichung, mit der die Masse des Körpers aus den zu messenden Größen berechnet werden kann!

Aufgabe 31.3.07.04 „Urlaub auf Sylt“ (10 BE)

a) Tim und Tina machen Urlaub auf Sylt. Es ist nicht besonders warm und sehr windig, deshalb beschließen Tim und Tina eine Radtour zu machen. In der Pause auf einer Düne beobachten sie, dass der Wind große Sandwolken aufwirbelt, jedoch auch sehr heftiger Wind nur wenige Wassertröpfchen vom Meer durch die Luft wirbelt. Wie kommt es zu diesen unterschiedlichen Beobachtungen, obwohl die Dichte von Sand etwa dreimal so groß wie die von Wasser ist?

b) Am späten Nachmittag sind Tim und Tina von der Radtour zurück und es hat angefangen zu regnen. Tim findet ein enges Glasröhrchen und taucht es in ein Glas mit Wasser. Erstaunt stellen die Kinder fest, dass das Wasser im Röhrchen ein Stück über die Wasseroberfläche steigt. Tina fragt sich nun, ob warmes Wasser höher als kaltes Wasser steigt. Gib Tina eine erklärende Antwort auf ihre Frage!


Spiegel

31. Physikolympiade des Landes Thüringen 2021/2022

Klassenstufe 8

Aufgaben der 3. Runde

Viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben!

Aufgabe 31.3.08.1 „Eintauchtiefe und Tragfähigkeit“ (10 BE)

Ein zylindrischer Becher mit der Masse 200 g, der Grundfläche 30 cm² und der Höhe 10 cm schwimmt in Wasser.

a) Wie tief sinkt der Becher ein?

b) Wie viel cm³ Sand können maximal in den Becher gefüllt werden, bevor er untergeht. $\left(\rho = 1{,}5\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}\right)$

Aufgabe 31.3.08.2 „Federspannung“ (10 BE)

Gegeben sind zwei Schraubenfedern. Die erste ist im unbelasteten Zustand 20 cm lang. Sie hat eine Federkonstante von $0{,}15\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{cm}}$ und eine Gewichtskraft von 0,25 N. Die zweite Feder ist im unbelasteten Zustand 35 cm lang, hat eine Federkonstante von $0{,}08\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{cm}}$ und eine Gewichtskraft von 0,20 N.

Die erste Feder hängt an einem Haken. An ihrem unteren Ende wird die zweite Feder befestigt.

a) Wie lang sind beide Federn zusammen, wenn nun noch an das Ende der zweiten Feder ein Körper gehängt wird, dessen Gewichtskraft 1N beträgt?

b) Welche Gesamtlänge ergibt sich, wenn die beiden Federn bei sonst gleichen Verhältnissen in umgekehrter Reihenfolge aneinandergehängt werden?

Aufgabe 31.3.08.3 „Metallwürfel“ (10 BE)

Zur Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität wird ein Metallwürfel von 200 g Masse in einem Wasserbad auf 100 °C erwärmt und anschließend in 500 ml Wasser von 15°C gebracht. Die Temperatur des Wassers steigt dabei auf 18 °C an.

a) Berechne den experimentell bestimmten Wert der spezifischen Wärmekapazität des Metallwürfels!

b) Um welches Metall könnte es ich dabei handeln?

c) Auf welche Art könnte man überprüfen, ob es sich wirklich um dieses Metall handelt?

Aufgabe 31.3.08.4 „Autofahrt“ (10 BE)

a) Ein PKW fährt im ersten Drittel seiner Fahrzeit mit $30\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. Dann macht er 10 Minuten Pause und fährt in der verbleibenden Zeit mit $60\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. Insgesamt ist er eine Stunde unterwegs.
Bestimme rechnerisch und grafisch die Durchschnittsgeschwindigkeit des Fahrzeugs!

b) Am Ende der Fahrt wird der Pkw mit einer Masse von 1,4 t an einem Hang abgestellt. Dieser hat einen Anstieg von 15 m auf 100 m.
Wie groß muss die Reibungskraft zwischen Reifen und Boden mindestens sein, damit das Auto sicher steht?

31. Physikolympiade des Landes Thüringen 2021/2022

Klassenstufe 9

Aufgaben der 3. Runde

Viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben!

Aufgabe 31.3.09.1 Lampen (10 BE)

a) Eine Lichterkette besteht aus 5 in Reihe geschalteten Glühlampen. Auf jeder Lampe steht 44V / 25W. Man ersetzt eine von ihnen durch eine neue, auf der 44V / 40W steht.
Was ist beim Betrieb der Lichterkette mit 220V Netzspannung im Vergleich zu vorher zu beobachten. Führe dazu eine rechnerische Betrachtung durch!
(Hinweis: ohne Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit des Widerstandes)

b) Es stehen ein Schalter und zwei Lampen mit der Aufschrift 220V / 75W und 220V / 15W zur Verfügung. Zeichne einen Schaltplan für diesen Stromkreis, so dass folgende Bedingung erfüllt ist: Bei geschlossenem Schalter leuchtet nur die 75W Lampe und bei geöffnetem Schalter nur die Lampe mit 15W.
Begründe deine Vorgehensweise!

Aufgabe 31.3.09.2 Trafo (10 BE)

Ein Transformator der stadteigenen Elektrizitätswerke ist nahezu ausschließlich aus m_E = 1,000t Eisen und m_K = 1,000t Kupfer aufgebaut und wird vollständig im Ölbad gekühlt. Berechne den Füllstand des Öles bei 20 °C im würfelförmigen Stahlgehäuse der Innenkantenlänge l_0 = 0,800 m, damit bei der Betriebstemperatur von 60 °C noch mindestens 10% des Gehäusevolumens als Puffervolumen zur Verfügung steht.

Gegeben sind folgende Größen: $\alpha_{Stahl} = 0{,}000013 K^{-1}$, $\alpha_{Eisen} = 0{,}000012 K^{-1}$, $\alpha_{Kupfer} = 0{,}000016 K^{-1}$, $\gamma_{Öl} = 0{,}00096\ K^{-1}$, $\rho_{Eisen} = 7{,}860\ g/cm^3$, $\rho_{Kupfer} = 8{,}960\ g/cm^3$

Aufgabe 31.3.09.3 Kalte Getränke (10 BE)

Michael möchte 200 g Apfelsaft ($c_{Apfelsaft} = c_{Wasser}$) von 20°C mit Eiswürfeln von 0°C abkühlen. Dazu probiert er mehrere Fälle aus. (Der Energieaustausch mit der Umgebung und dem Glas bleiben unberücksichtigt.)

a) Er gibt 80 g Eis in das Glas Apfelsaft und stellt fest, dass das Eis nicht vollständig schmilzt. Berechne, wie viel Gramm Eis übrigbleiben.

b) Berechne die Mischungstemperatur, wenn Michael 25 g Eis in den Apfelsaft gibt.

c) Michael möchte eine Mischungstemperatur von 15°C erhalten. Berechne, wieviel Gramm Eis er in das Glas Apfelsaft geben muss.

Aufgabe 31.3.09.4 Digitalkamera (10 BE)

Mit einer Digitalkamera (Die Objektivbrennweite ist auf 50 mm eingestellt.) wird ein Radfahrer in 12 m Entfernung von der Seite fotografiert. Auf dem Display erkennt man, dass sich das Bild des Radfahrers während der Aufnahme bewegt hat. Die Unschärfe bestimmt man durch Auszählen der Pixel. Angenommen, der Pixelabstand auf dem Display sei 0,01 mm und die Kamera benötige für den Bildaufbau 0,004 s, so zählt man für die Bewegungsunschärfe des Radfahrers 12 Pixel.
Berechne die Geschwindigkeit des Radfahrers (in km/h) aus diesen Angaben.

31. Physikolympiade des Landes Thüringen 2021/2022

Klassenstufe 10

Aufgaben der 3. Runde

Viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben!

Aufgabe 31.3.10.1 „SchwEiswürfel“ (12 BE)

An einem Eiswürfel (0,00 °C, 10,0 cm Kantenlänge) wird unten mithilfe eines eingefrorenen Fadens (vernachlässigbar) ein 50,0-Gramm-Aluminiumgewicht gehängt.

a) Weisen Sie nach, dass die Anordnung in Wasser schwimmt!

b) Durch die Umgebung werden dem Eiswürfel $45{,}0\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{min}}$ zugeführt. Berechnen Sie, nach welcher Zeit die Anordnung zu sinken beginnt.

Aufgabe 31.3.10.2 „Robin Wood“ (8 BE)

Robin Wood geht mit einer Zwille/Steinschleuder im Wald auf Jagd. Das Gummi seiner Zwille folge dem Hooke'schen Gesetz und habe eine „Gummihärte“ von $120\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$. Er hält die Zwille dabei in einer Höhe von 2,40 m und zieht das Gummiband zum Schießen 70 cm nach hinten bzw. unten. Als Geschosse dienen ihm 10 Gramm schwere Steinchen.

a) Berechnen Sie, mit welcher Geschwindigkeit ein Eichhörnchen auf einem fünf Meter hohen Ast getroffen wird, wenn Robin senkrecht nach oben schießt!

b) Berechne Sie die Startbeschleunigung des Steinchens beim Loslassen und beschreiben Sie alle realen Effekte, die nachfolgend Einfluss auf die Beschleunigung des Steinchens haben und wie diese sich auswirken.

Tatsächlich wollte er das Eichhörnchen nur verjagen, damit es nicht immer seine Erdnüsse stiehlt und verfehlt es daher absichtlich knapp. Somit kamen für diese Aufgabe weder Menschen noch Tiere zu Schaden.

Aufgabe 31.3.10.3 „Triohm“ (10 BE)

Von drei elektrischen Widerständen R_1, R_2 und R_3 weiß man, dass das Verhältnis von R_2 zu R_1 genauso groß ist wie das von R_3 zu R_2. Mit diesen Widerständen wurden sämtliche Schaltungen aufgebaut, die durch Kombination der drei Widerstände möglich waren. Die Spannung des genutzten Akkus betrug in allen Versuchen 9,8 V. Mit einem Leistungsmessgerät wurde die elektrische Gesamtleistung gemessen. Die ermittelten Werte reichten dabei von 0,980 W bis 12,005 W.

Berechnen Sie die Größe der drei Widerstände.

Die Aufgabe 31.3.10.4 befindet sich auf der nächsten Seite.

Aufgabe 31.3.10.4 „Kennerblick“ (10 BE)

Ein Optiker möchte die Länge seines rechteckigen Wohnzimmers vermessen. Leider hat er als Messgerät nur ein 30 cm langes Lineal zur Verfügung. Mehrfaches Anlegen hintereinander kommt für ihn aus Genauigkeitsgründen aber nicht in Betracht.
Er verfolgt einen anderen Plan: Sein 1cm dickes Smartphone stellt er aufrecht an eine Wand auf den Fußboden. Am Display stellt er ein sehr helles, 12 cm hohes Bild ein. Er nimmt seine Brille, deckt eine der Linsen mit einem Tuch ab und legt sie aufgeklappt auf einen kleinen Bücherstapel vor das Display. Im abgedunkelten Raum wird so das Display durch das freie Brillenglas auf die gegenüberliegende, weiß tapezierte Wand projiziert. Die optische Achse verlaufe dabei senkrecht zur Linsenebene und den beiden Wänden. Nachdem er die Entfernung der Brille zur Wand etwas angepasst hat, sieht er an der Tapete ein 6,0 cm hohes, scharfes Bild.
Nun stellt er vor die Tapete einen weißen, quaderförmigen Karton, sodass die Projektionsfläche für das Bild 27,5 cm näher zum Smartphone hingerückt ist. Nachdem die Position der Brille erneut eingestellt wurde, sieht er an der Kartonfläche ein 7,5 cm hohes, scharfes Bild.
Berechnen Sie die Länge *L* des Wohnzimmers und den Brechwert *D* (Brechkraft) des Brillenglases in der Einheit Dioptrie. (dpt)

HINWEIS: Das Brillenglas kann für Berechnungen als dünne Linse betrachtet werden.

31. Physikolympiade des Landes Thüringen 2021/2022

Klassenstufe 11

Aufgaben der 3. Runde

Viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben!

Aufgabe 31.3.11.1 „Ballistische Knete" (10 BE)

Bei einem Ballistikversuch in einem Labor wird eine sehr harte Kugel mittels einer Federpistole senkrecht auf die ebene Oberfläche einer Knetmasse geschossen. Der Abschuss geschieht horizontal und Gravitationskräfte können vernachlässigt werden. Die Kugel hinterlässt in der Knete eine kreisförmige Delle vom Durchmesser $d_k = 14$ mm.

Die verwendete Feder mit der Federkonstante $k = 1826\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$ wird vor dem Abschuss um $\Delta s = 13$ cm gestaucht.

Die verwendete Kugel hat den Durchmesser $d = 22$ mm und die Masse $m = 40$ g.

Berechnen Sie aus diesen Angaben … :

a) die als konstant angenommene Anfangsgeschwindigkeit der Kugel!
b) den Bremsweg der Kugel beim Auftreffen auf die Knete! (Kontrollergebnis: $s = 2{,}51$ mm)
c) die Bremsbeschleunigung der Kugel!
d) die Kraft, mit der die Kugel von der Knete gebremst wird!
e) die Dauer des Bremsvorgangs beim Aufprall auf die Knete in Millisekunden (ms)!

Aufgabe 31.3.11.2 „Kabeltrommel-Opa" (10 BE)

Eine Demse! Die Lufttemperatur beträgt heute $\vartheta_0 = 32$°C. Opa Egon will für eine kurze Zeit $t = 10$ min an einer uralten Kabeltrommel eine Maschine der elektrischen Leistung $P = 1100$ W an der Netzspannung $U = 230$ V betreiben und ist zu faul, das Kabel abzurollen.

Dies wird sich für ihn noch als schwerer Fehler erweisen!

Auf der alten Kabeltrommel sind $l = 50$ m Kabel aufgewickelt. Das alte Kabel ist zweiadrig (also ohne Schutzleiter) und der Draht besteht aus Kupfer (Cu). Jede der beiden Adern hat den Querschnitt $A_D = 0{,}75$ mm².

Berechnen Sie, auf welche Temperatur sich das aufgewickelte Kabel erhitzt!

Hinweise: Die Wärmeabgabe an die Umwelt oder an die Gummiummantelung des Kabels wird vernachlässigt. Der Spannungsabfall im Draht ist sehr klein gegenüber der Netzspannung.

Aufgabe 31.3.11.3 „Entscheidungstiefe" (10 BE)

Ein alter, dickwandiger, $H_{ges} = 10{,}0$ cm hoher Messzylinder mit einem Fassungsvermögen von $V_i = 100$ ml aus Glas ($m_G = 100$ g ; $\rho_G = 2{,}50$ g/cm^3) wird mit der Öffnung nach unten in Wasser gedrückt.

In welcher Tiefe x (vom unteren Rand gemessen) würde er gerade schweben?

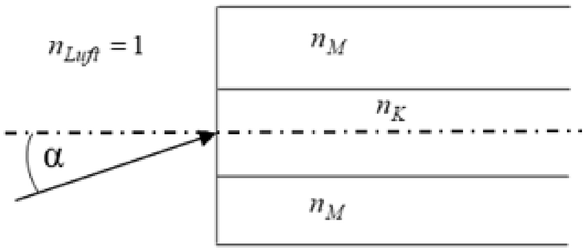
Erklären Sie zunächst, warum er schweben könnte und was passiert, wenn der Zylinder noch weiter nach unten gedrückt würde!

Leiten Sie dann eine Gleichung zur Berechnung der Größe x in Abhängigkeit von V_i , m_G und ρ_G her!

Hinweise: äußerer Luftdruck $p_0 = 100$ kPa, $T_{Luft} = T_{Wasser}$ = konstant, Masse der eingeschlossenen Luft vernachlässigbar, Zustandsgleichung des idealen Gases ist gültig)

Die Aufgabe 31.3.11.4 findest Du auf der Rückseite.

Aufgabe 31.3.11.4 „Schnelles Internet“ (10 BE)



Die schnellstmögliche Datenübertragung, wie sie zum Beispiel für das Internet genutzt wird, erfolgt heutzutage durch Lichtwellenleiter (Glasfaserkabel). Diese Technologie beruht auf dem Prinzip der Totalreflexion, bei dem Licht, dass unter bestimmten Winkeln auf eine Grenzfläche trifft, vollständig reflektiert und nichtmehr gebrochen wird. In der Industrie werden verschiedene Arten von Lichtwellenleitern gefertigt. Eine Stufenindexfaser besteht aus einem runden Glaskern mit der Brechzahl n_K und einem Glasmantel mit der Brechzahl n_M.

c) Geben Sie begründet an, welchen Wert der Quotient $\frac{n_M}{n_K}$ nicht überschreiten darf, wenn das Lichtsignal vollständig im Glaskern und nicht im Mantel geleitet werden soll. Begründen Sie die Notwendigkeit für diesen Sachverhalt.

Die numerische Apertur *NA* ist ein Maß für die in den Lichtwellenleiter eingekoppelte Lichtleistung. Sie berechnet sich als Sinus des größtmöglichen Einkopplungswinkels eines Lichtstrahls zur Faserachse:

$$NA = \sin(\alpha_{max})$$

d) Die numerische Apertur NA lässt sich als Funktion der Kern- und Mantelbrechzahlen darstellen. Es gilt $NA = \sqrt{n_K^2 - n_M^2}$. Leiten Sie diese Formel her.

e) Stellen Sie den Strahlenverlauf im Lichtwellenleiter mit $n_M = 1{,}56$ und $n_K = 1{,}65$ für die beiden Fälle $\alpha \leq \alpha_{\max}$ und $\alpha > \alpha_{\max}$ zeichnerisch dar.

31. Physikolympiade des Landes Thüringen 2021/2022

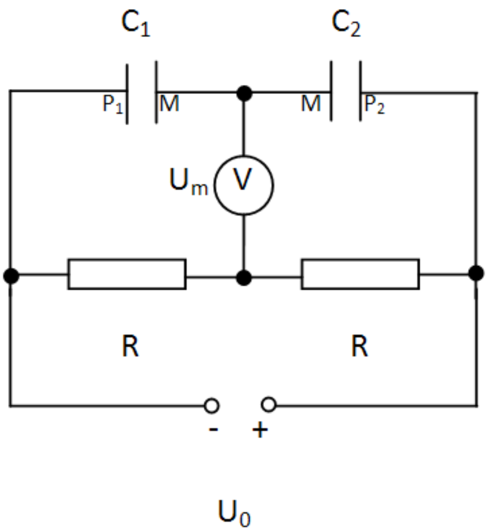
Klassenstufe 12

Aufgaben der 3. Runde

Viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben!

Aufgabe 31.3.12.1 „Kapazitiver Beschleunigungssensor“ (9 BE)

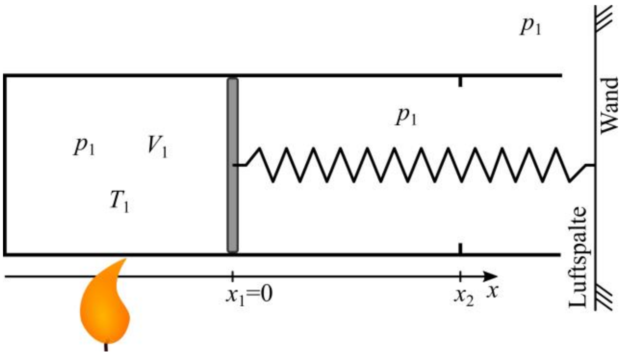
Vereinfacht dargestellt ist das Herzstück des Beschleunigungssensors wie ein normaler Kondensator mit zwei Platten P_1 und P_2 der Fläche A und dem Abstand d aufgebaut. Zwischen den Kondensatorplatten befindet sich eine weitere Platte, die an zwei Federn aufgehängt ist. Die mittlere Platte M teilt den Kondensator in zwei Kondensatoren mit den zunächst gleichen Kapazitäten C_1 und C_2. Wird der Sensor beschleunigt, wirkt auf Grund der Trägheit auf die Platte M eine Kraft. Dadurch wird sie gegenüber den anderen beiden Platten so weit verschoben, bis die Federkraft so groß wie die durch die Trägheit erzeugte Kraft ist.
Die Abbildung zeigt den Sensor mit einer äußeren Beschaltung. Die beiden ohmschen Widerstände sind gleich groß.



Zeigen Sie, dass die gemessene Spannung U_m proportional zur Beschleunigung a ist.

Aufgabe 31.3.12.2 „Stickstoff unter Druck“ (12 BE)

In einem Kolben mit kreisförmiger Querschnittsfläche A (Durchmesser 10 cm) befindet sich Stickstoff bei Raumtemperatur (T_1 = 293 K) und Luftdruck (p_1 = 1 bar). Das Volumen V_1 beträgt 1 L. Der Kolben ist über eine Feder an der Wand befestigt. Die Federkonstante ist k = 3100 N/m. In der Position x_1 ist die Feder in ihrer Gleichgewichtslage. Am rechten Ende des Kolbens sind Luftspalte, so dass im Bereich um die Feder immer der Außendruck p_1 herrscht.
Dem Gas im Kolben wird Wärme (Q_{12}) zugeführt. Dadurch vergrößert sich das Volumen auf $V_2 = 2 \cdot V_1$ und Druck sowie Temperatur steigen auf p_2 und T_2.



a) Geben Sie die Gleichungen $p(x)$ für den Druck des Gases in Abhängigkeit der Kolbenposition und $p(V)$ für den Druck des Gases in Abhängigkeit des Volumens an. Berechnen Sie p_2 und T_2.

b) Stellen Sie die Expansion des Gases in einem $p(V)$-Diagramm dar. Berechnen Sie die Volumenarbeit über $W = -\int p \cdot \mathrm{d}V = -\int p \cdot A \cdot \mathrm{d}x$ und zeigen Sie, dass der Betrag der Arbeit der Fläche unter der $p(V)$-Kurve entspricht.

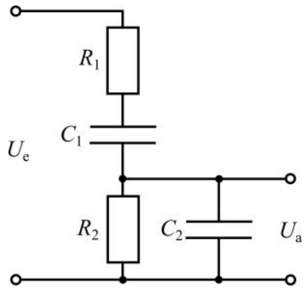
Mit Hilfe eines Kreisprozesses kann man die zugeführte Wärme Q_{12} berechnen. In einer zweiten Zustandsänderung wird der Kolben in der Position x_2 arretiert und das Gas kühlt isochor auf die Umgebungstemperatur $T_3 = T_1$ ab. Der Druck sinkt auf p_3. Im Anschluss wird die Arretierung gelöst und die Feder schiebt den Kolben zurück in die Ausgangsposition x_1. Bei dieser isothermen Kompression steigt der Druck wieder auf p_1.

c) Berechnen Sie alle fehlenden Angaben und stellen Sie den Kreisprozess in einem $p(V)$-Diagramm dar.

d) Berechnen Sie die Wärme Q_{12} mit Hilfe des Kreisprozesses.

Aufgabe 31.3.12.3 „Bandpass“ (10 BE)

Um eine Musikanlage dem persönlichen Hörempfinden anzupassen, kann man mit Hilfe von Hochpass, Tiefpass und Bandpass den jeweiligen Lautsprechern die entsprechenden Frequenzen zuführen.
Zeigen Sie durch eine entsprechende Rechnung, dass der gegebene Bandpass bei einer Frequenz von $f = \frac{1}{2\pi RC}$ ein maximales Übertragungsverhalten von Ausgangsspannung U_a zur Eingangsspannung U_e liefert.



Fassen Sie zur Berechnung der Schaltung R_1 und C_1 zu Z_1 und R_2 und C_2 zu Z_2 zusammen. Der Gesamtwiderstand ist dann die Reihenschaltung aus Z_1 und Z_2.
Es gilt: $R_1 = R_2 = R$, $C_1 = C_2 = C$.

Aufgabe 31.3.12.4 „Wie alt ist der Mond?“ (9 BE)

Im Februar 1971 landete die Amerikaner mit der Apollo 14 Mission erneut auf dem Mond. Dort sammelten die Astronauten auch Gesteinsproben ein und brachten sie mit zurück zur Erde. Erst vor wenigen Jahren wurde das Alter, der in den Proben enthaltenen Zirkone, mit Hilfe der Uran-Blei-Methode akkurat bestimmt. Die Uran-Blei-Methode basiert auf den Zerfallsreihen von ^{238}U zur ^{206}Pb sowie von ^{235}U zu ^{207}Pb.

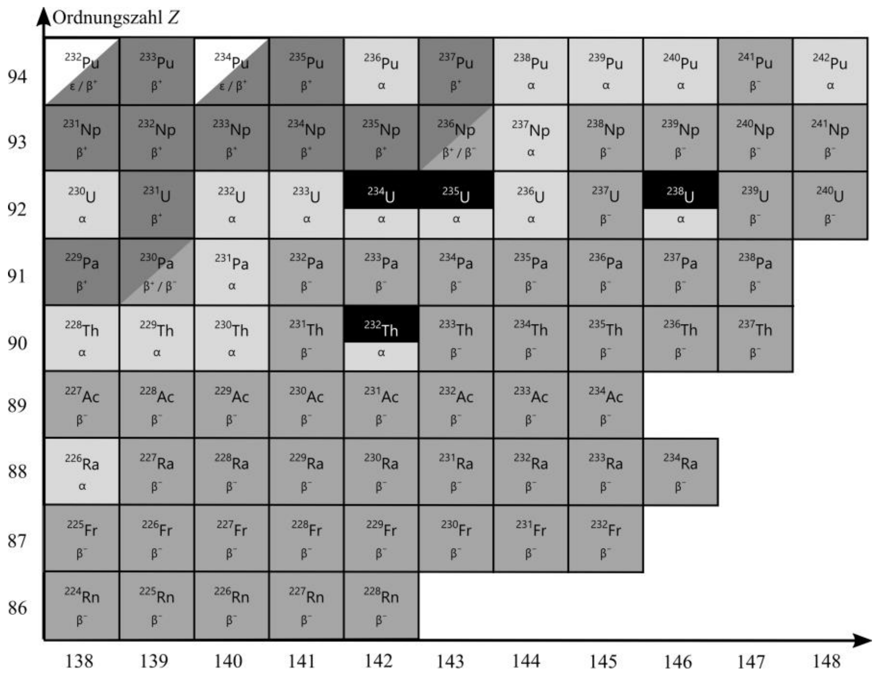
Die Halbwertszeiten der beiden Uran-Isotope sind jeweils um mehrere Größenordnungen höher als alle anderen Halbwertszeiten der Zerfallsreihe zusammen. Für die Umwandlung von Uran zu Blei ist demnach nur die erste Halbwertszeit der Reihe relevant. Weiterhin nimmt man an, dass die Probe ursprünglich kein Blei enthalten hat und somit, dass alle gefundenen Bleiatome aus dem radioaktiven Zerfall von Uran stammen. Diese Annahme lässt sich in der Praxis prüfen, in dem man schaut, ob die Probe auch ^{204}Pb-Isotope enthält. Ist dies der Fall, muss die Probe bereits zu Beginn Blei enthalten haben, denn es gibt keine natürliche Zerfallsreihe, die bei ^{204}Pb endet. Ist die Annahme erfüllt, misst man die Verhältnisse $\frac{N_{\mathrm{Pb207}}(t)}{N_{\mathrm{U235}}(t)}$ sowie $\frac{N_{\mathrm{Pb206}}(t)}{N_{\mathrm{U238}}(t)}$ und kann aus jedem das Alter der Gesteinsprobe – und damit des Monds – berechnen!

a) Geben Sie die ersten beiden Zerfallsgleichungen der Zerfallsreihe von ^{235}U an.

b) Leiten Sie eine Gleichung zur Berechnung des Gesteinsalters aus dem Verhältnis $\frac{N_{\mathrm{Pb207}}(t)}{N_{\mathrm{U235}}(t)}$ her.

c) Melanie Barboni[1] et al. haben für einen der untersuchten Zirkone das Verhältnis $\frac{N_{\mathrm{Pb207}}(t)}{N_{\mathrm{U235}}(t)} = 63{,}50$ gemessen. Uran-235 hat die Halbwertszeit $t_{1/2} = 7{,}038 \cdot 10^8$ a. Berechnen Sie das Alter des Mondgesteins.

d) Das gemessene Verhältnis hat einen relativen Fehler von $\pm 3{,}65\%$. Berechnen Sie daraus das Fehlerintervall des Alters.



[1]M. Barboni et al.: Early formation of the Moon 4.51 billion years ago. SCIENCE ADVANCES **3** (2017)