Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Schweizerische Maturitätskommission SMK

Schweizerische Maturitätsprüfung Zürich und Basel, Winter 2020

Physik, Grundlagenfach

Kand.-Nr.:	Erreichte Punktzahl: ....
Name, Vorname:	Note: ....
	Visum Korrigierende(r): ....

Fach:	**Physik, Grundlagenfach**
Dauer:	**80 Minuten**
Zugelassene Hilfsmittel:	Formelsammlung, Periodensystem und Taschenrechner gemäss Vorgaben Schweizerische Maturitätskommission SMK
Maximale Punktzahl:	65 Punkte
Autoren:	René Weiss, Christoph Meier

Hinweise:

Antworten, Lösungen und Resultate sind direkt auf die Aufgabenblätter zu schreiben. Bitte unterstreichen Sie jeweils Ihr Resultat. Sollten Sie mehr Platz als vorgesehen benötigen, ist dafür hinten eine leere Zusatzseite beigefügt. Machen Sie auf dem Aufgabenblatt unbedingt einen entsprechenden verbalen Hinweis. Eigene Zusatzblätter dürfen nicht verwendet werden.

Eine **formale** Lösung muss nur gegeben werden, wo dies ausdrücklich verlangt ist. Der Lösungsweg muss ersichtlich sein, ein Resultat ohne Herleitung ergibt keine Punkte. Das Resultat darf dann nur noch gegebene Grössen enthalten.

Bei den **numerischen** Lösungen muss der Rechenweg ebenfalls ersichtlich sein, auch wenn zur Berechnung ein Rechner verwendet wird – ein Resultat ohne Herleitung ergibt keine Punkte. Resultate müssen eine sinnvolle physikalische Einheit enthalten und eine sinnvolle Genauigkeit aufweisen (d. h. die richtige Anzahl signifikanter Stellen). Für die Fallbeschleunigung g dürfen Sie 10 m/s^2 verwenden.

Verbale Antworten sollen in klaren Sätzen in korrektem Deutsch gegeben werden.

Bemühen Sie sich in Ihrem eigenen Interesse um eine klare Darstellung und leserliche Schrift – Unleserliches und Unverständliches ergibt keine Punkte.

Die Serie umfasst 7 Aufgaben, das Punktemaximum beträgt 65 Punkte.
Zur Erreichung der Note 6 ist nicht die volle Punktzahl erforderlich.

Aufgabe 1 (11 Punkte)

Beim Start eines Bobrennens wird ein **Bob** von Fahrer und Beifahrer aus dem Stillstand angestossen. Der Bob mit Masse 0.18 t wird dabei mit 3.2 m/s^2 beschleunigt.

a) Wie gross ist seine Geschwindigkeit nach 15 m Weg?

a1) formal

$$v^2 = 2as + (v_0^2)$$

$$\underline{v = \sqrt{2as}}$$

1 P.

a2) numerisch

$$\underline{v} = \sqrt{2 \cdot 3{,}2\,\frac{m}{s^2} \cdot 15\,m} = \underline{9{,}8\,\frac{m}{s}}$$

1 P.

b) Wie lange dauert dieses Anschieben?

b1) formal

$$s = \frac{1}{2}at^2 \; (+v_0 t)$$

$$\underline{t = \sqrt{\frac{2s}{a}}}$$

1 P.

b2) numerisch

$$\underline{t} = \sqrt{\frac{2 \cdot 15\,m}{3{,}2\,\frac{m}{s^2}}} = \underline{3{,}1\,s}$$

1 P.

c) Welche Kraft ist nötig, um den Bob so zu beschleunigen (nur numerisch)?

$$\underline{F} = ma = 180\,kg \cdot 3{,}2\,\frac{m}{s^2} = 576\,N = \underline{0{,}58\,kN}$$

1 P.

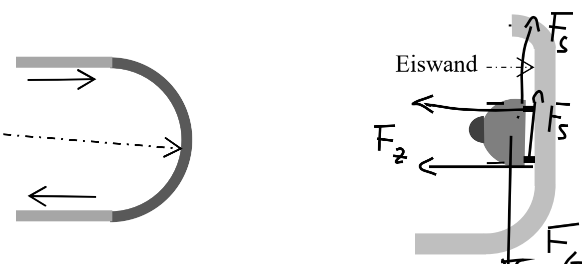
d) Das Anschieben erfolgt auf einer leicht abfallenden Eisspur. Auf den Bob wirkt deshalb eine hangabwärts gerichtete Kraft ("Hangabtriebskraft") von 40 N, gleichzeitig wirkt eine Gleitreibungskraft von 10 N. Wie gross ist die Kraft, mit der Fahrer und Beifahrer zusammen am Bob schieben müssen (nur numerisch, aber Überlegung begründen)? $F_{F,B}$

$$F = ma = F_H - F_R + F_{F,B}$$

$$\underline{F_{F,B}} = ma + F_R - F_H = 576\,N + 10\,N - 40\,N = \underline{546\,N}$$

2 P.

e) Auf seiner rasend schnellen Fahrt durch den Eiskanal durchfährt der Bob eine halbkreisförmige Kurve (*Figur 1a* zeigt die Kurve von oben gesehen). In dieser fährt er in gleich bleibender Höhe an einer senkrechten Eiswand (*Figur 1b* zeigt den Bob mit dem Fahrer von vorne gesehen).



a (von oben) *b (von vorne)*

Figur 1

e1) Zeichnen Sie in *Figur 1b* die Gewichtskraft des Bobs ein, beschriftet mit F_G (beachten Sie den Angriffspunkt).

1 P.

e2) Damit sich ein Körper auf einer kreisförmigen Bahn bewegt, muss eine Zentripetalkraft F_Z wirken. Welche Kraft erzeugt in dieser Situation die Zentripetalkraft? Beschreiben Sie diese Kraft verbal und zeichnen Sie sie in *Figur 1b* ein, beschriftet mit F_Z (beachten Sie den Angriffspunkt).

F_Z ist die Normalkraft, die von der Eiswand auf den Bob ausgeübt wird. Sie greift an den Kufen des Bobs an.

1.5 P.

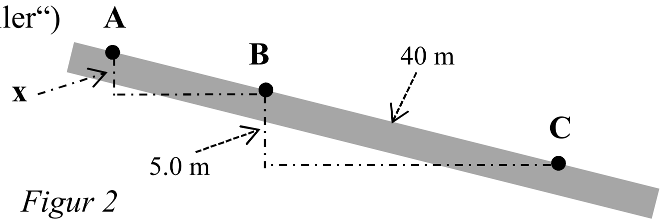
e3) Damit der Bob in gleich bleibender Höhe an der senkrechten Eiswand fahren kann, ist eine senkrechte Fraft F_s erforderlich. Beschreiben Sie diese Kraft verbal und zeichnen Sie sie in *Figur 1b* ein, beschriftet mit F_s (beachten Sie den Angriffspunkt). Wie gross ist F_s?

F_s ist so groß, wie F_G. Sie greift an den Kufen des Bob an.

1.5 P.

Aufgabe 2 (9 Punkte)

Chris steht mit seinem **Trottinett** ("Tretroller") auf einer abfallenden Strasse. Chris und sein Trottinett haben zusammen die Masse 24 kg.
Er stellt sich bei **A** auf das Trottinett und rollt die Strasse hinunter (*Figur 2*).



Figur 2

a) Im Punkt **B** beträgt seine Geschwindigkeit 5.3 m/s. Wie gross ist der Höhenunterschied **x** von **A** und **B**? Dabei nehmen wir an, dass auf der Strecke AB keine Reibungskraft wirkt. Diese Frage lässt sich mit Hilfe des Begriffs "Energie" beantworten.

a1) Beschreiben und begründen Sie Ihre diesbezüglichen Überlegungen.

Keine Reibung -> abgeschlossenes System -> Energieerhaltung
Energie in A gleich Energie in B. Umwandlung pot. E. in kin. Energie.

1 P.

a2) Berechnen Sie den Höhenunterschied formal.

$$E_A = E_B$$
$$m g x = \frac{1}{2} m v_B^2$$
$$\underline{x = \frac{v_B^2}{2g}}$$

2 P.

a3) Berechnen Sie den Höhenunterschied numerisch.

$$x = \frac{(5{,}3\,\frac{m}{s})^2}{20\,\frac{m}{s^2}} = 1{,}4\,m$$

1 P.

b) Chris möchte bei **C** anhalten (*Figur 2*). Deshalb betätigt er nach dem Passieren von **B** die Bremse. Als Folge wirkt auf der Strecke BC eine gleichbleibende Reibungskraft.
Wie gross muss diese Reibungskraft sein, damit er im Punkt **C** zum Stillstand kommt?

b1) Beschreiben und begründen Sie Ihre diesbezüglichen Überlegungen.

Differenz der mech. Energien wird in Reibungsarbeit, die gleich Kraft mal Weg ist.

2 P.

b2) Berechnen Sie die Reibungskraft formal.

$$E_B = E_C + W_R$$

$$W_R = \frac{1}{2} m v_B^2 + mgh - 0$$

$$F_R \cdot s = \;..$$

$$F_R = \frac{m v_B^2 + 2mgh}{2s}$$

2 P.

b3) Berechnen Sie die Reibungskraft numerisch.

$$F_R = 24\,kg \cdot \frac{(5{,}3\,\frac{m}{s})^2 + 2 \cdot 10\,\frac{m}{s^2} \cdot 5\,m}{80\,m}$$

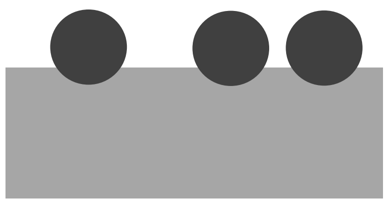
$$= 38\,N$$

1 P.

Aufgabe 3 (10 Punkte)

Die Aufgaben a) und b) sind voneinander unabhängig.

a) In einem **Swimmingpool** schwimmen Kunststoffkugeln. Sie haben je 13 dm^3 Volumen und ein Gewicht von 20 N (*Figur 3*).
Wie gross ist die Kraft, die nötig ist, um eine solche Kugel so ins Wasser zu drücken, dass ¾ ihres Volumens eingetaucht sind?



Figur 3

a1) Beschreiben und begründen Sie Ihre diesbezüglichen Überlegungen.

Kräftegleichgewicht: Gewicht Kugel + Kraft muss den Auftrieb kompensieren.

1 P.

a2) Berechnen Sie die nötige Kraft formal.

$$F_{tot} = 0 = F_A - F_G - F$$
$$F = F_A - F_G$$
$$\underline{F = \rho_W \cdot \frac{3}{4} V \cdot g - F_G}$$

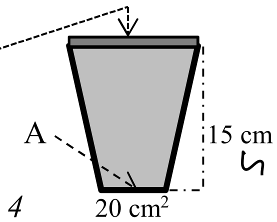
2 P.

a3) Berechnen Sie die nötige Kraft numerisch.

$$\underline{F} = 1\frac{kg}{dm^3} \cdot \frac{3}{4} \cdot 13\,dm^3 \cdot 10\frac{N}{kg} - 20\,N = \underline{78\,N}$$

1 P.

b) Ein 15 cm hoher **Kartonbecher** hat einen Boden mit der Fläche 20 cm^2. Er ist mit 4.0 dl eines Getränks gefüllt. Anschliessend wird er mit einem Deckel (Fläche 34 cm^2) verschlossen (*Figur 4*). D
Das Getränk hat die Dichte von Wasser.



Figur 4

b1) Wie gross ist der Flüssigkeitsdruck des Getränks im Punkt A?

b11) formal

$$\underline{p_s = \rho_W \cdot g \cdot h}$$

1 P.

b12) numerisch

$$\underline{p_s} = 1\frac{kg}{dm^3} \cdot 10\frac{N}{kg} \cdot 1.5\,dm = 15\frac{N}{dm^2} = 1500\frac{N}{m^2} = \underline{1.5\,kPa}$$

1 P.

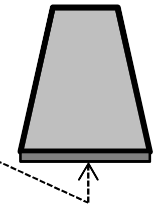
b2) Wie gross ist die Kraft, die durch das Getränk auf den Boden des Bechers ausgeübt wird (nur numerisch, aber Rechnung begründen)?

$$\underline{F} = p_s \cdot A = 15\frac{N}{dm^2} \cdot 20\,cm^2 = \underline{3.0\,N}$$

Weniger als Gewicht (4N) der Flüssigkeit (Wände halten Teil des Gewichts)

2 P.

b3) Nun wird der Becher vorsichtig umgedreht (*Figur 5*). Wie gross ist die Kraft, die vom Getränk in dieser Lage auf den Deckel ausgeübt wird (nur numerisch, aber Rechnung begründen)?



Figur 5

$\underline{F} = p_c \cdot D = 0{,}15 \frac{N}{cm^2} \cdot 34\,cm^2$

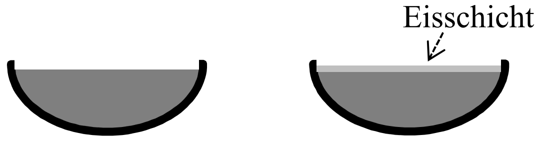
$= \underline{5{,}1\,N}$

Mehr als Gewicht der Flüssigkeit (Reaktion der Wände auf Druck von Innen)

2 P.

Aufgabe 4 (10 Punkte)

Eine Metallschale, die 9.0 kg Wasser von 5.0 °C enthält, steht im Freien (*Figur 6 a*). Nach einigen kalten Tagen ist ein Teil des Wassers gefroren und hat eine **Eisschicht** von 0.60 kg gebildet (*Figur 6 b*).



Figur 6

a) Begründen Sie, wieso die Temperaturen von Eis und Wasser in *Figur 6b* je 0 °C betragen.

0°C ist der Gefrierpunkt von Wasser. Bevor nicht das ganze Wasser 0°C hat, kann kein Phasenübergang eintreten.

1 P.

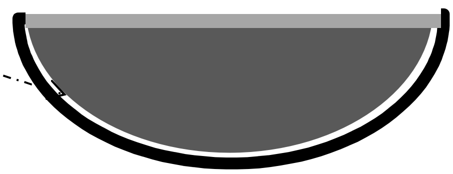
b) Wie gross ist die Wärmemenge, die dem Wasser in *Figur 6* beim Übergang von Zustand *a* zu Zustand *b* entzogen wurde (nur numerisch, aber Rechnung stichwortartig begründen)?

$\underline{\Delta Q} = c_w m \cdot \Delta T + L_s m$ (Abkühlung, Phasenänderung)

$= 4182 \frac{J}{kg\,K} \cdot 9\,kg \cdot 5\,K + 3.338 \cdot 10^5 \frac{J}{kg}\, 0{,}6\,kg = \underline{3{,}9 \cdot 10^5\,J}$

3 P.

c) Nach einer kalten Nacht hat sich an der Innenseite der Metallschale eine dünne Eisschicht gebildet (*Figur 7*).
Wieso hat sich diese Eisschicht nur an der Metallschale und nicht anderswo (z. B. unten am schon vorhandenen Eis) gebildet?



Figur 7

Begründen Sie Ihre Antwort und nennen Sie die Art der Wärmeübertragung, die dabei die entscheidende Rolle spielt.

Die Eisschicht ist kein guter Wärmeleiter, anders als das Metall, das Wärme sehr gut leitet. So verliert die Schale am meisten Wärme über das Metall.

2 P.

d) Bei der Bildung der bei Aufgabe c) erwähnten Eisschicht wurden 80 g Wasser zu Eis. Um wie viel veränderte sich dabei das Volumen (nur numerisch)? Verwenden Sie für die Dichte von Eis den Wert 0.92 g/cm^3.

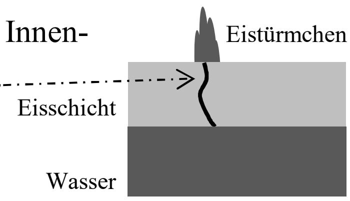
$$\underline{\Delta V} = V_w - V_E = \frac{m}{\rho_w} - \frac{m}{\rho_E} = 80g\left(\frac{1}{1\frac{g}{}} - \frac{1}{0{,}92\frac{g}{}}\right)$$

$$\underline{= -7{,}0\,cm^3}$$

$$\underline{\frac{V_E}{V_w}} = \frac{\rho_w}{\rho_E} = \underline{1{,}1}$$

2 P.

e) Falls die Eisschicht an der Wasseroberfläche in *Figur 6 b* an der Innenwand der Metallschale angefroren ist und kleine Risse oder Löcher aufweist, beobachtet man das folgende Phänomen: Nach der kalten Nacht gibt es auf der Eisschicht sogenannte "Eistürmchen" (*Figur 8*). Erklären Sie deren Zustandekommen (unter Verwendung von Aufgabe d)).



Figur 8

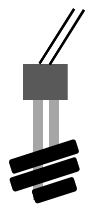
Während das Wasser langsam durch den Riss sickert fängt es an der kalten Luft an zu gefrieren. Dabei dehnt es sich aus. Von unten schiesst Wasser nach und drückt die Eisschicht nach oben und türmt sie so auf.

2 P.

Aufgabe 5 (8 Punkte)

Damit Autofahrer bei einer Rast ein heisses Getränk zu sich nehmen können, gibt es **Reisetauchsieder** (*Figur 9*). Ein solcher enthält ein Heizelement mit einem Widerstand von 1.1 Ω, das an 12 V angeschlossen wird.

Figur 9



a) Wie gross ist der Strom, der dann fliesst (nur numerisch)?

$$U = R \cdot I$$

$$\underline{I} = \frac{U}{R} = \frac{12\,V}{1{,}1\,\Omega} = \underline{11\,A}$$

1 P.

b) Wie gross ist die erzeugte Leistung (nur numerisch)?

$$P = U\cdot I = \frac{U^2}{R} = \frac{(12V)^2}{1.1\Omega} = 0{,}13\,kW$$

1 P.

c) Das Heizelement enthält einen Draht von 0.20 mm^2 Querschnittsfläche und mit dem spezifischen Widerstand 0.50·10^{-6} Ωm. Wie lang ist der Draht?

c1) formal

$$R = \rho_e \cdot \frac{l}{A}$$

$$l = \frac{R\cdot A}{\rho_e}$$

1 P.

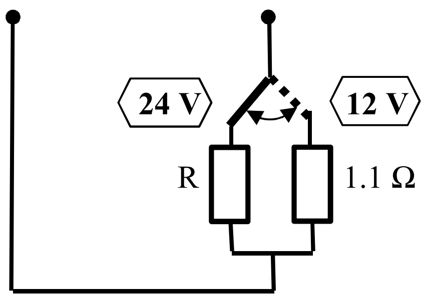
c2) numerisch

$$l = \frac{1.1\Omega \cdot 0{,}2\,mm^2}{0.5\cdot 10^{-6}\,\Omega m} = 44\,m$$

2 P.

d) In Lastwagen beträgt die Spannung 24 V.
Damit der Tauchsieder auch in diesen benutzt werden kann, ist er umschaltbar.
Figur 10 zeigt ein mögliches Schaltschema.

Figur 10



d1) In der Stellung ⟨24 V⟩ soll die gleiche Leistung produziert werden wie in der Stellung ⟨12 V⟩.
Beschreiben Sie, wie sich der Widerstand R leicht aus dem Wert 1.1 Ω der Stellung ⟨12 V⟩ bestimmen lässt und berechnen Sie R.

$$P_2 = P_1$$

$$\frac{U_2^2}{R_2} = \frac{U_1^2}{R_1}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2 = 4$$

$$R_2 = 4.4\,\Omega$$

2 P.

d2) Die Schaltung von *Figur 10* funktioniert, birgt aber eine Gefahr. Beschreiben Sie diese Gefahr und begründen Sie Ihre Aussage numerisch.

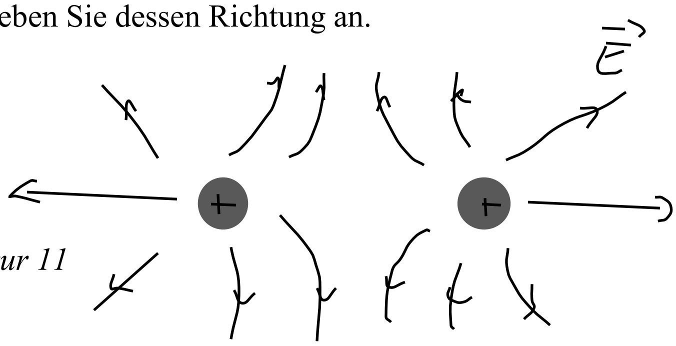
Man muss vor dem Einstecken umschalten. Steckt der Schalter auf '12V' und wird in 24V eingesteckt, so erhält man die 4-fache Leistung.

1 P.

Aufgabe 6 (8 Punkte)

Mit zwei gleich grossen **Metallkugeln** werden verschiedene Versuche durchgeführt.
Hinweis: Die Aufgaben a), b), c) und d) sind voneinander unabhängig.

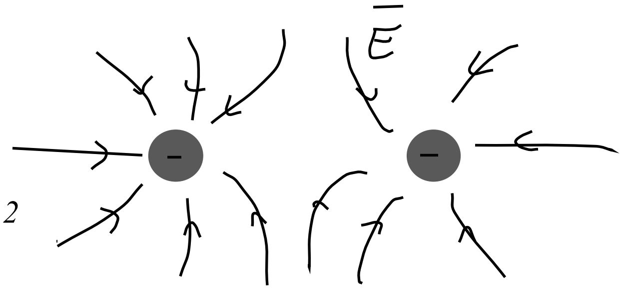
a) Beide Kugeln sind gleich stark positiv geladen. Skizzieren Sie in *Figur 11* das elektrische Feld und geben Sie dessen Richtung an.



Figur 11

2 P.

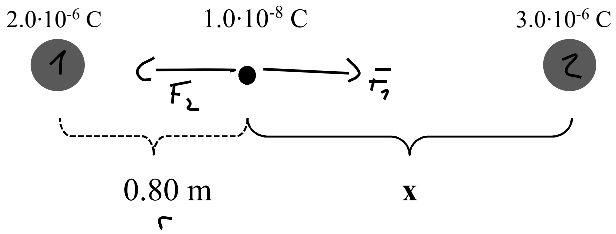
b) Wie Aufgabe a), wobei die beiden Kugeln jetzt <u>negativ</u> geladen sind (*Figur 12*).



Figur 12

1 P.

c) Die linke Kugel trägt die Ladung $Q_1 = 2.0\cdot10^{-6}$ C, die rechte Kugel die Ladung $Q_2 = 3.0\cdot10^{-6}$ C. Zwischen den Kugeln befindet sich die Ladung $q = 1.0\cdot10^{-8}$ C (*Figur 13*).



Figur 13

Wie gross muss der Abstand **x** sein, damit q in Bezug auf Q_1 und Q_2 im Gleichgewicht ist?

c1) formal

$$F_1 = F_2$$

$$k\frac{Q_1 q}{r^2} = k\frac{Q_2 q}{x^2}$$

$$x = \sqrt{\frac{Q_2}{Q_1}}\,r$$

2 P.

c2) numerisch

$$x = \sqrt{\frac{3}{2}}\cdot 0{,}8\,\text{m} = 0{,}98\,\text{m}$$

1 P.

d) Hinweis: Sie können diese Aufgabe lösen, ohne das Resultat von c) zu kennen, bzw. zu verwenden.
Wir verschieben in *Figur 13* die Ladung q ein wenig nach links.

d1) Beschreiben Sie verbal, wie sich dadurch die Kräfte ändern, die auf q wirken (mit Begründung).

Die Abstossung durch Q_1 wird grösser, | $F \sim \frac{1}{r^2}$
die " " Q_2 wird kleiner,
da die Ladungen gleich bleiben, aber die Abstände sich verändern. 1 P.

d2) Welche Auswirkung hat diese Veränderung der Kräfte (Antwort mit Begründung)?

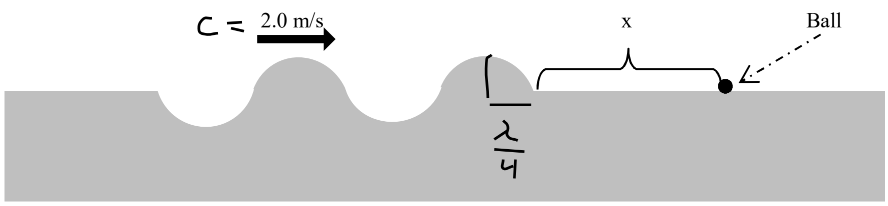
Die Kugel q wird in die Gleichgewichtslage zurück gedrückt: Stabiles Gleichgewicht.

1 P.

Aufgabe 7 (9 Punkte)

Die Aufgaben a) und b) sind voneinander unabhängig.

a)



Figur 14

An der Oberfläche eines Sees breitet sich eine **Welle** mit 2.0 m/s aus (*Figur 14*). Ihre Amplitude ist 15 cm, ihre Wellenlänge 3.2 m. Ein kleiner Ball schwimmt im Wasser.

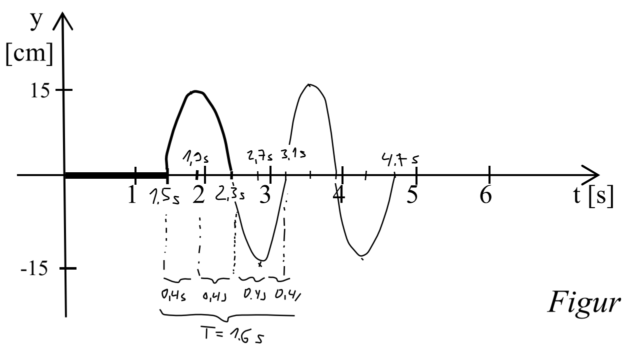
a1) Die Welle erreicht den Ball nach 1.5 s. Wie gross ist die Stecke x?

$c = \frac{x}{t} \Rightarrow \underline{x} = c \cdot t = 2\frac{m}{s} \cdot 1.5s = \underline{3.0m}$ 1 P.

a2) Beim Durchgang der Welle bewegt sich der Ball vertikal, d. h. er wird gehoben und gesenkt. Wir betrachten den zeitlichen Verlauf dieser Bewegung.

Die vertikale Achse in *Figur 15* stellt die Position y des Balls dar, bezogen auf die Seeoberfläche, wenn diese in Ruhe ist.

In *Figur 15* ist schon eingezeichnet, dass die Welle den Ball nach 1.5 s erreicht.



Figur 15

a21) Wir betrachten die Situation 0.40 s nach dem Zeitpunkt, an dem die Welle den Ball erreicht hat. Um welche Strecke hat sich die Welle in 0.40 s fortbewegt? Was ergibt sich daraus für die Position des Balls? Zeichnen Sie die Position des Balls in *Figur 15* ein und begründen Sie Ihre Lösung.

$s = c \cdot t = 0{,}8\,m = \frac{1}{4}\lambda \rightarrow$ max. Ausschlag

$0{,}4\,s = \frac{1}{4} T$

2 P.

a22) Wann befindet sich der Ball danach wieder bei y = 0 (d. h. auf der Höhe der Seeoberfläche, wenn diese in Ruhe ist)? Ergänzen Sie *Figur 15* entsprechend.

weitere 0,4 s (also insg. $\frac{1}{2}T$) später, bei $t = 2{,}3\,s$

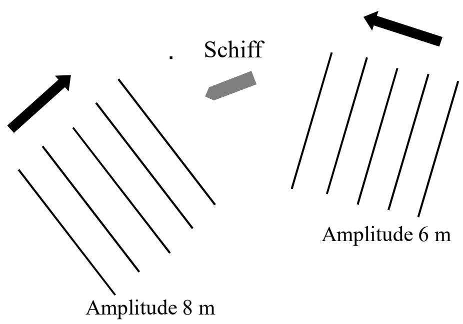
1 P.

a23) Skizzieren Sie in *Figur 15* den zeitlichen Verlauf der vertikalen Bewegung des Balls während des Durchgangs der Welle.

2 P.

b) Wegen heftiger Stürme stoppt ein grosses **Schiff** seine Fahrt auf dem Meer.

b1) Von zwei Seiten laufen Wellen auf das Schiff zu. *Figur 16* zeigt die Situation von oben gesehen, eingezeichnet sind die Wellenberge. Die Amplituden der Wellen sind 8 m, bzw. 6 m.
Um wieviel kann die Wasseroberfläche beim Schiff maximal steigen? Welche Bedingung muss dabei erfüllt sein?



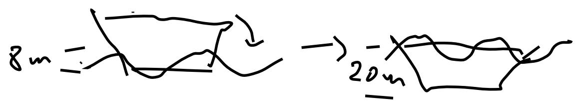
Figur 16

Superposition: 8m + 6m = 14m
Konstruktive Interferenz.
Zwei Wellenberge treffen gleichzeitig beim Schiff ein

1 P.

b2) Bei Stürmen mit Wellenhöhen von 8 m wurden an grossen Schiffen schon Schäden in über 20 m Höhe festgestellt (in Zeitungsberichten las man danach, das Schiff sei „von einer Monsterwelle getroffen" worden). Geben Sie dafür eine anschauliche Erklärung mit zwei bis drei Sätzen.

s.o. oder: Schiff ist träge, 'fällt' in Welle nach unten, taucht unter die Welle. Wellenberg höher als doppelte Amplitude



2 P.

Zusatzseite
Zusätzliche Notizen werden nur bewertet, wenn sie klar einer Aufgabe zugeordnet werden können – geben Sie deshalb unbedingt die Aufgabennummer und den Aufgabenteil an und machen Sie auf dem betreffenden Aufgabenblatt einen entsprechenden verbalen Hinweis.