



**PHYSICS.
OLYMPIAD.CH**

PHYSIK-OLYMPIADE
OLYMPIADES DE PHYSIQUE
OLIMPIADI DELLA FISICA

Physik-Olympiade

Zweite Runde

online, 19. Januar 2021

Teil 1 : 3 Aufgaben

Dauer : 120 Minuten

Total : 48 Punkte (3×16)

Erlaubte Hilfsmittel : Taschenrechner ohne Formelspeicher
Schreib- und Zeichenmaterial
Ein beidseitig handgeschriebenes A4
Notizblatt

Viel Erfolg!

Supported by :



Naturkonstanten

Cäsium-Hyperfeinfrequenz	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	9.192 631 770	$\times 10^9$	s^{-1}
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	c	2.997 924 58	$\times 10^8$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Planck-Konstante	h	6.626 070 15	$\times 10^{-34}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Elementarladung	e	1.602 176 634	$\times 10^{-19}$	$\text{A} \cdot \text{s}$
Boltzmann-Konstante	k_{B}	1.380 649	$\times 10^{-23}$	$\text{K}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
Avogadro-Konstante	N_{A}	6.022 140 76	$\times 10^{23}$	mol^{-1}
Photometrisches Strahlungsäquivalent	K_{cd}	6.83	$\times 10^2$	$\text{cd} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^3 \cdot \text{sr}$
Magnetische Konstante	μ_0	1.256 637 062 12(19)	$\times 10^{-7}$	$\text{A}^{-2} \cdot \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
Elektrische Konstante	ε_0	8.854 187 812 8(13)	$\times 10^{-12}$	$\text{A}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^4$
Gaskonstante	R	8.314 462 618...		$\text{K}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
Stefan-Boltzmann-Konstante	σ	5.670 374 419...	$\times 10^{-8}$	$\text{K}^{-4} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$
Gravitationskonstante	G	6.674 30(15)	$\times 10^{-11}$	$\text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$
Elektronenmasse	m_{e}	9.109 383 701 5(28)	$\times 10^{-31}$	kg
Neutronenmasse	m_{n}	1.674 927 498 04(95)	$\times 10^{-27}$	kg
Protonenmasse	m_{p}	1.672 621 923 69(51)	$\times 10^{-27}$	kg
Normfallbeschleunigung	g_{n}	9.806 65		$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Theoretische Probleme

Zeit: 120 Minuten

Maximalpunktzahl: 48 Punkte (3×16)

Beginne jede Aufgabe auf einem neuen Blatt, um das Korrigieren zu erleichtern.

Beschrifte die Blätter mit deinem Namen und der Aufgabennummer. Nummeriere zudem deine Lösungsblätter.

Allgemeiner Hinweis: Die Aufgaben bestehen aus zum Teil unabhängigen Teilaufgaben, falls Du stecken bleibst lohnt es sich weiter zu lesen und bei einer einfacheren Teilaufgabe wieder einzusteigen.

Aufgabe 1.1: Modell des unelastischen Zusammenstosses (16 Punkte)

In diesem Problem betrachten wir ein Modell eines unelastischen Stosses. Das System (in Abbildung 1.1.1) besteht aus drei Körpern A (mit der Masse M), B und C (beide mit der Masse m), wobei B und C durch eine Feder mit der Federkonstante k verbunden sind. Der Körper A bewegt sich zunächst mit der Geschwindigkeit V und stösst schliesslich mit dem zunächst stationären System B+C zusammen.

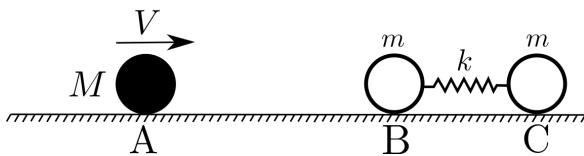


Abbildung 1.1.1: Versuchsaufbau.

Teil A. Erster Kontakt (5 Punkte)

Zunächst untersuchen wir den *elastischen* Zusammenstoss zwischen den Körpern A und B.

i. (1 pt.) Welche erhaltenen Grössen sind für eine solche Kollision relevant?

ii. (3 pt.) Wie gross ist die Geschwindigkeit V' des Körpers A unmittelbar nach dem Aufprall?

iii. (1 pt.) Wie gross ist die Geschwindigkeit v_1 des Körpers B unmittelbar nach dem Zusammenstoss?

Teil B. Im Massenschwerpunkt-Bezugssystem (5 Punkte)

Ab hier können Sie davon ausgehen, dass der Körper A keine weitere Wechselwirkung mit den Körpern

B und C hat. Jetzt werden wir die Bewegung des Systems B+C analysieren. Dieses System wird sowohl eine translatorische als auch eine oszillatorische Bewegung ausführen. Daher ist es am einfachsten, das System B+C in seinem Massenschwerpunkt-Bezugssystem zu untersuchen.

i. (1 pt.) Ermittle die Geschwindigkeit v_{CM} des Massenschwerpunkts des Systems B+C unmittelbar nach der Berührung von A und B. Diese Geschwindigkeit des Massenschwerpunktes wird sich bei der anschliessenden Bewegung nicht ändern. Formuliere deine Antwort unter Benutzung von v_1 und m .

ii. (1 pt.) Wie gross sind die Geschwindigkeiten v_B^{CM} und v_C^{CM} der Körper B und C im Massenschwerpunkt-Referenzsystem in dem Moment, in dem sich A und B berühren? Formuliere deine Antwort unter Benutzung von v_1 und m .

iii. (3 pt.) Im Moment des Kontakts zwischen A und B befindet sich die Feder in ihrer Gleichgewichtslage. Wie gross sind die Energie E^{CM} und die Amplitude A (siehe Abbildung 1.1.2) der entstandenen Schwingungen im Massenschwerpunkt-Bezugssystem? Formuliere deine Antwort unter Benutzung von v_1 , m und k .

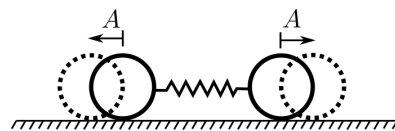


Abbildung 1.1.2: Definition der Amplitude der Schwingungen.

Teil C. Verlorene Energie (6 Punkte)

Kehren wir zum bodenfesten Bezugssystem zurück und betrachten wir den Zusammenstoss zwischen

dem Körper A und dem zusammengesetzten System B+C mit der Masse $2m$ und einer Geschwindigkeit v_{CM} . Die gesamte kinetische Energie ist die Summe der kinetischen Energie des Körpers A und der kinetischen Energie des zusammengesetzten Systems.

i. (2.5 pt.) Wie gross ist der Unterschied Q in der gesamten kinetischen Energie vor und nach der Kollision? Formuliere deine Antwort unter Benutzung von V , m und M .

ii. (1 pt.) Beweise, dass die «verlorene» Energie Q

gleich der Energie der inneren Bewegung des Systems B+C im Massenschwerpunkt-Bezugssystem von B+C ist.

iii. (1 pt.) Wir definieren q als das Verhältnis zwischen der «verlorenen» Energie Q und der anfänglichen kinetischen Energie von A. Drücke q in Form des Verhältnisses $\alpha = \frac{M}{m}$ aus.

iv. (1.5 pt.) Für welchen Wert von α ist das Verhältnis q am höchsten?

Aufgabe 1.2: Kondensierter Wasserdampf (16 Punkte)

Wir betrachten zwei Behälter von 17.5 L gefüllt mit $n_0 = 1$ mol Wasserdampf bei einem Druck von 2 bar. Wir wollen nun herausfinden, wie man durch Abkühlung den Wasserdampf zu Wasser kondensieren lassen kann. Um die Berechnungen durchzuführen nehmen wir im Folgenden an, dass Wasserdampf als ideales Gas mit drei Freiheitsgraden beschrieben werden kann. Zudem sind uns folgende Daten zu Wasser bekannt

- Molare Masse von Wasser: $18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Dichte von Wasser: $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Nimm vereinfachend an, dass die Dichte von Wasser im für diese Aufgabe relevanten Bereich unabhängig vom Druck und der Temperatur ist. Du bekommst zudem ein separates Dokument, worauf ein Ausschnitt des p - T Phasendiagramms für Wasser aufgezeichnet ist.

Teil A. Abkühlung (8 Punkte)

i. (2 pt.) Was ist die Temperatur des Wasserdampfes in den Behältern? Zeichne diesen Anfangszustand im beiliegenden p - T Diagramm ein.

Wir wollen nun den Wasserdampf in den beiden Behältern zum Kondensieren bringen. Dazu kühlen wir den einen Behälter isochor und den anderen isobar ab, bis sie gerade zu kondensieren beginnen.

ii. (3 pt.) Zeichne diese beiden Prozesse im beiliegenden p - T Diagramm ein.

iii. (1 pt.) Bei welchem Druck und bei welcher Temperatur beginnt der Wasserdampf in den Behältern zu kondensieren?

iv. (2 pt.) Berechne wie viel Wärme dem Wasserdampf in beiden Prozessen entzogen wurde. Bei welchem Prozess wurde weniger Wärme entzogen?

Teil B. Phasenübergang (6 Punkte)

Wir betrachten im Folgenden lediglich den Behälter, welchen wir bisher isobar abgekühlt haben. Wir

kühlen diesen Behälter weiter isobar ab, um den Wasserdampf kondensieren zu lassen. Das heißt der Druck p_t ist konstant und somit ist auch die Temperatur T_t während des Phasenübergangs durch die Dampfdruckkurve fixiert. Während des Phasenübergangs sind die flüssige und gasförmige Phasen koexistent. Wir bezeichnen die jeweiligen Volumen mit V_{fl} und V_{gas} . Wir sagen, dass der Phasenübergang vollständig abgeschlossen sei, sobald der ganze Wasserdampf zu Wasser kondensiert ist.

i. (0.5 pt.) Angenommen n_0 sei die Anzahl an Gasmolekülen vor Beginn des Phasenübergangs und n_{gas} die Anzahl an Gasmolekülen während des Phasenübergangs. Was ist die Anzahl der Moleküle in der flüssigen Phase?

ii. (1.5 pt.) Was sind die Volumen V_{fl} und V_{gas} zu Beginn des Phasenübergangs?

iii. (1.5 pt.) Was sind die Volumina V_{fl} und V_{gas} nachdem der Phasenübergang vollständig abgeschlossen ist?

iv. (1 pt.) Berechne die mechanische Arbeit, die während des Phasenübergangs am Gas verrichtet wird.

Wir wollen nun genauer herausfinden, was während des Phasenübergangs passiert.

v. (1.5 pt.) Finde eine Formel für das Volumen des Systems während des Phasenübergangs in Abhängigkeit von der momentanen Anzahl an Wasserdampfteilchen $n_{\text{gas}} < n_0$, der Anzahl an Wasserdampfteilchen n_0 zu Beginn des Phasenübergangs, dem Druck p_t und der Temperatur T_t .

Teil C. Isochorer Phasenübergang (2 Punkte)

i. (1 pt.) Beschreibe qualitativ was passiert, wenn wir während des Phasenübergangs isochor anstatt isobar abkühlen.

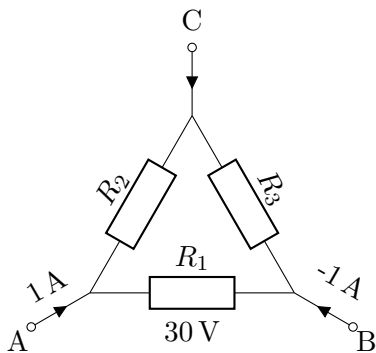
ii. (1 pt.) Zeichne diesen Prozess des Phasenübergangs im p - T Diagramm ein.

Aufgabe 1.3: Elektrischer Verstärker (16 Punkte)

In vielen elektrischen Schaltungen müssen Signale verstärkt werden. Sei es das schwache Signal einer Antenne oder um die Musik lauter zu drehen. In dieser Aufgabe wollen wir anschauen, wie man die Verstärkung von gewissen elektrischen Verstärkern auf einen bestimmten Wert einstellen kann.

Teil A. Aufwärmübung (2 Punkte)

Um uns auf die nachfolgenden Aufgaben vorzubereiten, wollen wir kurz die beiden Kirchhoffschen Regeln repetieren. Dazu analysieren wir folgenden Schaltkreis mit drei Kontakten A, B und C:



Aufgrund von Messungen wissen wir, dass am Kontakt A ein Strom von 1 A in den Schaltkreis einfließt, dass am Kontakt B ein Strom von 1 A hinausfließt und dass die Spannung über dem Widerstand R_1 30 V beträgt.

i. (2 pt.) Wenn der Widerstand R_3 doppelt so groß ist wie R_2 , was ist die Spannung über R_2 ?

Teil B. Verstärkung Einstellen (8 Punkte)

In dieser Aufgabe betrachten wir einen invertierenden Verstärker (siehe Abb. 1.3.1) und treffen folgende Annahmen:

- Die Eingangsspannung und Ausgangsspannung haben unterschiedliche Vorzeichen (daher der Name «invertierender Verstärker»).
- Die Eingangsspannung U_{in} wird um einen Faktor $k_0 = -10^6$ verstärkt.
- Der Verstärker ist an eine Stromversorgung mit 12 V und -12 V angeschlossen (nicht eingezeichnet) und kann Ausgangsspannungen nur in diesem Bereich erzeugen.

- Der Eingangswiderstand (interner Widerstand zwischen Eingang und Masse) in den Verstärker ist mit $R_i = 10 \text{ M}\Omega$ sehr groß.

ii. (1 pt.) Was ist der maximale Spannungsbereich ΔU , der beim Eingang angelegt werden kann, damit der Verstärker noch richtig arbeitet?

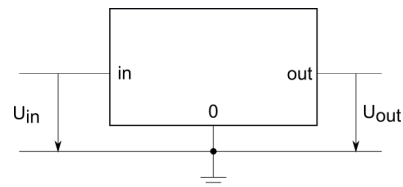


Abbildung 1.3.1: Das Rechteck symbolisiert den Verstärker, die Ausgangsspannung U_{out} ist die um k_0 verstärkte Eingangsspannung U_{in} .

iii. (1 pt.) Wenn eine Spannung von $U_{in} = 1 \mu\text{V}$ am Eingang angelegt wird, wie viel Strom fließt dann durch den Eingang (in)?

iii. (2 pt.) Durch das Hinzufügen von zwei Widerständen $R_1, R_2 \ll R_i$ kann die Verstärkung auf einen beliebigen Wert $k < k_0$ eingestellt werden, siehe Abb. 1.3.2. Welche Beziehung gilt (in guter Näherung) zwischen den Strömen I_1 und I_2 ?

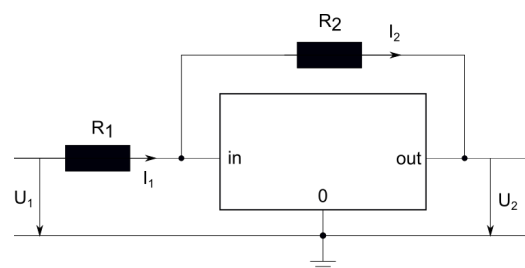


Abbildung 1.3.2: Der Verstärker mit den zwei zusätzlichen Widerständen R_1 und R_2 . Zudem sind die angelegte Spannung U_1 und der Strom I_1 durch R_1 , sowie analog die Spannung U_2 und der Strom I_2 eingezeichnet.

iv. (1.5 pt.) Angenommen wir wollen eine Verstärkung $k \ll k_0$ erreichen. Was ist das Verhältnis zwischen U_1 und U_2 , bzw. was ist die resultierende Verstärkung in Abhängigkeit von R_1 und R_2 ?

v. (1 pt.) Welche Spannung U_{in} liegt am Verstärker an?

vi. (1.5 pt.) Angenommen du möchtest ein schwaches Signal mit einer Eingangsspannung $U_1 = 20 \text{ mV}$ um einen Faktor $k = 100$ verstärken, sodass das Signal maximal $10 \mu\text{A}$ Stromstärke hat. Welche Werte R_1 und R_2 wählst du? Gilt die Approximation $R_1, R_2 \ll R_i$ nach wie vor?

Teil C. Anstiegsrate (6 Punkte)

Wir gehen wieder zurück zum Verstärker ohne zusätzliche Widerstände, vgl. Abb. 1.3.1. Üblicherweise können Verstärker nicht beliebig schnell die Eingangsspannung verstärken, sondern brauchen

eine bestimmte Zeit um zu reagieren. Die Anstiegsrate gibt an, wie schnell die Spannung am Ausgang (out) des Verstärkers maximal ansteigen kann.

i. (2 pt.) Angenommen die Anstiegsrate sei $10 \text{ V} \cdot \mu\text{s}^{-1}$. Was ist in etwa die maximale Frequenz, welche noch verstärkt werden kann? Hinweis: Nimm an, dass die Amplitude des Ausgangssignals etwa 1 V sei und das Eingangssignal sinusförmig ist.

ii. (4 pt.) Angenommen wir wechseln sofort bei $t = 0$ die Spannung am Eingang (in) von 0 V auf $10 \mu\text{V}$. Wie sieht die Ausgangsspannung aus (nutze Zahlengrößen, welche in dieser Aufgabe gegeben sind)? Fertige einen Graphen an.

Theoretische Probleme: Lösungen

Aufgabe 1.1: Modell des unelastischen Zusammenstosses

16 pt.

In diesem Problem betrachten wir ein Modell eines unelastischen Stosses. Das System (in Abbildung 1.1.1) besteht aus drei Körpern A (mit der Masse M), B und C (beide mit der Masse m), wobei B und C durch eine Feder mit der Federkonstante k verbunden sind. Der Körper A bewegt sich zunächst mit der Geschwindigkeit V und stösst schliesslich mit dem zunächst stationären System B+C zusammen.

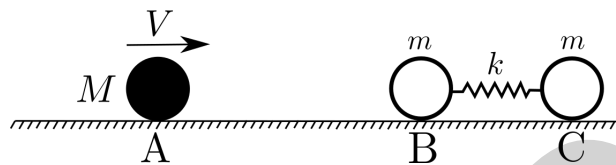


Abbildung 1.1.1: Versuchsaufbau.

Teil A. Erster Kontakt

5 pt.

Zunächst untersuchen wir den *elastischen* Zusammenstoss zwischen den Körpern A und B.

i. Welche erhaltenen Grössen sind für eine solche Kollision relevant?

1 pt.

The conserved quantities relevant for an elastic collision are

conservation of (linear) momentum and

0.5 pt.

conservation of *kinetic* energy.

0.5 pt.

No points should be given if it is only stated that the energy (instead of kinetic energy) is conserved, except if the equation for conservation of kinetic energy is written in Part Aii.

ii. Wie gross ist die Geschwindigkeit V' des Körpers A unmittelbar nach dem Aufprall?

3 pt.

As mentioned in the text, between the bodies A and B we have an elastic collision. This means that we have conservation of momentum

$$MV = MV' + mv_1, \tag{1.1.2}$$

1 pt.

and we also have conservation of energy

$$\frac{1}{2}MV^2 = \frac{1}{2}MV'^2 + \frac{1}{2}mv_1^2. \tag{1.1.3}$$

1 pt.

We can write this system of equations as

$$\begin{aligned} M(V - V')(V + V') &= mv_1^2 \\ M(V - V') &= mv_1 \end{aligned} \tag{1.1.4}$$

which then gives

$$v_1 = V + V'. \quad (1.1.5)$$

Plugging back into momentum conservation we have

$$V' = \frac{M - m}{M + m} V. \quad (1.1.6)$$

iii. Wie gross ist die Geschwindigkeit v_1 des Körpers B unmittelbar nach dem Zusammenstoss? 1 pt.

Using the result of the previous section,

$$v_1 = V + V' = V + \frac{M - m}{M + m} V = \frac{2M}{M + m} V. \quad (1.1.7)$$

Teil B. Im Massenschwerpunkt-Bezugssystem

Ab hier können Sie davon ausgehen, dass der Körper A keine weitere Wechselwirkung mit den Körpern B und C hat. Jetzt werden wir die Bewegung des Systems B+C analysieren. Dieses System wird sowohl eine translatorische als auch eine oszillatorische Bewegung ausführen. Daher ist es am einfachsten, das System B+C in seinem Massenschwerpunkt-Bezugssystem zu untersuchen.

i. Ermittle die Geschwindigkeit v_{CM} des Massenschwerpunkts des Systems B+C unmittelbar nach der Berührung von A und B. Diese Geschwindigkeit des Massenschwerpunktes wird sich bei der anschliessenden Bewegung nicht ändern. Formuliere deine Antwort unter Benutzung von v_1 und m . 1 pt.

In the frame fixed to the ground the instantaneous velocity of B is v_1 and that of C is 0, so

$$v_{\text{CM}} = \frac{mv_1 + m \cdot 0}{m + m} = \frac{v_1}{2}. \quad (1.1.8)$$

ii. Wie gross sind die Geschwindigkeiten v_B^{CM} und v_C^{CM} der Körper B und C im Massenschwerpunkt-Referenzsystem in dem Moment, in dem sich A und B berühren? Formuliere deine Antwort unter Benutzung von v_1 und m . 1 pt.

Since the velocity in the reference frame fixed to the ground of B is v_1 and that of C is 0 the velocities in the reference frame fixed to their center of mass have to be

$$v_B^{\text{CM}} = v_1 - v_{\text{CM}} = \frac{v_1}{2}, \quad (1.1.9)$$

$$v_C^{\text{CM}} = 0 - v_{\text{CM}} = -\frac{v_1}{2}. \quad (1.1.10)$$

iii. Im Moment des Kontakts zwischen A und B befindet sich die Feder in ihrer Gleichgewichtslage. Wie gross sind die Energie E^{CM} und die Amplitude A (siehe Abbildung 1.1.11) der entstandenen Schwingungen im Massenschwerpunkt-Bezugssystem? Formuliere deine Antwort unter Benutzung von v_1 , m und k . 0.5 pt.

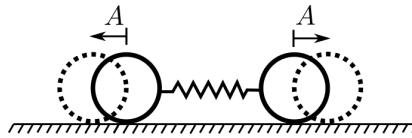


Abbildung 1.1.11: Definition der Amplitude der Schwingungen.

3 pt.

After the collision the system B+C is isolated from A and thus its total energy has to be conserved. In the center of mass frame all the energy is in the oscillatory motion of the bodies B and C. This is because by being in the center of mass frame we have gotten rid of the translational motion.

1 pt.

Since we know the velocities of B and C at the moment after the collision, this gives us the energy as

$$E^{\text{CM}} = \frac{m}{2} \left(\left(\frac{v_1}{2} \right)^2 + \left(-\frac{v_1}{2} \right)^2 \right) = \frac{mv_1^2}{4}. \tag{1.1.12}$$

0.5 pt.

The fact that at the moment of collision the spring is at equilibrium means that at this moment the full energy is kinetic. At the point in the oscillation cycle where the bodies reach the amplitude the full energy will be stored in the spring. With the given definition of amplitude we have

$$\frac{mv_1^2}{4} = \frac{1}{2}k(2A)^2. \tag{1.1.13}$$

1 pt.

Solving for A gives

$$A = \sqrt{\frac{mv_1^2}{8k}}. \tag{1.1.14}$$

0.5 pt.

Teil C. Verlorene Energie

6 pt.

Kehren wir zum bodenfesten Bezugssystem zurück und betrachten wir den Zusammenstoß zwischen dem Körper A und dem zusammengesetzten System B+C mit der Masse $2m$ und einer Geschwindigkeit v_{CM} . Die gesamte kinetische Energie ist die Summe der kinetischen Energie des Körpers A und der kinetischen Energie des zusammengesetzten Systems.

i. Wie gross ist der Unterschied Q in der gesamten kinetischen Energie vor und nach der Kollision? Formuliere deine Antwort unter Benutzung von V , m und M .

2.5 pt

From the perspective of the collision of A and B+C in the reference frame fixed to the ground initially we have the energy

$$E_i = \frac{1}{2}MV^2, \tag{1.1.15}$$

0.5 pt.

while after the collision we have the energy

$$E_f = \frac{1}{2}MV'^2 + \frac{1}{2}(2m)v_{CM}^2 + Q, \tag{1.1.16}$$

where Q denotes the energy lost to the internal motion of the B+C composite system. 0.5 pt.

Including Q , as we did above, means that $E_f - E_i = 0$, from which we can find a formula for Q as

$$Q = \frac{MV^2}{2} - \frac{MV'^2}{2} - mv_{CM}^2. \tag{1.1.17}$$

0.5 pt.

Using the formulas we found in previous parts

$$V' = \frac{M-m}{M+m}V, \quad v_{CM} = \frac{v_1}{2} = \frac{MV}{M+m}, \tag{1.1.18}$$

we get

$$Q = \frac{MV^2}{2} \left(1 - \frac{2mM}{(M+m)^2} - \left(\frac{M-m}{M+m} \right)^2 \right) = \frac{MV^2}{2} \frac{2Mm}{(M+m)^2}. \tag{1.1.19}$$

1 pt.

ii. Beweise, dass die «verlorene» Energie Q gleich der Energie der inneren Bewegung des Systems B+C im Massenschwerpunkt-Bezugssystem von B+C ist. 1 pt.

We express E^{CM} in terms of V , M and m and get

$$E^{CM} = \frac{M^2mV^2}{(M+m)^2} = Q. \tag{1.1.20}$$

1 pt.

iii. Wir definieren q als das Verhältnis zwischen der «verlorenen» Energie Q und der anfänglichen kinetischen Energie von A. Drücke q in Form des Verhältnisses $\alpha = \frac{M}{m}$ aus. 1 pt.

From the other subtasks we have

$$q = \frac{Q}{E_i} = \frac{2Mm}{(M+m)^2}, \tag{1.1.21}$$

0.5 pt.

which we can express in terms of α

$$q = \frac{2\alpha}{(1+\alpha)^2}. \tag{1.1.22}$$

0.5 pt.

iv. Für welchen Wert von α ist das Verhältnis q am höchsten? 1.5 pt.

We notice that the "lost" energy Q is equal to the translational energy of the composite system. Consequently, the largest loss in energy is observed for the largest possible energy transfer with respect to the initial kinetic energy, which is the case when all kinetic energy goes from A to B, i.e. $M = m$. 1.5 pt.

Alternatively we can calculate the derivative of q with respect to α :

$$\frac{dq}{d\alpha} = \frac{2}{(1+\alpha)^2} - \frac{4\alpha}{(1+\alpha)^3} = 0. \tag{1.1.23}$$

Solving for α we get

$$\alpha = 1. \tag{1.1.24}$$

Aufgabe 1.2: Kondensierter Wasserdampf**16 pt.**

Wir betrachten zwei Behälter von 17.5 L gefüllt mit $n_0 = 1$ mol Wasserdampf bei einem Druck von 2 bar. Wir wollen nun herausfinden, wie man durch Abkühlung den Wasserdampf zu Wasser kondensieren lassen kann. Um die Berechnungen durchzuführen nehmen wir im Folgenden an, dass Wasserdampf als ideales Gas mit drei Freiheitsgraden beschrieben werden kann. Zudem sind uns folgende Daten zu Wasser bekannt

- Molare Masse von Wasser: $18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Dichte von Wasser: $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Nimm vereinfachend an, dass die Dichte von Wasser im für diese Aufgabe relevanten Bereich unabhängig vom Druck und der Temperatur ist. Du bekommst zudem ein separates Dokument, worauf ein Ausschnitt des p - T Phasendiagramms für Wasser aufgezeichnet ist.

Teil A. Abkühlung**8 pt.**

i. Was ist die Temperatur des Wasserdampfes in den Behältern? Zeichne diesen Anfangszustand im beiliegenden p - T Diagramm ein.

2 pt.

From the ideal gas law we have

$$T = \frac{pV}{nR}$$

1 pt.

The numerical value is $T = 147.8^\circ\text{C}$.

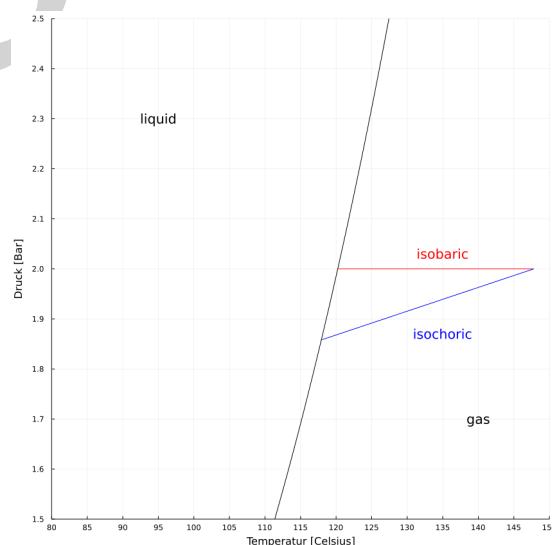
0.5 pt.

The point is correctly drawn in the diagram.

0.5 pt.

Wir wollen nun den Wasserdampf in den beiden Behältern zum Kondensieren bringen. Dazu kühlen wir den einen Behälter isochor und den anderen isobar ab, bis sie gerade zu kondensieren beginnen.

ii. Zeichne diese beiden Prozesse im beiliegenden p - T Diagramm ein.

3 pt.

For the isobaric process, we have a horizontal line until it crosses the saturation curve.

1 pt.

The isochoric process is a straight line with slope $\frac{nR}{V}$.

1 pt.

The isochoric process is correctly drawn in the p - T diagram. It is easiest to calculate another point at T_1 with

$$p_1 = T_1 \frac{p_0}{T_0},$$

where T_0, p_0 are the initial points. Then the data points (T_0, p_0) and (T_1, p_1) can be connected.

1 pt.

iii. Bei welchem Druck und bei welcher Temperatur beginnt der Wasserdampf in den Behältern zu kondensieren?

1 pt.

We take the intersection of the processes with the saturation curve and read off the corresponding temperature and pressure.

We get $T_{t,V} = 118^\circ\text{C}$, $p_{t,V} = 1.86$ bar for the isochoric process. $T_{t,p}$ has to be within $\pm 1^\circ\text{C}$ of the correct value and $p_{t,V}$ has to be within ± 0.03 bar.

0.5 pt.

And $T_{t,p} = 120^\circ\text{C}$, $p_{t,p} = 2$ bar for the isobaric process. $T_{t,p}$ has to be within $\pm 1^\circ\text{C}$ of the correct value.

0.5 pt.

iv. Berechne wie viel Wärme dem Wasserdampf in beiden Prozessen entzogen wurde. Bei welchem Prozess wurde weniger Wärme entzogen?

2 pt.

For the isochoric process we have

$$Q_V = C_V \Delta T = \frac{3}{2} n R (T_0 - T_{t,V}).$$

0.5 pt.

Numerical application gives $Q_V = 373$ J.

0.5 pt.

For the isobaric process we have

$$Q_p = C_p \Delta T = \frac{5}{2} n R (T_0 - T_{t,p}).$$

0.5 pt.

Numerical application gives $Q_p = 573$ J.

0.5 pt.

Teil B. Phasenübergang

6 pt.

Wir betrachten im Folgenden lediglich den Behälter, welchen wir bisher isobar abgekühlt haben. Wir kühlen diesen Behälter weiter isobar ab, um den Wasserdampf kondensieren zu lassen. Das heißt der Druck p_t ist konstant und somit ist auch die Temperatur T_t während des Phasenübergangs durch die Dampfdruckkurve fixiert. Während des Phasenübergangs sind die flüssige und gasförmige Phasen koexistent. Wir bezeichnen die jeweiligen Volumen mit V_{fl} und V_{gas} . Wir sagen, dass der Phasenübergang vollständig abgeschlossen sei, sobald der ganze Wasserdampf zu Wasser kondensiert ist.

i. Angenommen n_0 sei die Anzahl an Gasmolekülen vor Beginn des Phasenübergangs und n_{gas} die Anzahl an Gasmolekülen während des Phasenübergangs. Was ist die Anzahl der Moleküle in der flüssigen Phase?

0.5 pt.

We cannot exchange any particles with the environment therefore the amount of particles is conserved. So we have $n_0 - n_{\text{gas}}$ mole molecules in the liquid phase.

0.5 pt.

ii. Was sind die Volumen V_{fl} und V_{gas} zu Beginn des Phasenübergangs?

1.5 pt.

There is no water at the beginning,

$$V_{\text{li},i} = 0.$$

0.5 pt.

From the ideal gas law,

$$V_{\text{gas},i} = \frac{nRT_t}{p_t}.$$

0.5 pt.

The numerical result is

$$V_{\text{gas},i} = 16.4 \text{ L}.$$

0.5 pt.

iii. Was sind die Volumina V_{fl} und V_{gas} nachdem der Phasenübergang vollständig abgeschlossen ist?

1.5 pt.

We have

$$V_{\text{gas},f} = 0.$$

0.5 pt.

We have n_0 mole particles in water. Therefore

$$V_{\text{li},f} = \frac{n_0 M_{\text{water}}}{\rho}.$$

where ρ is the density.

0.5 pt.

The numerical result is

$$V_{\text{li},f} = 18 \text{ mL}.$$

0.5 pt.

iv. Berechne die mechanische Arbeit, die während des Phasenübergangs am Gas verrichtet wird.

1 pt.

Since the phase transition is isobaric the mechanical work is

$$W = p\Delta V = p(V_{\text{gas},i} - V_{\text{li},f}) \approx pV_{\text{gas},i}.$$

0.5 pt.

The numerical value is

$$W = 3271 \text{ J}.$$

0.5 pt.

Wir wollen nun genauer herausfinden, was während des Phasenübergangs passiert.

v. Finde eine Formel für das Volumen des Systems während des Phasenübergangs in Abhängigkeit von der momentanen Anzahl an Wasserdampfteilchen $n_{\text{gas}} < n_0$, der Anzahl an Wasserdampfteilchen n_0 zu Beginn des Phasenübergangs, dem Druck p_t und der Temperatur T_t .

1.5 pt.

The volume of the gaseous part is by ideal gas law

$$V_{\text{gas},t} = \frac{n_{\text{gas}}RT_t}{p_t}.$$

0.5 pt.

The volume of the liquid part is

$$V_{\text{li},t} = \frac{(n_0 - n_{\text{gas}})M}{\rho}.$$

0.5 pt.

We therefore get

$$V_t = \frac{T_t}{p_t} \left(n_{\text{gas}}R + \frac{p_t}{T_t\rho} M(n_0 - n_{\text{gas}}) \right).$$

0.5 pt.

Teil C. Isochorer Phasenübergang

2 pt.

i. Beschreibe qualitativ was passiert, wenn wir während des Phasenübergangs isochor anstatt isobar abkühlen.

1 pt.

The ratio between vapor and water will decrease by extracting more heat, but since we have fixed volume there will always be some gas left filling out the container. This is possible, because the pressure decreases as well and therefore the gaseous phase is less dense.

1 pt.

ii. Zeichne diesen Prozess des Phasenübergangs im p - T Diagramm ein.

1 pt.

Since we have coexistence of water and vapor we have to be on the water vapor curve. This means the process will follow the water vapor curve.

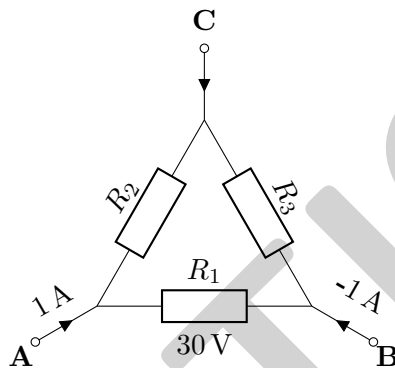
1 pt.

Aufgabe 1.3: Elektrischer Verstärker**16 pt.**

In vielen elektrischen Schaltungen müssen Signale verstärkt werden. Sei es das schwache Signal einer Antenne oder um die Musik lauter zu drehen. In dieser Aufgabe wollen wir anschauen, wie man die Verstärkung von gewissen elektrischen Verstärkern auf einen bestimmten Wert einstellen kann.

Teil A. Aufwärmübung**2 pt.**

Um uns auf die nachfolgenden Aufgaben vorzubereiten, wollen wir kurz die beiden Kirchhoffschen Regeln repetieren. Dazu analysieren wir folgenden Schaltkreis mit drei Kontakten A, B und C:



Aufgrund von Messungen wissen wir, dass am Kontakt A ein Strom von 1 A in den Schaltkreis hineinfließt, dass am Kontakt B ein Strom von 1 A hinausfließt und dass die Spannung über dem Widerstand R_1 30 V beträgt.

i. Wenn der Widerstand R_3 doppelt so gross ist wie R_2 , was ist die Spannung über R_2 ?

2 pt.

We can look at the whole circuit as one knot. Therefore we can deduce that there is no current at point C, from the first Kirchhoff rule. This means the current through R_2 and R_3 is the same.

0.5 pt.

From the second Kirchhoff rule we know that the combined voltage over R_2 and R_3 is equal to the voltage over R_1 .

0.5 pt.

Since there is no current flowing out in point C, R_2 and R_3 split the voltage with a ratio one to two.

0.5 pt.

Therefore the voltage over R_2 is 10 V.

0.5 pt.

Teil B. Verstärkung Einstellen**8 pt.**

In dieser Aufgabe betrachten wir einen invertierenden Verstärker (siehe Abb. 1.3.1) und treffen folgende Annahmen:

- Die Eingangsspannung und Ausgangsspannung haben unterschiedliche Vorzeichen (daher der Name «invertierender Verstärker»).
- Die Eingangsspannung U_{in} wird um einen Faktor $k_0 = -10^6$ verstärkt.

- Der Verstärker ist an eine Stromversorgung mit 12 V und -12 V angeschlossen (nicht eingezeichnet) und kann Ausgangsspannungen nur in diesem Bereich erzeugen.
- Der Eingangswiderstand (interner Widerstand zwischen Eingang und Masse) in den Verstärker ist mit $R_i = 10\text{ M}\Omega$ sehr gross.

i. Was ist der maximale Spannungsbereich ΔU , der beim Eingang angelegt werden kann, damit der Verstärker noch richtig arbeitet?

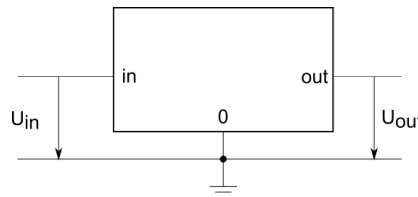


Abbildung 1.3.1: Das Rechteck symbolisiert den Verstärker, die Ausgangsspannung U_{out} ist die um k_0 verstärkte Eingangsspannung U_{in} .

1 pt.

The maximal output range is 24 V. Taking the magnification k into account, the maximal input range is $\Delta U = 24\text{ V}/k_0 = 24\text{ }\mu\text{V}$.

1 pt.

If only taking the output range as 12 V, only reward half the points.

ii. Wenn eine Spannung von $U_{\text{in}} = 1\text{ }\mu\text{V}$ am Eingang angelegt wird, wie viel Strom fließt dann durch den Eingang (in)?

1 pt.

Since the input impedance is $R_i = 10\text{ M}\Omega$, the current is $I = \frac{U}{R} = 10\text{ fA} = 1 \times 10^{-13}\text{ A}$.

1 pt.

iii. Durch das Hinzufügen von zwei Widerständen $R_1, R_2 \ll R_i$ kann die Verstärkung auf einen beliebigen Wert $k < k_0$ eingestellt werden, siehe Abb. 1.3.2. Welche Beziehung gilt (in guter Näherung) zwischen den Strömen I_1 und I_2 ?

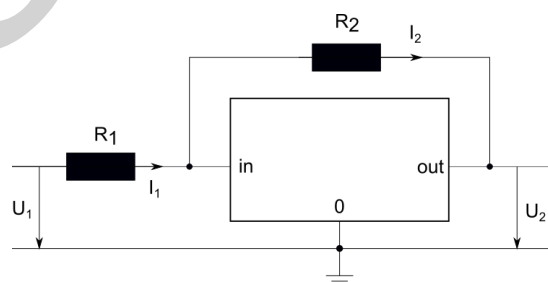


Abbildung 1.3.2: Der Verstärker mit den zwei zusätzlichen Widerständen R_1 und R_2 . Zudem sind die angelegte Spannung U_1 und der Strom I_1 durch R_1 , sowie analog die Spannung U_2 und der Strom I_2 eingezeichnet.

2 pt.

Since the resistance $R_1, R_2 \ll R_i$, we can neglect R_i for current considerations, i.e. no current flows into the input.

Then applying Kirchoff's current law, the current I_1 flowing into the amplifier has to be the same as the one flowing away, i.e. I_2 .

Therefore $I_1 = I_2$ (give this point also if it is obvious from the explanation).

Applying Kirchoff as a sum, one might also find that $I_1 = -I_2$, which is considered here as equivalent.

iv. Angenommen wir wollen eine Verstärkung $k \ll k_0$ erreichen. Was ist das Verhältnis zwischen U_1 und U_2 , bzw. was ist die resultierende Verstärkung in Abhängigkeit von R_1 und R_2 ?

Making use of the currents being equal ($I_1 = I_2 = I$), we get $\frac{U_2}{U_1} = -\frac{IR_2}{IR_1} = -\frac{R_2}{R_1}$.

The amplification is therefore $k = -\frac{R_2}{R_1}$.

Note the minus sign: On one hand this is due to the inverting amplification. On the other hand it is due to the definition of I_1 and I_2 , i.e. to apply Kirchoff's law.

v. Welche Spannung U_{in} liegt am Verstärker an?

There are two approaches, both are equivalent:

From a controller point of view, one can imply that the amplifier sets the output voltage given by U_1 , R_1 and R_2 always such that the voltage at the input U_{in} is zero. Alternatively from the above calculation (with right signs, i.e. $\text{sgn}(U_1) = -\text{sgn}(U_2)$) one sees that the voltage between the two resistors (i.e. the input energy of the amplifier) is always zero.

vi. Angenommen du möchtest ein schwaches Signal mit einer Eingangsspannung $U_1 = 20 \text{ mV}$ um einen Faktor $k = 100$ verstärken, sodass das Signal maximal $10 \mu\text{A}$ Stromstärke hat. Welche Werte R_1 und R_2 wählst du? Gilt die Approximation $R_1, R_2 \ll R_i$ nach wie vor?

In order not to exceed the input current of $10 \mu\text{A}$, we have to choose $R_1 > \frac{U_1}{I_1} = 2000 \Omega$.

On the other hand the output resistor is given by $R_2 = kR_1$.

Since $R_1 \ll R_2 \ll R_i$, the approximation is still valid.

Teil C. Anstiegsrate

Wir gehen wieder zurück zum Verstärker ohne zusätzliche Widerstände, vgl. Abb. 1.3.1. Üblicherweise können Verstärker nicht beliebig schnell die Eingangsspannung verstärken, sondern brauchen eine bestimmte Zeit um zu reagieren. Die Anstiegsrate gibt an, wie schnell die Spannung am Ausgang (out) des Verstärkers maximal ansteigen kann.

i. Angenommen die Anstiegsrate sei $10 \text{ V} \cdot \mu\text{s}^{-1}$. Was ist in etwa die maximale Frequenz, welche noch verstärkt werden kann? Hinweis: Nimm an, dass die Amplitude des Ausgangssignals etwa 1 V sei und das Eingangssignal sinusförmig ist.

The maximal slope of a sinusoidal oscillation with angular frequency ω and amplitude 1 V is $1\omega \text{ V}$.

Equating this with the given raising time leads to the maximal frequency: $\omega = 10 \mu\text{s}^{-1} = 1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$.

Therefore the frequency is of about $f = 1.6 \text{ MHz}$.

Note that in the end the order of magnitude is important. So if there is a good reasoning for a different frequency close to $f = 1.6 \text{ MHz}$, it is also fine.

ii. Angenommen wir wechseln sofort bei $t = 0$ die Spannung am Eingang (in) von 0 V auf $10 \mu\text{V}$. Wie sieht die Ausgangsspannung aus (nutze Zahlengrößen, welche in dieser Aufgabe gegeben sind)? Fertige einen Graphen an.

The maximal output voltage is 10 V . So for big times, it should converge to there.

Before $t = 0$, the output voltage is zero.

The raise of the voltage has to happen within about $1 \mu\text{s}$. Whether the change is given by an exponential or a straight line does not matter.

Labelling of x-axis

Labelling of y-axis

X-axis scaled

Y-axis scaled



**PHYSICS.
OLYMPIAD.CH**

PHYSIK-OLYMPIADE
OLYMPIADES DE PHYSIQUE
OLIMPIADI DELLA FISICA

Physik-Olympiade

Zweite Runde

online, 19. Januar 2021

Teil 2 : 20 MC Fragen

Dauer : 60 Minuten

Total : 20 Punkte (20×1)

Erlaubte Hilfsmittel : Taschenrechner ohne Formelspeicher
Schreib- und Zeichenmaterial
Ein beidseitig handgeschriebenes A4
Notizblatt

Viel Erfolg!

Supported by :



Naturkonstanten

Cäsium-Hyperfeinfrequenz	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	9.192 631 770	$\times 10^9$	s^{-1}
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	c	2.997 924 58	$\times 10^8$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Planck-Konstante	h	6.626 070 15	$\times 10^{-34}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Elementarladung	e	1.602 176 634	$\times 10^{-19}$	$\text{A} \cdot \text{s}$
Boltzmann-Konstante	k_{B}	1.380 649	$\times 10^{-23}$	$\text{K}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
Avogadro-Konstante	N_{A}	6.022 140 76	$\times 10^{23}$	mol^{-1}
Photometrisches Strahlungsäquivalent	K_{cd}	6.83	$\times 10^2$	$\text{cd} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^3 \cdot \text{sr}$
Magnetische Konstante	μ_0	1.256 637 062 12(19)	$\times 10^{-7}$	$\text{A}^{-2} \cdot \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
Elektrische Konstante	ε_0	8.854 187 812 8(13)	$\times 10^{-12}$	$\text{A}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^4$
Gaskonstante	R	8.314 462 618...		$\text{K}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
Stefan-Boltzmann-Konstante	σ	5.670 374 419...	$\times 10^{-8}$	$\text{K}^{-4} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$
Gravitationskonstante	G	6.674 30(15)	$\times 10^{-11}$	$\text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$
Elektronenmasse	m_{e}	9.109 383 701 5(28)	$\times 10^{-31}$	kg
Neutronenmasse	m_{n}	1.674 927 498 04(95)	$\times 10^{-27}$	kg
Protonenmasse	m_{p}	1.672 621 923 69(51)	$\times 10^{-27}$	kg
Normfallbeschleunigung	g_{n}	9.806 65		$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Multiple Choice: Antwortblatt

Zeit: 60 Minuten

Maximalpunktzahl: 20 Punkte (1 Punkt pro richtige Antwort)

Gebe deine Antworten in den dafür vorgesehenen Kästchen auf dieser Seite an.

Beschrifte die Blätter mit deinem Namen und der Aufgabennummer. Nummeriere zudem deine Lösungsblätter.

- Multiple-Choice-Aufgaben (**MC**) haben mehrere Aussagen, von denen **genau eine** richtig ist. Wenn Du genau die richtige Antwort auf dem Antwortblatt markierst, erhältst Du einen Punkt, sonst null.

Nachname:	Vorname:	Total:
------------------	-----------------	---------------

	A)	B)	C)	D)	E)	F)
Frage 2.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Frage 2.2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Frage 2.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Frage 2.6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Frage 2.11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Frage 2.13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Frage 2.17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Frage 2.18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Frage 2.20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Multiple Choice: Fragen

Frage 2.1 (MC)

Wie viele Eier werden jährlich durch die gesamte Menschheit konsumiert?

- A) 7.67×10^7 t B) 7.67×10^8 t
C) 7.67×10^9 t D) 7.67×10^{10} t

Frage 2.2 (MC)

Wie gross ist die maximale mittlere Leistung eines Velofahrers / einer Velofahrerin (für kurze Zeit)?

- A) 10 W B) 100 W C) 1000 W
D) 10 000 W E) 100 000 W

Frage 2.3 (MC)

Die Temperatur T eines Schwarzen Lochs (die sogenannte Hawking-Strahlungstemperatur) lässt sich im Wesentlichen als Funktion seiner Masse M und der fundamentalen Konstanten h (Planck-Konstante), c (Lichtgeschwindigkeit), k_B (Boltzmann-Konstante) und G (Gravitationskonstante) schreiben. Wenn wir alle numerischen Konstanten ausser Acht lassen, ist T also proportional zu:

- A) $\frac{hcG}{k_B M}$ B) $\frac{hc^6}{G^2 M^2}$ C) $\frac{hc^2}{G^2 k_B}$ D) $\frac{k_B c^2}{GMh}$ E) $\frac{hc^3}{Gk_B M}$

Frage 2.4 (MC)

Sabrine bügelt Wäsche überhaupt nicht gerne. Deshalb holt sie sich Hilfe bei Maurice. Im Wissen, dass sie selbst 1h30 und Maurice 3h braucht, um die Wäsche alleine zu bügeln, wie viel Zeit brauchen sie zusammen?

- A) 50 min B) 60 min C) 70 min D) 80 min

Frage 2.5 (MC)

Eine im Wasser (Dichte $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) schwimmende Eisscholle (Dichte $920 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) hat die Form eines vertikalen Zylinders. In einem Tag schmilzt sie so viel, dass sie 10 cm weniger weit aus dem Wasser ragt (aber noch immer die Form eines Zylinders hat). Um wie viel ist sie unterhalb der Wasseroberfläche geschmolzen?

- A) 10 cm B) 85 cm C) 115 cm D) 230 cm

Frage 2.6 (MC)

Von welchen Grössen hängt die Erdbeschleunigung (g) ab?

- A) Von gar keiner, es handelt sich um eine fundamentale Konstante.
B) Von der Distanz zwischen Sonnen und Erde.
C) Von der Sonnenmasse.
D) Von der Höhe über dem Meeresspiegel.
E) Vom Luftdruck.

Frage 2.7 (MC)

Ein Damm soll gebaut werden um vor einer Überschwemmung des Bielersees (Fläche 39 km^2 , Umfang 45 km) zu schützen. Welchem Druck muss der Damm standhalten, um einen Überlauf von 10 cm zu verhindern?

- A) 9.8 hPa B) 8.5 MPa C) 61 MPa
D) 440 MPa E) 3.8 TPa

Frage 2.8 (MC)

Beim gemütlichen Mittagessen hörst du vom Tisch gegenüber, dass ein Blauwal bis zu 33 m lang und 200 t schwer werden kann. Was ist der Durchmesser des Wales? Nehme der Einfachheit halber an, dass der Wal aus Wasser besteht und die Form eines Zylinders hat.

- A) 0.75 m B) 1.5 m C) 3 m D) 5 m E) 10 m

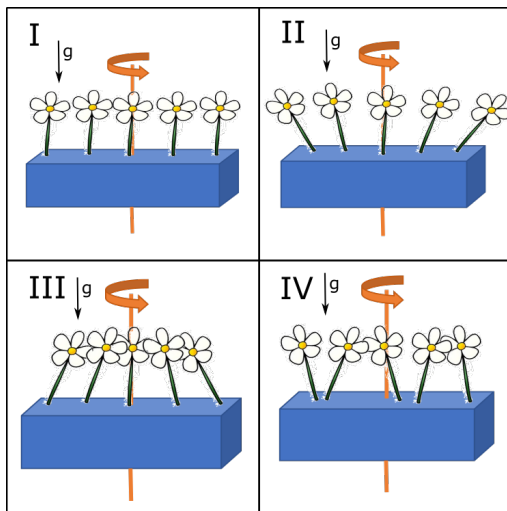
Frage 2.9 (MC)

Das Herz unseres Blauwales pumpt in der Minute bis zu 5000 L Blut mit nur etwa 5 Herzschlägen. Die Aorta hat einen Durchmesser von 20 cm. Wie gross muss dafür die Fliessgeschwindigkeit des Blutes sein (nehme eine konstante Fliessgeschwindigkeit über den ganzen Querschnitt an)?

- A) $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ B) $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ C) $5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
D) $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ E) $0.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

Frage 2.10 (MC)

Wie du sicherlich schon beobachtet hast, wachsen Blumen normalerweise senkrecht nach oben, unabhängig ob sie in einer Fläche oder an einem Hang wachsen. Physikalisch kann man dies so formulieren, dass sie immer entgegengesetzt zur zeitlich gemittelten einwirkenden resultierenden Kraft wachsen. Wir stellen nun einen Blumentopf auf eine drehende Platte. Welche Wuchsform haben die neuen Blumen (sie waren noch sehr klein, als sie auf die drehende Platte gestellt wurden)?



- A) I B) II C) III D) IV

Frage 2.11 (MC)

Barbara hat ein Linse mit einer Brennweite von 30 cm. Sie möchte ein Feuer entfachen. Wie weit muss sie das Objektiv vom Holz weg halten?

- A) So nahe wie möglich.
 B) 15 cm
 C) 30 cm
 D) 60 cm
 E) So weit weg wie möglich.

Frage 2.12 (MC)

Astronaut Gabriel hat sich zur Erfrischung ein Rivella mit auf den Mond genommen. Während der Reise wurde das Rivella aber stark durchgeschüttelt. Gabriel wurde mitgeteilt, dass auf der Erde die Flaschen einen Berstdruck von etwa 5 bar haben. Die durch das Schütteln freigesetzte Kohlensäure erhöht den Partialdruck vom CO_2 in der Flasche um 3.5 bar. Kann Gabriel das Rivella durch die Luftschleuse aus dem Raumschiff herausnehmen, und damit ein Selfie machen, ohne dass sein Raumanzug (von aussen) dreckig wird?

- A) Nein, die Flasche wird platzen.
 B) Ja, kein Problem.
 C) Nein, die Flasche wird implodieren.

Frage 2.13 (MC)

Ein zerstreuter Physiker hat bei der Bäckerei 2 dm^3 Brot bestellt. Der Bäcker weiss, du kennst dich in Thermodynamik aus, und fragt dich um Hilfe beim Brot backen.

Er erinnert sich, dass sein Teig auf das doppelte Volumen aufgegangen ist und ein Anfangsvolumen von 0.8 L hatte. Bei welcher Temperatur muss das Brot gebacken werden, damit es möglichst genau das gewünschte Volumen hat? Nehme an, das Brot hat augenblicklich die Temperatur des Backofens und der Druck im Brot beträgt immer 1 bar. Nimm an, alles ursprüngliche Gas bleibt im Brot. Ignoriere die Wärmeausdehnung von Feststoffen.

- A) 125°C B) 175°C C) 225°C
 D) 275°C E) 325°C

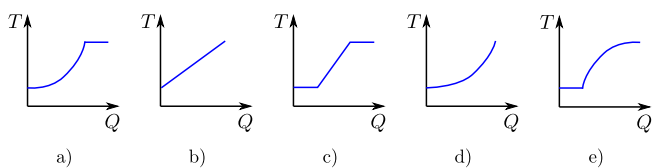
Frage 2.14 (MC)

In einem offenen Gefäß befindet sich 1 kg kochendes Wasser. Wir fügen ein Stück Blei mit einer Masse von 0.5 kg und einer Anfangstemperatur von 250 °C dem Wasser hinzu. Welche Aussage über die Temperatur T_w des Wassers und T_l des Bleis unmittelbar nach der Zugabe des Bleistücks stimmt?

- A) T_w sinkt und T_l bleibt konstant.
- B) T_w steigt und T_l bleibt konstant.
- C) T_w steigt und T_l sinkt.
- D) T_w bleibt konstant und T_l sinkt.
- E) T_w bleibt konstant und T_l steigt.

Frage 2.15 (MC)

Welche Grafik beschreibt am besten den Zusammenhang zwischen der mittleren kinetischen Energie E_k eines idealen Gasmoleküls und seiner absoluten Temperatur T ?



- A) a B) b C) c D) d E) e

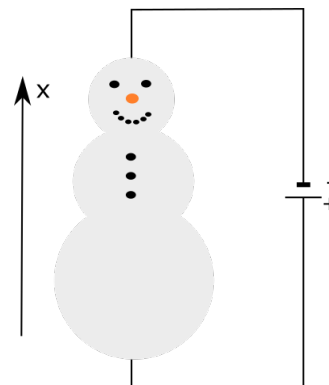
Frage 2.16 (MC)

Mathilde baut einen kleinen elektrischen Schaltkreis, um ein Signal zu verstärken. Sie benötigt einen Widerstand von genau 72 mΩ. Da sie keinen gefunden hat, beschliesst sie ihn aus Kupferdraht mit einem Durchmesser von 0.5 mm herzustellen. Im Wissen, dass die Leitfähigkeit von Kupfer $\sigma = 5.95 \times 10^7 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ beträgt, wie viel Draht wird sie benötigen?

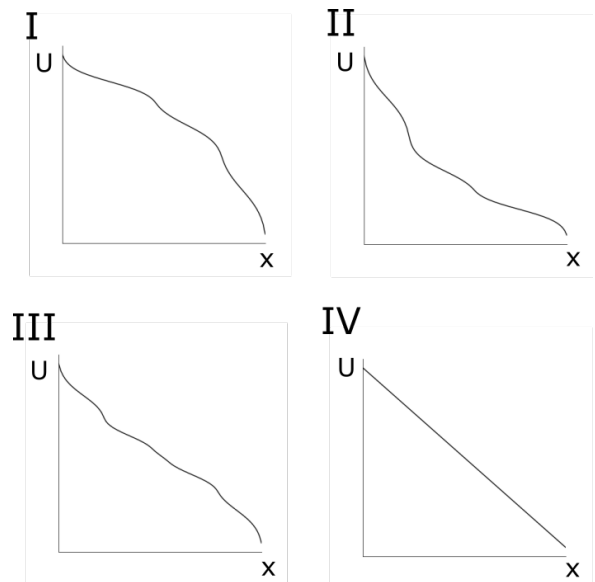
- A) $5.90 \times 10^{-1} m$
- B) $8.40 \times 10^{-1} m$
- C) 1.19 m
- D) 1.69 m

Frage 2.17 (MC)

Du hast einen Widerstand in Form eines Schneemanns.



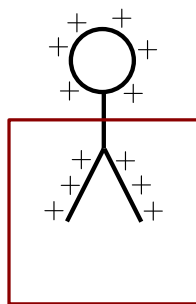
Wie sieht die Funktion des Spannungsabfalls in Abhängigkeit von der Strecke aus?



- A) I B) II C) III D) IV

Frage 2.18 (MC)

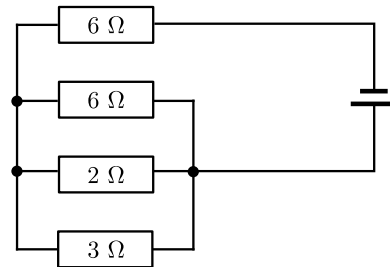
Ein Blättchenelektroskop ist ein Gerät, mit dem elektrische Ladungen nachgewiesen werden können. Es besteht aus einem Metallknopf und zwei kleinen Metallblättern in einer Vakuumkammer (in rot), die über einen Metallstab mit dem Metallknopf verbunden sind. Die Blätter können sich frei bewegen. Das Bild zeigt ein *positiv* geladenes Elektroskop. Nehmen wir nun an, wir nähern uns mit einem *positiv* geladenen Glasstab des Knaufts dieses Elektroskops, ohne ihn jedoch zu berühren. Welche Aussage über die Ladung des Knaufts und den Abstand zwischen den Blättern stimmt?



- A) Die Ladung auf dem Knopf verkleinert sich und die Distanz der Blätter verkleinert sich.
- B) Die Ladung auf dem Knopf verkleinert sich aber die Distanz der Blätter vergrößert sich.
- C) Die Ladung auf dem Knopf vergrößert sich und die Distanz der Blätter vergrößert sich.
- D) Die Ladung auf dem Knopf vergrößert sich aber die Distanz der Blätter verkleinert sich.
- E) Beide bleiben konstant.

Frage 2.19 (MC)

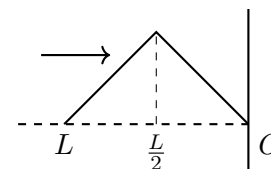
In der folgenden Schaltung fließt ein Strom von 3 A durch den 2 Ω-Widerstand. Wie gross ist die Spannung, die von der Spannungsquelle geliefert wird?



- A) $U = 12 \text{ V}$ B) $U = 21 \text{ V}$ C) $U = 24 \text{ V}$
- D) $U = 30 \text{ V}$ E) $U = 42 \text{ V}$ F) $U = 51 \text{ V}$

Frage 2.20 (MC)

Ein dreieckiger Impuls der Länge L wird am festen Ende der Schnur, auf der er sich bewegt, vollständig reflektiert. Wie sieht die Form des Impulses aus, nachdem eine Länge $\frac{3L}{4}$ des Impulses reflektiert worden ist?



- A)
- B)
- C)
- D)

Multiple Choice: Lösungen

	A)	B)	C)	D)	E)	F)
Frage 2.1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Frage 2.2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Frage 2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Frage 2.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Frage 2.6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.9	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Frage 2.11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Frage 2.13	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.15	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.16	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Frage 2.17	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Frage 2.18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Frage 2.19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Frage 2.20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		