Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Schweizerische Maturitätsprüfung

Zug und Bern, Sommer 2023

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

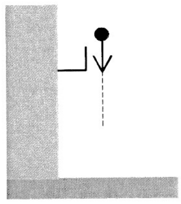
Hinweise:

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 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.

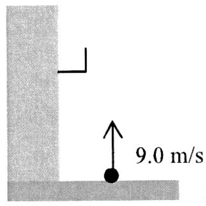
Die Serie umfasst 7 Aufgaben, das Punktemaximum beträgt 65 Punkte.
Zur Erreichung der Note 6 ist nicht die volle Punktzahl erforderlich.

Aufgabe 1 (9 Punkte)

Chris wirft einen **Ball** (Masse 58 g) von einem Balkon auf die Strasse hinunter (*Figur 1a*). Von dort springt der Ball mit 9.0 m/s senkrecht nach oben (*Figur 1b*).



Figur 1a



Figur 1b

Wir betrachten die Bewegung des Balls nach dem Aufprall am Boden.
Im Folgenden wird der Luftwiderstand vernachlässigt.

a) Nach welcher Zeit ist die Geschwindigkeit des Balls auf Null gesunken?

a1) formal

$a = g = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v - v_0}{t} = -\frac{v_0}{t}$

$\underline{t = -\frac{v_0}{g}}$

1 P.

a2) numerisch

$\underline{t} = -\frac{9\frac{m}{s}}{-10\frac{m}{s^2}} = \underline{0{,}90\,s}$

1 P.

b) Welche Höhe erreicht der Ball maximal?

b1) formal

$v^2 = 2gs + v_0^2$

$0 = 2gs + v_0^2$

$\underline{s = -\frac{v_0^2}{2g}}$

1 P.

b2) numerisch

$\underline{s} = -\frac{(9\frac{m}{s})^2}{20\frac{m}{s^2}} = \underline{4{,}1m}$

1 P.

c) Wir betrachten die Situation 1.2 s nach dem Aufprall am Boden.

c1) Wo befindet sich der Ball zu diesem Zeitpunkt (nur numerisch)?

$s = \frac{1}{2}gt^2 + v_0 t$

$= -\frac{1}{2}\cdot 10\frac{m}{s^2}\cdot(1{,}2s)^2 + 9\frac{m}{s}\cdot 1{,}2s$

$\underline{s = 3{,}6m}$

1 P.

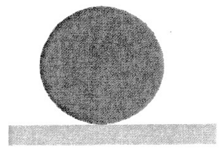
c2) Wie gross ist dann seine Geschwindigkeit (nur numerisch)? Welche Richtung hat sie?

$v = v_0 + gt = 9\frac{m}{s} - 10\frac{m}{s^2}\cdot 1{,}2s = \underline{-3{,}0\,m/s}$

nach unten

1 P.

d) *Figur 2* zeigt den Ball bei seinem Aufprall am Boden.
Welche zwei Kräfte wirken in dieser Situation auf den Ball?
d1) Beschreiben Sie sie und geben Sie deren Richtung an.



Figur 2

- Gewichtskraft, nach unten
- Normalkraft vom Boden, nach oben

2 P.

d2) Was lässt sich über deren Grösse sagen? Begründen Sie Ihre Antwort.

Normalkraft ist grösser als Gewichtskraft, da der Ball gebremst wird.

1 P.

Aufgabe 2 (11 Punkte)

Bei Eisschnelllauf-Wettbewerben gibt es die Disziplin „**Shorttrack**“. Dabei durchlaufen die Teilnehmer auf einem Eisfeld einen 111 m langen, ovalen Kurs mit zwei engen Kurven.

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

a) Ein Läufer (Masse 60 kg) fährt mit 36 km/h.
a1) Wie gross ist seine kinetische Energie?
a11) formal

$\underline{E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2}$

1 P.

a12) numerisch

$\underline{E_{kin}} = \frac{1}{2} \cdot 60\,kg \cdot (10\,\frac{m}{s})^2 = \underline{3{,}0\,kJ}$

1 P.

a2) Nun erhöht der Läufer seine Geschwindigkeit um 18 km/h. Um welchen Betrag nimmt dabei seine kinetische Energie zu (nur numerisch)?

$$\Delta E = E_{kin}' - E_{kin}$$
$$= \frac{1}{2} m (v'^2 - v^2)$$
$$= 30\,kg \cdot \left((15\,\tfrac{m}{s})^2 - (10\,\tfrac{m}{s})^2\right) = \underline{3{,}8\,kJ}$$

2 P.

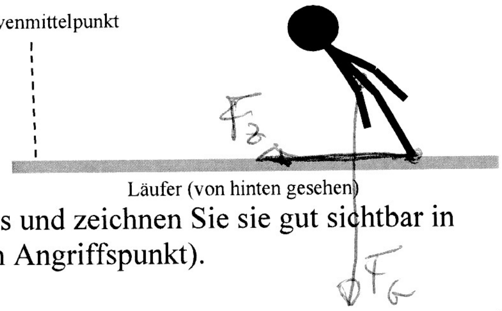
a3) Wie gross ist die Kraft, die nötig ist, um diese Erhöhung der kinetischen Energie auf 20 m Weg zu ermöglichen (nur numerisch)?

$$W = F \cdot s = \Delta E$$
$$\underline{F} = \frac{\Delta E}{s} = \frac{3750\,J}{20\,m} = \underline{0{,}19\,kN}$$

1 P.

b) *Figur 3* zeigt den Läufer (Masse 60 kg) beim Durchlaufen einer der Kurven. Dabei bewegt er sich mit 36 km/h auf einem Kreisbogen mit 8.5 m Radius.

Figur 3



b1) Berechnen Sie die Gewichtskraft des Läufers und zeichnen Sie sie gut sichtbar in *Figur 3* ein, beschriftet mit F_G (beachten Sie den Angriffspunkt).

$F_G = mg = \underline{600 N}$

1 P.

b2) Wie gross ist die Zentripetalkraft, die wirken muss (nur numerisch)?

$F_Z = m\frac{v^2}{r} = 60 kg \cdot \frac{(10 \frac{m}{s})^2}{8{,}5 m} = \underline{0{,}71 kN}$

1 P.

b3) Überlegen Sie, welche Kraft die Zentripetalkraft liefert. Beschreiben Sie sie in Worten.

- Art der Kraft:

  Reibungskraft

- Wer/was übt diese Kraft aus?

  Eisfläche

- Worauf wirkt diese Kraft?

  Kufen

3 P.

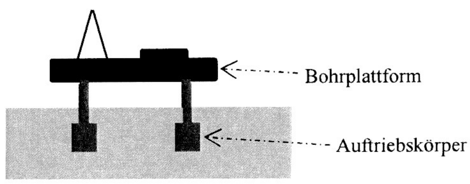
b4) Zeichnen Sie diese Kraft gut sichtbar in *Figur 3* ein, beschriftet mit F_Z (beachten Sie den Angriffspunkt).

1 P.

Aufgabe 3 (9 Punkte)

Figur 4 zeigt eine schwimmende **Bohrinsel**. Auftriebskörper im Wasser halten die Bohrplattform über der Meeresoberfläche.

Figur 4



a) *Figur 5* zeigt einen der Auftriebskörper.
Wie gross ist der Wasserdruck an seiner Deckfläche?

a1) formal $h_1 =$

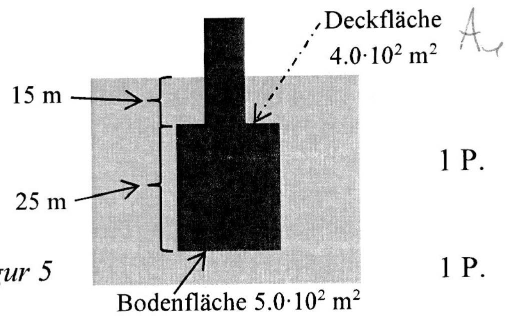
$p_{S,1} = \rho g h_1$

1 P.

a2) numerisch

$p_{S,1} = 1{,}5$ bar

1 P.



Figur 5

b) Wie gross ist die Kraft F_D, die das Wasser auf die Deckfläche ausübt (nur numerisch, aber Rechnung begründen)?

$F_D = p_{S,1} \cdot A_1 = 60$ MN

2 P.

Hinweis: Falls Sie Aufgabe b) nicht gelöst haben, können Sie im Folgenden für F_D den Wert $5.0 \cdot 10^7$ N verwenden, machen Sie aber unbedingt einen entsprechenden Hinweis!

c) Eine Berechnung wie in Aufgabe b) ergibt, dass das Wasser eine Kraft F_B von $2.0 \cdot 10^8$ N auf die Bodenfläche des Auftriebskörpers ausübt.

c1) Wie gross ist die resultierende Kraft, die das Wasser auf den Auftriebskörper ausübt (nur numerisch, aber Rechnung begründen)? Welche Richtung hat sie?

$F_{res} = F_B - F_D = 1{,}2 \cdot 10^8$ N

Nach oben

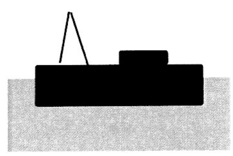
2 P.

c2) Der Auftriebskörper hat die Masse $3.0 \cdot 10^3$ t. Wie gross ist die Kraft, die er auf die Bohrplattform ausübt (nur numerisch, aber Rechnung begründen)? Welche Richtung hat sie?

$F = F_{res} - F_G = F_{res} - mg = 0{,}90 \cdot 10^8$ N

1 P.

d) Schwimmende Bohrinseln könnten auch als Schiffe konstruiert werden (*Figur 6*). Welchen entscheidenden Nachteil hätte dies gegenüber dem in *Figur 4* gezeigten Konstruktionsprinzip? Geben Sie eine verbale Antwort mit präziser Begründung.
[Tipp: "Sturm"]


Figur 6

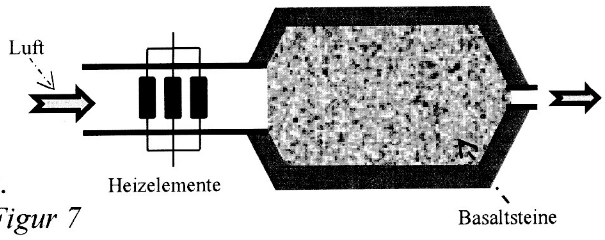
Bohrinsel ist im Sturm stabiler, weil der Schwerpunkt niedriger ist.

2 P.

Aufgabe 4 (10 Punkte)

Weil Photovoltaik-Anlagen nur unregelmässig elektrische Energie erzeugen, ist es nötig, Überschüsse zwischenzuspeichern.

Eine Möglichkeit bietet der elektro-thermische **Energiespeicher** (*Figur 7*). Dabei wird die elektrische Energie dazu verwendet, um mit Heizelementen Luft zu erhitzen. Mit dieser werden anschliessend $1.0 \cdot 10^3$ t Basaltsteine in einem isolierten Behälter auf $7.5 \cdot 10^2$ °C erwärmt.



Figur 7

a) Welche Wärmemenge ist nötig, um $1.0 \cdot 10^3$ t Basaltsteine von 20 °C auf $7.5 \cdot 10^2$ °C zu erwärmen ($c_{\text{Basaltstein}} = 0.90$ kJ/kg·K)?

a1) formal

$\Delta Q = c \cdot m \cdot (T_2 - T_1)$

1 P.

a2) numerisch

$\Delta Q = 900 \frac{J}{kg K} \cdot 1 \cdot 10^6 kg \cdot 730 K = 6.6 \cdot 10^{11} J$

1 P.

b) Was lässt sich über die Temperatur sagen, welche die Luft haben muss, die bei diesem Vorgang (Aufgabe a)) in den isolierten Behälter geblasen wird? Geben Sie eine ausführliche Antwort mit Begründung, und geben Sie den Satz an, der hier die entscheidende Rolle spielt.

Die Luft muss mindestens 750°C haben, da Wärme nur von warm nach kalt übertragen wird.
2. Hauptsatz der Thermodynamik

2 P.

c) Bei Bedarf kann aus der in den Basaltsteinen gespeicherten Wärme wieder elektrische Energie erzeugt werden. Dazu wird Wasser durch den isolierten Behälter geleitet und der entstehende heisse Dampf wird mit Hilfe einer Dampfturbine "verstromt".
Welche Wärmemenge ist nötig, um 2.0 t Wasser von 20 °C in Dampf von $4.0 \cdot 10^2$ °C umzuwandeln? ($c_{Dampf} = 1.4$ kJ/kg·K)?

c1) formal

$$\Delta Q = c_W \cdot m \cdot (T_2 - T_1) + m \cdot L_V + c_D \cdot m \cdot (T_3 - T_2)$$

1 P.

c2) numerisch

$$\Delta Q = 2000\,kg \cdot \left(4182 \frac{J}{kg\,K} \cdot 80\,K + 2{,}225 \cdot 10^6 \frac{J}{kg} + 1400 \frac{J}{kg\,K} \cdot 300\,K\right)$$
$$= 6{,}0 \cdot 10^9\,J$$

2 P.

d) Durch die gespeicherte Wärmemenge (Aufgabe a)) kann $1.3 \cdot 10^{11}$ J elektrische Energie erzeugt werden. Wie gross ist der Wirkungsgrad (nur numerisch)?

$$\eta = \frac{E_{ab}}{E_{zu}} = \frac{1{,}3 \cdot 10^{11}\,J}{6{,}6 \cdot 10^{11}\,J} = 20\,\%$$

1 P.

e) In *Figur 7* erfolgt ein Wärmetransport von den elektrischen Heizelementen zu den Basaltsteinen. Um welche Art des Wärmetransports handelt es sich? Begründen Sie Ihre Antwort.

Art des Wärmetransports:

Konvektion

Begründung:

strömende heisse Luft.

2P.

f) Bei Kontakt mit dem 800-V-Netz besteht Lebensgefahr, weshalb aufwendige Sicherheitsmassnahmen nötig sind.
Deshalb stellt sich die Frage, ob es nicht besser wäre, stattdessen ein (ungefährliches) 40-V-Netz zu verwenden – wobei die Leistung des Antriebs immer noch $3.0 \cdot 10^2$ kW betragen soll.

f1) Vergleichen Sie die nötigen Stromstärken. Berechnen Sie dazu numerisch das Verhältnis $I_{40\text{-V-Netz}} : I_{800\text{-V-Netz}}$.

$$\frac{I_{40}}{I_{800}} = \frac{P/U_{40}}{P/U_{800}} = \frac{U_{800}}{U_{40}} = \frac{20}{1}$$

1 P.

f2) Berechnen Sie die Stromstärke $I_{40\text{-V-Netz}}$ numerisch. Wie gross ist dann die Leistung, die in *Figur 8* in jedem der beiden Kupferkabel freigesetzt wird (nur numerisch)? Kommentieren Sie das Resultat im Hinblick auf die Verwendung eines 40-V-Netzes.

$$I_{40} = 3,8 \cdot 10^2 A \cdot 20 = 7,6 \cdot 10^3 A$$

$$P_{40} = R \cdot I^2 = 2,5 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot 7,6 \cdot 10^2 A = 14 kW$$

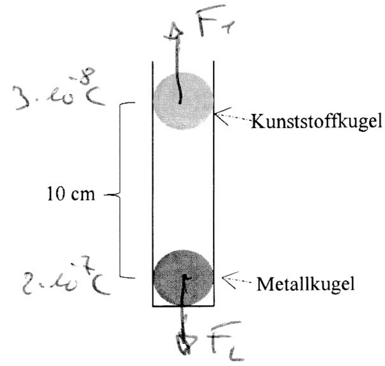
Die Kabel würden schmelzen.

2 P.

Aufgabe 6 (10 Punkte)

Unten in einem Glasrohr befindet sich eine kleine **Metallkugel**, welche die Ladung $Q = 2.0 \cdot 10^{-7}$ C trägt (*Figur 9*).

10 cm über dieser Kugel schwebt eine kleine **Kunststoffkugel**, welche die Ladung $q = 3.0 \cdot 10^{-8}$ C trägt.



Figur 9

a) Wir betrachten die Kraft F_1, welche die Metallkugel auf die Kunststoffkugel ausübt.

a1) Zeichnen Sie F_1 in *Figur 9* gut sichtbar ein, beschriftet mit F_1 (beachten Sie den Angriffspunkt).

1 P.

a2) Wie gross ist F_1 (nur numerisch)?
Sie können für den Ausdruck $\frac{1}{4\pi\varepsilon}$ den numerischen Wert $9.0 \cdot 10^9$ verwenden.

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{Vm}{C} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-7} C \cdot 3 \cdot 10^{-8} C}{(0,1m)^2} = 5,4 mN$$

2 P.

Aufgabe 5 (10 Punkte)

In **Elektroautos** wird für den Antrieb häufig ein 800-V-Netz verwendet, in dem Gleichstrom fliesst. Spannungsquelle ist eine Batterie.

a) Im Haushaltnetz fliesst Wechselstrom. Erklären Sie den Unterschied zwischen Gleichstrom und Wechselstrom.

Bei Wechselspannung ändert sich die Polarität mit einer bestimmten Frequenz (50Hz).
Bei Gleichstrom bleiben Plus- und Minuspol konstant.

1 P.

b) In einem Elektroauto mit einem 800-V-Netz leistet der Antrieb $3.0 \cdot 10^2$ kW. Wie gross ist die Stärke des dabei fliessenden Stroms?

b1) formal

$$P = U \cdot I$$

$$I = \frac{P}{U}$$

1 P.

b2) numerisch

$$I = \frac{3{,}0 \cdot 10^5\ W}{800\ V} = 3{,}8 \cdot 10^2\ A$$

1 P.

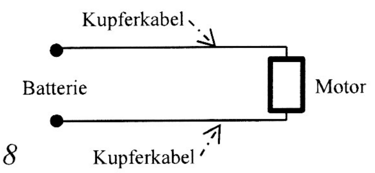
c) Wie gross ist der elektrische Widerstand des Antriebs (nur numerisch)?

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

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{(800\ V)^2}{3 \cdot 10^5\ W} = 2{,}1\ \Omega$$

1 P.

d) Der Antrieb (*Figur 8*) besteht aus dem Motor und zwei Kupferkabeln von je 1.5 m Länge. Ein solches Kupferkabel hat $2.5 \cdot 10^{-4}\ \Omega$ Widerstand (spez. Widerstand von Kupfer $1.7 \cdot 10^{-8}\ \Omega$m). Wie gross ist seine Querschnittsfläche?



Figur 8

d1) formal

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

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

1 P.

d2) numerisch (Resultat in cm^2 angeben)

$$A = \frac{1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega m \cdot 1{,}5\ m}{2{,}5 \cdot 10^{-4}\ \Omega} \approx 1{,}0 \cdot 10^{-4}\ m^2 = 1{,}0\ cm^2$$

1 P.

e) Welcher Zusammenhang besteht gemäss *Figur 8* zwischen dem Widerstand des Antriebs und den Widerständen des Motors und der beiden Kabel (nur formal)?

$$R_A = \underset{\text{Kabel}}{R_K} + \underset{\text{Motor}}{R_M} + \underset{\text{Kabel}}{R_K} = 2R_K + R_M$$ (Serienschaltung)

1 P.

b) F_2 ist die Kraft, die Kunststoffkugel auf die Metallkugel ausübt.

b1) Zeichnen Sie F_2 in *Figur 9* gut sichtbar ein, beschriftet mit F_2 (beachten Sie den Angriffspunkt). 1 P.

b2) Welcher Zusammenhang besteht zwischen den Kräften F_1 und F_2? Begründen Sie Ihre Antwort.

$F_1 = F_2$ (actio = reactio)

1 P.

c) Wie gross ist die Gewichtskraft der Kunststoffkugel (nur numerisch, aber Antwort begründen)?

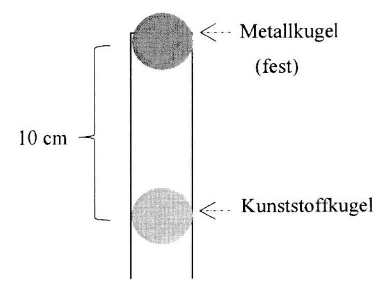
$F_G = F_1$, da Kugel in Gleichgewicht.

1 P.

d) Wir drücken die Kunststoffkugel etwas nach unten und lassen sie dann los. Beschreiben und begründen Sie, was nun geschieht.

Die Kugel schwingt (gedämpft) auf und ab.
Beim Druck nach unten wird die el. Kraft grösser als die Gewichtskraft und beschleunigt die Kugel nach oben, über die Gleichgewichtslage hinaus. 1 P.
Stabiles Gleichgewicht

e) Die Versuchsanordnung von *Figur 9* wird etwas abgeändert (*Figur 10*). Die Metallkugel ist nun <u>oben</u> im Glasrohr <u>befestigt</u>, die Kunststoffkugel schwebt wieder in 10 cm Abstand und trägt immer noch die Ladung $q = 3.0 \cdot 10^{-8}$ C.



Figur 10

e1) Wie gross ist die Ladung der Metallkugel in *Figur 10*? Begründen Sie Ihre Antwort.

$Q = -2 \cdot 10^{-8}$ C

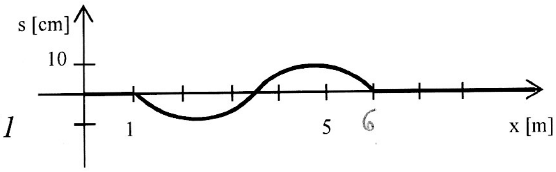
Die Kraft ist gleich gross wie zuvor, entgegengesetzt gerichtet. 2 P.

e2) Wir ziehen die Kunststoffkugel etwas nach unten und lassen sie dann los. Beschreiben und begründen Sie, was nun geschieht.

Instabiles Gleichgewicht. Die Kugel fällt, weil die Anziehungskraft der leitenden Kugel kleiner wird ($\sim \frac{1}{r^2}$) und nicht reicht, um Gewicht zu kompensieren. 1 P.

Aufgabe 7 (6 Punkte)

Eine Welle mit Amplitude 10 cm breitet sich längs der x-Achse aus. *Figur 11* zeigt die Welle 2.4 s nach dem Start.



Figur 11

a) Bestimmen bzw. berechnen Sie unter Verwendung von *Figur 11* die folgenden Grössen (nur numerisch, aber mit Begründung):

a1) Wellenlänge

$\lambda = 5\,m$

0.5 P.

a2) Ausbreitungsgeschwindigkeit

$v = \frac{s}{t} = \frac{6\,m}{2{,}4\,s} = 2{,}5\,\frac{m}{s} = c$

0.5 P.

a3) Schwingungsdauer

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

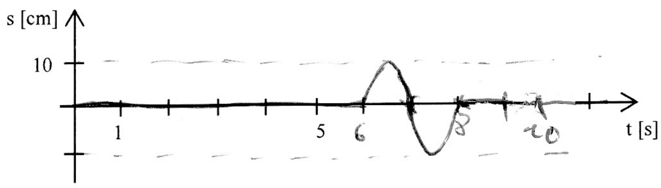
$T = \frac{\lambda}{c} = \frac{5\,m}{2{,}5\,\frac{m}{s}} = 2{,}0\,s$

1 P.

b) Wir betrachten das Teilchen auf der x-Achse, das von der Welle 6.0 s nach deren Start erfasst wird.

b1) Zeichnen Sie in *Figur 12* den zeitlichen Verlauf der Elongation (Auslenkung) des Teilchens beim Durchgang der Welle ein.
(Falls Sie Aufgabe a3) nicht gelöst haben, können Sie für die Schwingungsdauer den Wert 3.0 s verwenden, machen Sie aber einen entsprechenden Hinweis.)

Figur 12



2 P.

b2) Wann ist, während des Durchgangs der Welle, die Geschwindigkeit dieses Teilchens gleich Null? Begründen Sie Ihre Überlegung.

Bei 6,5 und 7,5 s.
Umkehrpunkte zwischen den Knoten.

1 P.

b3) Wann ist, während des Durchgangs der Welle, die Geschwindigkeit dieses Teilchens am grössten? Begründen Sie Ihre Überlegung.

Bei 7s, Durchgang durch Ruhelage

1 P.