

Schriftliche Maturprüfung Physik

Datum: 16.05.2022
 Zeit: 08:00-12:00
 Formelsammlung: Formeln und Daten zur Physik
 Mathematische Formelsammlung
 Taschenrechner: TI-NSpire CX CAS

Name:, Klasse:

Es gelten die folgenden Bedingungen:

- **Rechnungsaufgaben** sind zuerst formal zu lösen, d.h. der Weg zum Resultat muss aus der Herleitung nachvollziehbar sein.
- Resultate sind nach den **Rundungsregeln** zu runden.
- Numerische Resultate, die direkt, also ohne Rechnung ermittelt werden können, sind kurz stichwortartig zu begründen.
- **Textantworten** müssen einsichtig, physikalisch stichhaltig und sprachlich vertretbar formuliert sein.
- Die **Punktzahl** steht hinter jeder (Teil-)Aufgabe in Klammern.
- Die maximale Punktzahl beträgt **72.5 Punkte**.
- Die maximal erreichbare Note beträgt **6.0**.

Klasse Profil Examiner

Aufgabe:	1	2	3	4	5	6	Total
Punkte:	7	17½	10½	11½	13	13	72½
erreichte Punktzahl:							

$$\text{Note} = \frac{\text{erreichte Punktzahl}}{65} \cdot 5 + 1 \text{ (gerundet auf halbe Noten)} = \boxed{}$$

1. Mechanik - Tischbombe (7 Punkte)

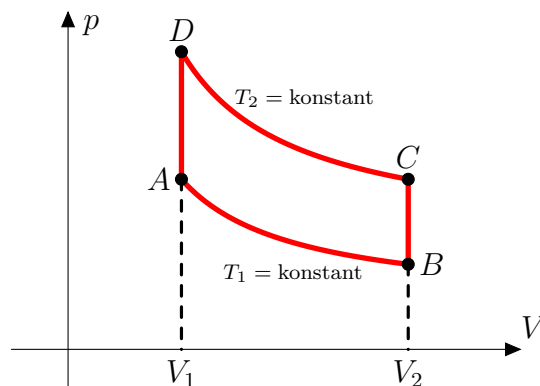
An einer Silvesterfeier filmt Simon, wie der Inhalt einer Tischbombe vom Boden aus senkrecht nach oben geschleudert wird. An Neujahr schaut er sich den Film erneut an und stellt fest, dass es 1.83 Sekunden dauert, bis die Partyartikel wieder auf dem Boden landen.

- (a) Skizzieren Sie qualitativ je ein $s-t$ -, $v-t$ - und $a-t$ -Diagramm für den Flug eines Partyartikels der zufälligerweise genau senkrecht nach oben geschleudert wird. Markieren Sie markante Größen wie maximale Höhe h , maximale und minimale Geschwindigkeit $v_{\min/\max}$ und Beschleunigung $a_{\min/\max}$, wie auch die halbe ($T_{1/2}$) und gesamte Flugdauer T in den Diagrammen. [3 P.]
- (b) Bestimmen Sie die maximale Höhe und die Geschwindigkeit, mit der der Partyartikel aus (a) nach oben katapultiert wird. [2 P.]
- (c) Bei der Berechnung von (b) kommt Simon ins Staunen. Auf dem Video kann er beobachten, dass kein Partyartikel die Decke des Raumes berührt. Dieser schätzt er als ca. 2.5 m hoch ein. Nennen Sie zwei Gründe, wieso es Abweichungen zwischen der berechneten Höhe und der beobachteten Höhe gibt. [1 P.]
- (d) Simon ist nun von der Tischbombe fasziniert und forscht im Internet. Da findet er heraus, dass für diesen Typ von Tischbombe, der Inhalt maximal 70 g sein darf. Berechnen Sie welche Energie die Explosion mindestens freigeben muss, damit die Partyartikel im Idealfall alle gleich hoch und senkrecht nach oben katapultiert werden. [1 P.]

Punkte: von 7

2. Wärmelehre - Eine Kältemaschine (17½ Punkte)

Wir betrachten das p - V -Diagramm, welches einen idealisierten Prozessablauf einer Kältemaschine mit einem idealen Gas darstellt.



- (a) Benennen Sie die 4 Phasen und beschreiben Sie stichwortartig jeweils die einzelnen Phasen des Prozesses mithilfe der Zustandsvariablen (p , V , T), der Energie und der Entropie. [4 P.]
- (b) Bestimmen Sie die Energie- und Entropieänderungen in den einzelnen Phasen des Prozesses formal und zeigen Sie, dass die gesamte Entropieänderung null ist. [7 P.]
- (c) Zeigen Sie durch Rechnung, dass der Wirkungsgrad $\eta = 0.30$ ist, wenn die Temperaturen 0°C und 50°C betragen und sich das Volumen verdoppelt. [3.5 P.]
- (d) Bei einem Kühlschrank laufe der Prozess zwischen der Temperatur 0°C der Kühlplatten im Innern des Kühlschranks und der Temperatur 50°C des schwarzen Wärmetauschers aussen am Kühlschrank ab. [3 P.]
 Berechnen Sie die Zeit in Sekunden, die der Kühlschrank benötigt, um 50 kg Lebensmittel, die im Wesentlichen aus Wasser bestehen, von 25°C auf 5°C abzukühlen, wenn seine elektrische Leistung $P = 150\text{ W}$ beträgt.
 Vergleichen Sie diesen Wert mit der Zeit, die bei derselben Leistung für eine Erwärmung derselben Menge um dieselbe Temperaturdifferenz benötigt würde.

Punkte: von 17½

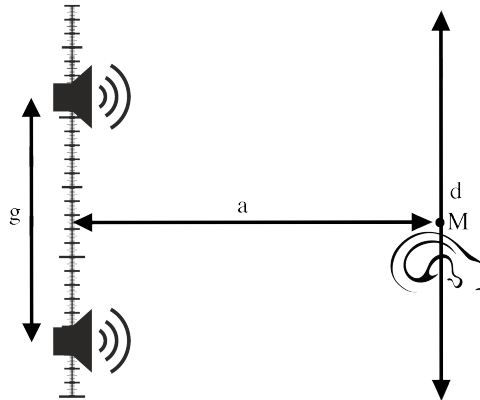
3. Wellen - Lautsprecher (10^{1/2} Punkte)

Aus einem Lautsprecher treten Schallwellen mit einer Frequenz von 440 Hz aus und treffen auf eine 3.0 m entfernte, perfekt reflektierende Wand. Im Raum herrscht eine Temperatur von 20 °C.

- (a) Erstellen Sie ohne Hilfsmittel eine Skizze von den einfallenden und reflektierten Wellenfronten und erklären Sie, was genau an der Wand bei der Reflexion physikalisch passiert. [1 P.]
- (b) Unter welchen Bedingungen kommt es zu einer stehenden Welle? Und was passiert, wenn die Frequenz erhöht wird? [2 P.]

Statt nur einem Lautsprecher werden zwei verwendet, die miteinander gekoppelt sind, so dass identische Schallwellen ausgesendet werden.

- (c) Die Lautsprecher befinden sich im Abstand $g = 1.0$ m von einander entfernt. Im Abstand $a = 2.7$ m soll sich ein Empfänger entlang der Linie d bewegen. Erklären Sie physikalisch, warum ein Empfänger, wenn er sich der Linie entlang bewegt, zwischen nichts bis zu einem sehr lauten Ton wahrnehmen kann. [1.5 P.]



Quelle: <https://www.ulfkonrad.de/physik/12-13/2-semester/wellen/interferenz-2-lautsprecher>

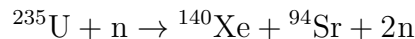
- (d) Bestimmen Sie den Gangunterschied Δs der beiden Wellen, wenn der Empfänger auf der Linie d exakt gegenüber der Mitte der beiden Lautsprecher im Punkt M steht? Was bedeutet dieser Gangunterschied? [2 P.]
- (e) Wie weit muss sich der Empfänger vom Mittelpunkt M auf d bewegen, bis er wieder die gleiche Situation wie in (d) antrifft? [3 P.]
- (f) Nennen Sie zwei wesentliche physikalische Unterschiede, abgesehen von Wellenlänge und Frequenz, zwischen elektromagnetischen Wellen und Schallwellen. [1 P.]

Punkte: von 10^{1/2}

4. Kernphysik - Uran-Actinium-Zerfallsreihe (11½ Punkte)

Die Uran-Actinium-Zerfallsreihe beginnt bei ^{235}U und endet bei ^{207}Pb .

- (a) Bestimmen Sie die Anzahl der α -Zerfälle und die Anzahl der β -Zerfälle. [1 P.]
- (b) Berechnen Sie die Energie in MeV, die durch alle Zerfallsprozesse von ^{235}U bis zum stabilen ^{207}Pb frei wird. [2.5 P.]
- (c) ^{235}U wird auch in Kernspaltungsreaktoren verwendet. Bestimmen Sie die Energie, die bei einer Spaltung gemäss der folgenden Reaktion frei wird [2.5 P.]



Die Spaltprodukte zerfallen über mehrere Schritte relativ schnell in ^{140}Ce (139.905 439 u) bzw. ^{94}Zr (93.906 315 u). Vergleichen Sie den Wert der Gesamtenergie mit dem aus Teilaufgabe (b).

- (d) Die Sprengkraft einer Bombe wird in Kilotonnen TNT angegeben. Bei der Explosion von 1.0 kg TNT werden ca. 4.0 MJ frei. Die Hiroshima-Bombe hatte eine Sprengkraft von 14 Kilotonnen TNT. Bestimmen Sie die Ruhemasse, die in Energie umgesetzt wurde und zeigen Sie, dass etwa $1.7 \cdot 10^{24}$ Spaltungen stattfanden, wenn bei jeder Spaltung ca. 200 MeV frei werden. [2.5 P.]
- (e) Bei 6.2% der Spaltung entsteht ^{137}Cs . Bestimmen Sie die Bodenaktivität von ^{137}Cs in Bq/m^2 unter der Annahme, dass sich der Fallout auf eine Kreisfläche mit dem Radius von 15 km gleichmässig verteilt und die Halbwertszeit 26.6 a beträgt. [3 P.]

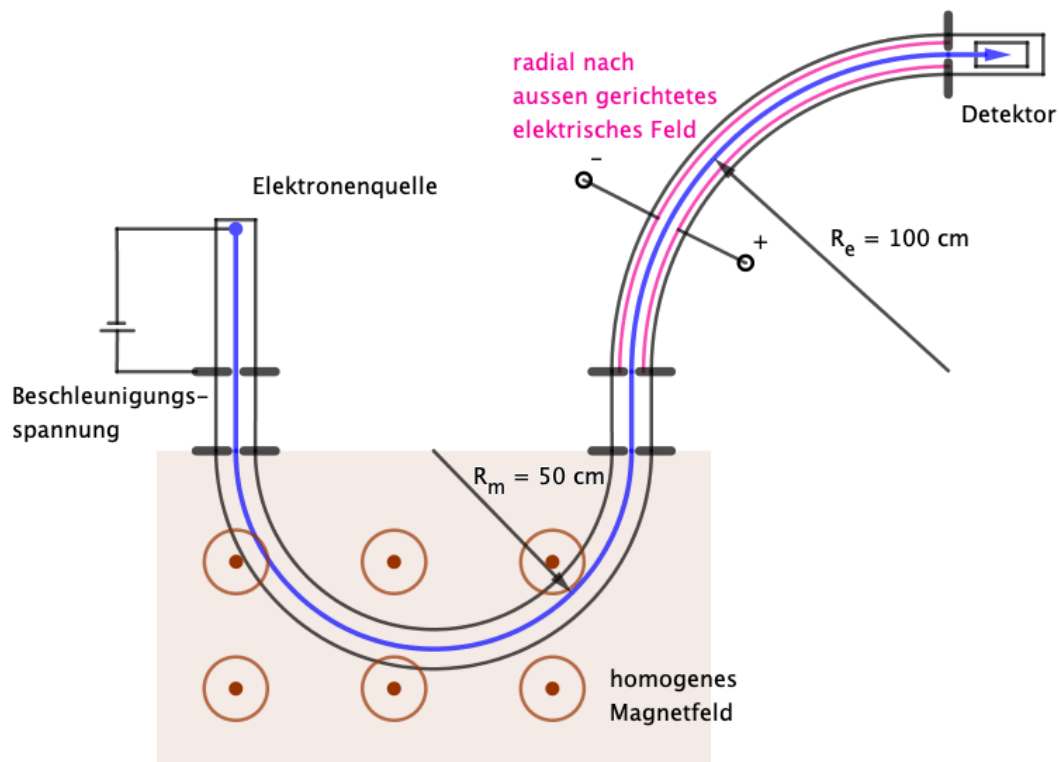
Punkte: von 11½

5. SRT - Bestimmung der relativistischen Massenzunahme (13 Punkte)

Zur Überprüfung der Formel für die relativistische Massenzunahme wurde 1963 an der Universität Zürich ein Präzisionsexperiment durchgeführt. Elektronen wurden auf über 90% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und dann von einem magnetischen gefolgt von einem elektrischen Feld auf Kreisbahnen abgelenkt (siehe Skizze). Getestet wurde die Gültigkeit der Formel

$$k = \frac{m/m_0}{\sqrt{1 + \left(\frac{p}{m_0 c}\right)^2}}$$

Für $k = 1$ folgt aus dieser Formel die Gültigkeit für die relativistische Massenzunahme.



Die von der Hochspannung U beschleunigten Elektronen werden von einem homogenen Magnetfeld der Stärke B auf einen Halbkreis mit dem Radius $R_m = 50$ cm abgelenkt. Anschliessend lenkt ein radial nach aussen gerichtetes elektrisches Feld der Stärke E die Elektronen auf einen Viertelkreis mit Radius $R_e = 100$ cm. Die Radien konnten mit einer Genauigkeit von $0.01\% = 1 \cdot 10^{-4}$ (also auf μm genau) im Experiment aufgebaut werden. Entsprechend der Geschwindigkeit v der Elektronen müssen die Feldstärken B und E auf bestimmte Werte eingestellt werden, damit die Elektronen auf Sollkreisbögen fliegend den Detektor erreichen.

- (a) Zeigen Sie, dass für $k = 1$ und $p = mv$ aus obiger Formel die Gleichung für die relativistische Massenzunahme folgt. [2 P.]

- (b) Erklären Sie, warum sich Elektronen in beiden Feldern auf Kreisbögen bewegen. [2 P.]
- (c) i) Zeigen Sie, dass sich durch die Ablenkung im Magnetfeld der Impuls $p = qR_m B$ ergibt. [1 P.]
- ii) Zeigen Sie, dass sich durch Ablenkung im elektrischen Feld der Term $p^2/m = qR_e E$ ergibt. [1.5 P.]
- iii) Geben Sie damit auch die Formel zur Berechnung von m an. [1 P.]
- (d) Bei einer nur ungenau zu messenden Beschleunigungsspannung von $U \approx 2.3 \text{ MV}$ mussten die folgenden Feldstärken eingestellt werden, um einen maximalen Detektorstrom zu erhalten: [1.5 P.]

$$B = 18.4566 \text{ mT} \quad \text{und} \quad E = 2.71955 \text{ MV/m}$$

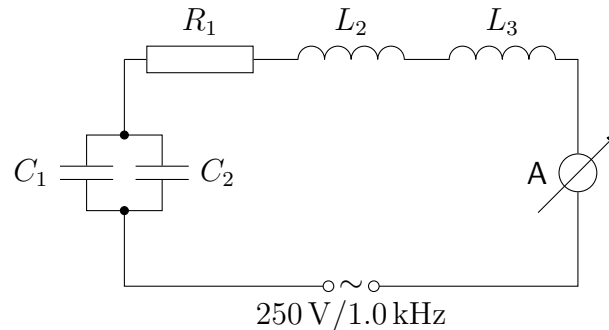
Berechnen Sie mit den ermittelten Feldstärken B und E den Wert für k . *Zur Erinnerung: Die Radien konnten auf μm genau bestimmt werden.*

- (e) Berechnen Sie die Energie E in MeV und die kinetische Energie E_{kin} in MeV eines Elektrons. Geben Sie damit den genauen Wert der Beschleunigungsspannung U an. [3 P.]
- (f) Berechnen Sie die Geschwindigkeit v der beschleunigten Elektronen in Abhängigkeit von c . [1 P.]

Punkte: von 13

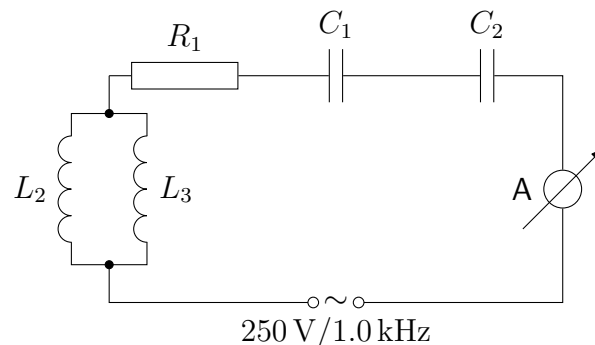
6. Wechselstromtechnik - Reihenschaltung (13 Punkte)

Gegeben ist der folgende Stromkreis bestehend aus zwei Kondensatoren mit den Kapazitäten $C_1 = 5.0 \mu\text{F}$ und $C_2 = 5.0 \mu\text{F}$, dem Widerstand $R_1 = 60 \Omega$ und den Spulen $L_2 = 5.0 \text{ mH}$ und $L_3 = 40 \text{ mH}$. Bei Gleichspannung weisen die Spulen jeweils einen Widerstand von $R_2 = 10 \Omega$ und $R_3 = 20 \Omega$ auf. Zudem ist auch ein Strommessgerät in den Stromkreis eingebaut, dessen Widerstand man vernachlässigen kann.



- Skizzieren Sie einen Ersatzstromkreis, wo die entsprechenden Wechselstrombauteile zusammengefasst werden. Bestimmen Sie jeweils auch die Ersatzwerte. [4 P.]
- Berechnen Sie die Stromstärke I_{eff} , die durch den Strommesser fließt. [2 P.]
- Wie gross ist die Wirkleistung? [2 P.]
- Bestimmen Sie die Wärme Q , die in einer Minute von diesem Stromkreis an die Umgebung abgegeben wird. [1 P.]

Der Stromkreis wird mit den selben Bauteilen umgebaut und schaut wie folgt aus:



- Bestimmen Sie die Ersatzwerte und die gemessene Stromstärke I_{eff} . [4 P.]

Punkte: von 13