



Schweizerische Maturitätsprüfung

Zürich und Pfäffikon SZ, Winter 2022

## Physik, Grundlagenfach

Kand.-Nr.:

Name, Vorname:

Erreichte Punktzahl:

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 beigelegt. 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  $10 \text{ m/s}^2$  verwenden.

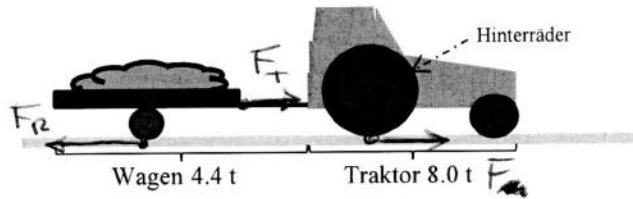
**Verbale** Antworten sollen in klaren Sätzen in korrektem Deutsch gegeben werden.

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)

Ein **Traktor**, bei dem die Hinterräder angetrieben sind, hat die Masse 8.0 t. An ihm ist ein beladener Wagen der Masse 4.4 t angehängt (Figur 1).



Figur 1

a) Beim Anfahren aus dem Stillstand wird nach 6.0 s die Geschwindigkeit 30 km/h erreicht. Wie gross ist dabei die Beschleunigung?

a1) formal

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v - v_0}{t} \quad | \quad v_0 = 0$$

$$a = \frac{v}{t}$$

1 P.

a2) numerisch

$$a = \frac{30 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{6 \text{ s}} = 1,4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

1 P.

b) Wie gross ist die dabei zurückgelegte Strecke?

b1) formal

$$s = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} v t$$

1 P.

b2) numerisch

$$s = \frac{1}{2} \cdot 30 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 6 \text{ s} = 25 \text{ m}$$

1 P.

*Hinweis: Falls Sie bei Aufgabe a) die Beschleunigung nicht berechnet haben, können Sie im Folgenden für a den Wert 1.8 m/s<sup>2</sup> verwenden. Machen Sie aber unbedingt einen entsprechenden Hinweis!*

c) Wenn der Wagen bewegt wird, wirkt auf ihn die Rollreibungskraft  $F_R$  der Grösse 3.6 kN. Zeichnen Sie diese Kraft in *Figur 1* gut sichtbar ein, beschriftet mit  $F_R$  (beachten Sie den Angriffspunkt).

1 P.

d) Wir betrachten die Kraft  $F_T$ , die der Traktor beim Beschleunigen auf den Wagen ausübt.

d1) Zeichnen Sie  $F_T$  in *Figur 1* gut sichtbar ein, beschriftet mit  $F_T$  (beachten Sie den Angriffspunkt).

1 P.

d2) Berechnen Sie die Grösse von  $F_T$  (nur numerisch, aber Rechnung begründen).

$$\begin{aligned} F_{\text{eff}} &= m_w a = F_T - F_R \\ F_T &= m_w a + F_R \\ &= 4,4 \text{ t} \cdot 1,4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 3,6 \text{ kN} \\ &= \underline{9,8 \text{ kN}} \end{aligned}$$

2 P.

e) Auf den Traktor muss eine Kraft wirken, damit er wie eingangs beschrieben beschleunigen kann.

e1) Um welche Kraft handelt es sich? Benennen Sie diese Kraft und zeichnen Sie sie in *Figur 1* gut sichtbar ein, beschriftet mit  $F$  (beachten Sie den Angriffspunkt).

Motorkraft  $F_m$

1 P.

e2) Wie gross ist diese Kraft  $F$  (nur numerisch, aber Rechnung begründen)?

$$F_{\text{eff}} = m_T a = F - F_T$$

$$F = m_T a + F_T$$

$$= 8t \cdot 1,4 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 9,8 \text{ kN} = \underline{21 \text{ kN}}$$

2 P.

### Aufgabe 2 (9 Punkte)

Hinweis: die Aufgabe c) ist unabhängig von a) und b).

Chris, ein Junge von 50 kg Masse, kommt von einer **Bootsfahrt** zurück. Am Ufer springt er aus dem stillstehenden Boot auf den Landungssteg hinüber (*Figur 2*), dabei bewegt er sich mit 1.2 m/s nach rechts.



*Figur 2*

a) Wie bewegt sich das Boot (Masse 90 kg) nach seinem Absprung?

Diese Frage lässt sich mit Hilfe des Begriffs "Impuls" beantworten.

a1) Beschreiben und begründen Sie Ihre Überlegungen.

Impulserhaltung: Summe (vektoriell) der Impulse von Boot und Junge sind vor und nach dem Sprung gleich.

1 P.

a2) Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Boots formal.

$$0 = m_J v_J + m_B v_B$$

$$v_B = - \frac{m_J}{m_B} v_J$$

1 P.

a3) Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Boots numerisch.

$$v_B = - \frac{50}{90} \cdot 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \underline{-0,67 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

1 P.

b) Wir betrachten die Grösse "Energie".

b1) Wie gross ist die gesamte Energie, nachdem Chris vom Boot abgesprungen ist (nur numerisch, aber Rechnung begründen)?

$$E = \frac{1}{2} m_J v_J^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2$$

$$= \frac{1}{2} 50 \text{ kg} \cdot \left(1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 + \frac{1}{2} 90 \text{ kg} \cdot \left(0,67 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = \underline{56 \text{ J}}$$

2 P.

b2) Erklären Sie an diesem Vorgang den „Erhaltungssatz der Energie in einem abgeschlossenen System“.

Die mech. Energie vor der Sprung war Null.  
Es ist also kein abgeschlossenes System.  
Arbeit (durch die Kunstler) wurde dem System  
zugeführt.

1 P.

c) Weil der Landungssteg nass ist, rutscht Chris 40 cm weit, bis er aus 1.2 m/s zum Stillstand kommt. Wie gross ist die dabei wirkende bremsende Kraft? Beantworten Sie diese Frage unter Verwendung des Begriffs "Energie".

c1) Beschreiben und begründen Sie Ihre Überlegungen.

kin. Energie wandelt sich in Reibungsarbeit um.  
Reibungsarbeit ist Reibungskraft mal Weg.

1 P.

c2) Berechnen Sie die bremsende Kraft formal.

$$\frac{1}{2} m v_f^2 = W_R = F_R \cdot s$$

$$F_R = \frac{m v_f^2}{2s}$$

1 P.

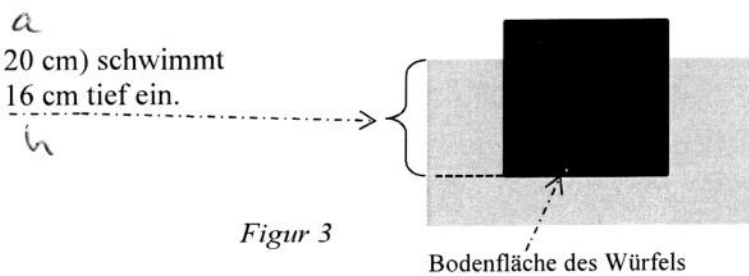
c3) Berechnen Sie die bremsende Kraft numerisch.

$$F_R = \frac{50 \text{ kg} \cdot (1.2 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0.4 \text{ m}} = 90 \text{ N}$$

1 P.

### Aufgabe 3 (10 Punkte)

Ein **Holzwürfel** (Kantenlänge  $a$ ) schwimmt in Wasser (Figur 3). Er taucht  $h$  tief ein.



Figur 3

Bodenfläche des Würfels

a) Wie gross ist der Wasserdruck an der Bodenfläche des Würfels?

a1) formal

$$p_s = \rho g h$$

1 P.

a2) numerisch

$$p_s = 0.016 \text{ bar}$$

1 P.

b) Wie gross ist das Gewicht des Würfels?

b1) Beschreiben und begründen Sie Ihre Überlegungen zur Lösung dieser Aufgabe.

$$a=0 \rightarrow F_{\text{eff}} = 0 = F_G - F_w$$

Kraft durch Wasserdruk auf den Würfeln ist gleich Gewicht.

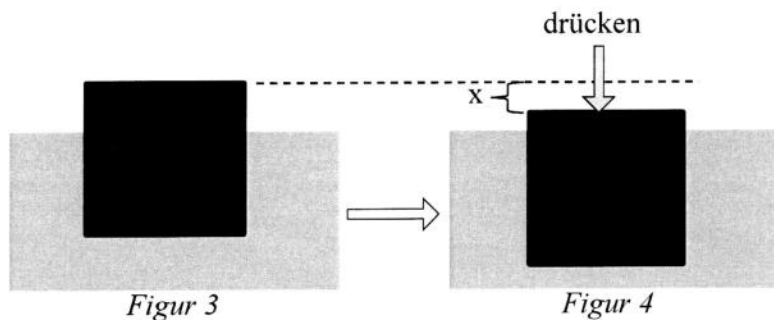
1 P.

b2) Berechnen Sie das Gewicht des Würfels numerisch.

$$F_G = \rho \cdot g \cdot V = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0.2 \text{ m})^3 = 64 \text{ N}$$

2 P.

c) Nun wird der Würfel um die Strecke x nach unten gedrückt (Figur 4).



c1) Um wieviel ändert sich dabei der Wasserdruck an der Bodenfläche des Würfels (formal)?

$$\Delta p_s = \rho \cdot g \cdot x$$

1 P.

c2) Wie gross ist die Kraft, die nötig ist, um den Würfel um die Strecke x nach unten zu drücken (formal)? Begründen Sie Ihre Überlegung.

Sie muss den höheren Druck abswinden, also

$$F = \Delta p_s \cdot A = \rho \cdot g \cdot x \cdot a^2$$

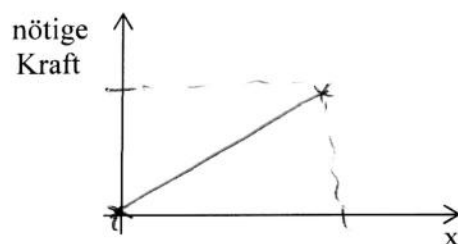
2 P.

c3) Stellen Sie den bei Aufgabe c2) gefundenen Zusammenhang in Figur 5 grafisch dar.

$$F = \rho \cdot g \cdot a^2 \cdot x$$

$$F = c \cdot x$$

Figur 5



1 P.

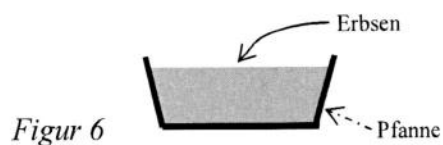
c4) Wieso kann man sagen, dass sich der Würfel beim Nach-Unten-Drücken wie eine Feder verhält?

Die Kraft ist proportional zur Strecke.

1 P.

**Aufgabe 4 (8 Punkte)**

Beim **Kochen** gibt Andrea 0.20 kg gefrorene Erbsen der Temperatur  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  in eine Pfanne mit 1.0 Liter Wasser von  $98\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Figur 6). Nach kurzer Zeit hat der gesamte Inhalt der Pfanne die Temperatur  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Figur 6

Vereinfachend behandeln wir im Folgenden die gefrorenen Erbsen als Eis.

a) Welche Wärmemenge ist nötig, um die 0.20 kg gefrorenen Erbsen (entsprechend 0.20 kg Eis) von  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  auf  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  zu erwärmen?

a1) formal  $T_E$   $T_w$   $T_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\Delta Q = c_E m_E (T_0 - T_E) + L_f m_E + c_w m_E (T_w - T_0)$$

2 P.

a2) numerisch

$$\Delta Q_E = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 0,2 \text{ kg} \cdot 18 \text{ K} + 3,338 \cdot 10^5 \cdot 0,2 \text{ kg} + 4181 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 0,2 \text{ kg} \cdot 60 \text{ K}$$

$$= 1,2 \cdot 10^5 \text{ J}$$

2 P.

b) Wie gross ist die Wärmemenge, die bei dem beschriebenen Vorgang von den 1.0 Liter  $98\text{ }^{\circ}\text{C}$  heissem Wasser in der Pfanne abgegeben wird (nur numerisch)?

$T_H$   $m_w = 1 \text{ kg}$

$$\Delta Q_w = c_w m_w (T_H - T_w)$$

$$= 4181 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 1 \text{ kg} \cdot 38 \text{ K} = 1,6 \cdot 10^5 \text{ J}$$

1 P.

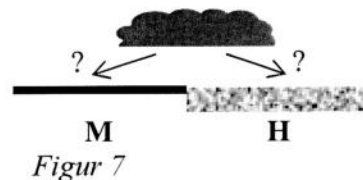
c) Wie gross ist die Wärmemenge, die bei dem beschriebenen Vorgang an die Umgebung (Pfanne, Luft etc.) abgegeben wird (nur numerisch, aber Rechnung begründen)?

$$\Delta Q_{\text{Umgebung}} = \Delta Q_w - \Delta Q_E = 0,40 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Energieerhaltung

1 P.

d) Andrea möchte ein tiefgefrorenes Brot auftauen (Figur 7). Wo geht das Auftauen schneller – wenn das Brot in der Küche auf die hölzerne Arbeitsfläche **H** oder auf die metallene Abtropffläche **M** des Spültrogs gelegt wird? Begründen Sie Ihre Antwort. Welche Art der Wärmetransports spielt die entscheidende Rolle?



Figur 7

M: Metall leitet Wärme besser / schneller, daher taut das Brot schneller auf.

2P.

**Aufgabe 5** (10 Punkte)

Im Handel sind **Heizkabel** erhältlich: "Heizkabel 230 V, fertige Widerstandsheizung, für den Innen- und Aussenbereich. Damit lässt sich z. B. eine Dachrinne eisfrei halten oder der Boden unter dem Badezimmerteppich erwärmen" (aus dem Verkaufsprospekt).  
Das angepriesene Heizkabel ist 2.5 m lang (Figur 8).



Figur 8

Im Innern des Heizkabels befindet sich ein 5.0 m langer Draht mit 1.4 kΩ Widerstand, der sich bei Stromfluss erhitzt.

a) Wie gross ist die Leistung, die das Heizkabel produzieren kann?

a1) formal

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R}$$

1 P.

a2) numerisch

$$P = \frac{(230\text{ V})^2}{1400\ \Omega} = 38\text{ W}$$

1 P.

b) Welche Wärmemenge wird produziert, wenn das Heizkabel 30 Minuten in Betrieb ist (nur numerisch)?

$$W = U \cdot I \cdot t = P \cdot t = 38\text{ W} \cdot 1800\text{ s} = 68\text{ kJ}$$

1 P.

c) Der 5.0 m lange Draht im Innern des Heizkabels hat eine Querschnittsfläche von 2.0 mm<sup>2</sup>. Wie gross ist der spezifische Widerstand des Drahtmaterials?

c1) formal

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

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

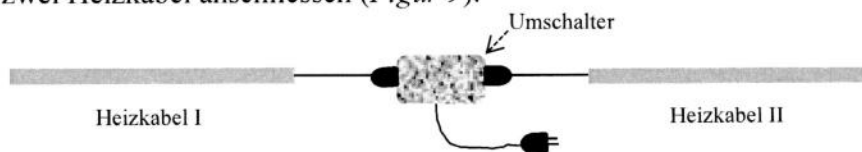
1 P.

c2) numerisch

$$\rho_c = \frac{1400\ \Omega \cdot 2\text{ mm}^2}{5\text{ m}} = 1.4 \frac{\text{k}\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} = 1.4 \frac{\text{k}\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

1 P.

d) Um den Einsatzbereich dieser Art Heizkabel zu erweitern, wird im Verkaufsprospekt zusätzlich ein Umschalter angeboten, der sich in eine Haushaltsteckdose einstecken lässt. An ihm lassen sich zwei Heizkabel anschliessen (Figur 9).

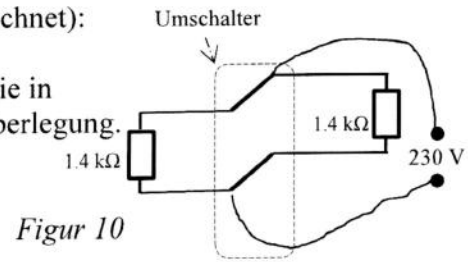


Figur 9

Es sind 2 Schalterstellungen möglich (schematisch gezeichnet):

d1) Wie gross ist die Leistung, wenn der Umschalter die in *Figur 10* gezeigte Stellung hat? Begründen Sie Ihre Überlegung. Zu welchem Resultat gelangen Sie (nur numerisch)?

Parallelschaltung: die Leistungen addieren sich  
 $P_{\text{f}} = 2P = 76 \text{ W}$

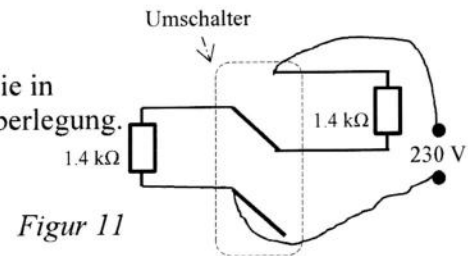


*Figur 10*

2 P.

d2) Wie gross ist die Leistung, wenn der Umschalter die in *Figur 11* gezeigte Stellung hat? Begründen Sie Ihre Überlegung. Zu welchem Resultat gelangen Sie (nur numerisch)?

Serienschaltung: Widerstand ist doppelt so hoch, Strom halbiert sich, ebenso Spannung, also  $\frac{1}{4}$  Leistung pro Gerät.  
 $P_{\text{f}} = \frac{1}{4} P = 19 \text{ W}$



*Figur 11*

2 P.

e) Durch unsachgemässe Handhabung wird das Heizkabel I in *Figur 9* geknickt, wodurch der Widerstandsdraht im Innern an einer Stelle bricht, sodass dort kein Strom mehr durchfliessen kann.

e1) Wie gross ist die Leistung, die jetzt in *Figur 10* produziert wird (nur numerisch, aber mit Begründung)?

Ein Gerät fällt aus, das andere arbeitet normal.

$$P_{\text{f}} = P = 38 \text{ W}$$

0.5 P.

e2) Wie gross ist die Leistung, die jetzt in *Figur 11* produziert wird (nur numerisch, aber mit Begründung)?

Stromkreis unterbrochen.

$$P_{\text{f}} = 0$$

0.5 P.



**Aufgabe 6** (10 Punkte)

Ein einfaches **Atommodell** stellt das Atom als positiv geladenen Kern dar, um den sich Elektronen auf Kreisbahnen bewegen.

Hinweis: die Aufgabe 6a) ist von den Aufgaben 6b) und 6c) unabhängig.

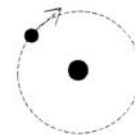
- a) Welches sind die Bestandteile von Atomen des Elements  ${}^7_3\text{Li}$ ?  
Geben Sie zusätzlich deren jeweilige Anzahl an und begründen Sie, wie diese sich aus den Angaben " ${}^7_3\text{Li}$ " bestimmen lässt.

$$\begin{aligned} \text{Nukleonen } & 7 \text{ Li} & \text{Nukleon} &= P + N \\ \text{Protonen } & \rightarrow 3 & 7 &= 3 + N \\ & & N &= 4 \end{aligned}$$

3 Protonen, 4 Neutronen

3 P.

- b) Wir betrachten den Fall, dass sich ein Elektron im Abstand  $3.0 \cdot 10^{-11} \text{ m}$  um einen Atomkern der Ladung  $1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  bewegt (Figur 12).



Figur 12

- b1) Zu welchem chemischen Element gehört das Atom (begründen Sie Ihre Antwort)?

$1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ist eine Elementarladung, also ein Proton  
im Kern: Wasserstoff

1 P.

- b2) Wie gross ist die Kraft, die der Kern auf das Elektron ausübt?

b21) formal

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r^2}$$

1 P.

b22) numerisch

$$F_e = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{(1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}{(3 \cdot 10^{-11} \text{ m})^2} = 2.6 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$

2 P.

c) Die Zentripetalkraft spielt bei Kreisbewegungen eine entscheidende Rolle.

c1) Erklären Sie deren Bedeutung und Ursprung in der Situation von *Figur 12*.

Die Zentripetalkraft hält das Elektron auf der Bahn. Sie wird hier durch die el. Anziehung gestellt.

1 P.

c2) Berechnen Sie die Geschwindigkeit des kreisenden Elektrons (nur formal, aber mit Begründung).

$$F_r = m_e a_r = m_e \frac{v^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2}$$
$$v = \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{m_e r}}$$

2 P.

### Aufgabe 7 (7 Punkte)

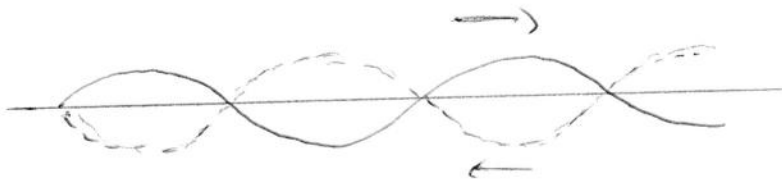
Hinweis: die Aufgaben 7a) und 7b) sind voneinander unabhängig.

a) Es ist möglich, eine sich ausbreitende **Welle** durch eine zweite Welle auszulöschen.

Welche Bedingungen muss dabei die zweite Welle erfüllen?

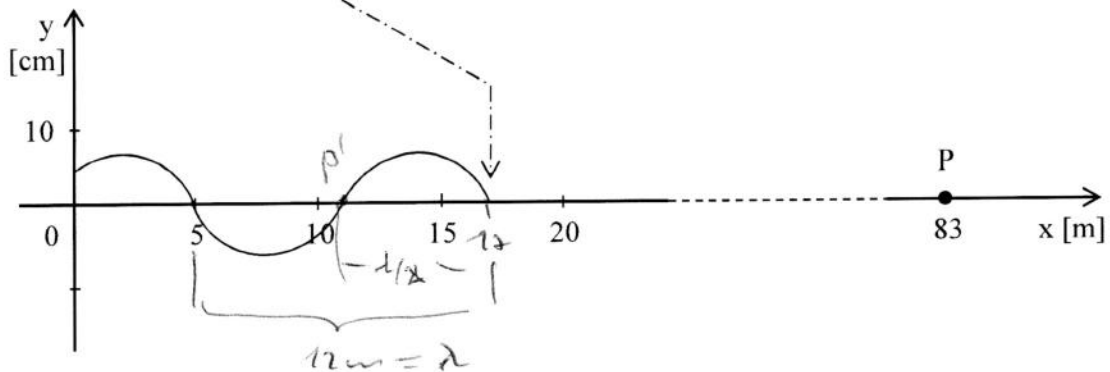
Beschreiben Sie die nötigen Bedingungen und begründen Sie diese anhand einer Skizze.

Die zweite Welle muss gleiche Amplitude und Frequenz (Wellenlänge) haben und einen Phasenverschiebung von  $\frac{\lambda}{2}$  (T/2)



3 P.

b) Eine Welle (Amplitude 7.0 cm) bewegt sich mit der Geschwindigkeit 2.4 m/s nach rechts. Figur 13 zeigt sie zu einem bestimmten Zeitpunkt ("Momentaufnahme"). Die Welle hat sich seit ihrem Start 17 m weit ausgebreitet.



Figur 13

b1) Wie gross ist (gemäss Figur 13) die Wellenlänge?

$$\lambda = 12 \text{ m}$$

1 P.

b2) Wie gross ist die Schwingungsdauer dieser Welle (nur numerisch)?

$$c = \lambda \cdot f = \lambda \cdot \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{\lambda}{c} = \frac{12 \text{ m}}{2.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 5 \text{ s}$$

1 P.

b3) Wir betrachten die Situation 30 s nach der in Figur 13 gezeigten Momentaufnahme.

b31) Wie gross ist dann die Elongation des Punktes P, der sich an der Stelle  $x = 83 \text{ m}$  befindet? Begründen Sie Ihre Antwort.

$$83 \text{ m} - 17 \text{ m} = 66 \text{ m} = 5.5 \lambda$$

$$30 \text{ s} = 6 T$$

P befindet sich dann in der gleichen Situation wie P' jetzt.

Also ist die Elongation 0  
1 P.

b32) In welche Richtung bewegt sich dann der Punkt P? Begründen Sie Ihre Antwort.

Nach unten, da die Front der Welle (6m weit) gerade anfängt zu sinken und es eine halbe Periode "Winkelhalb" ist.

1 P.