

Maturitätsprüfungen 2021 – Physik schriftlich**Klassen:** 4A (DaU)

Prüfungsdauer: 4 Stunden

Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner TI N'Spire CAS oder einfacheres Modell inkl. «solve»,
DPK Formelsammlung

Lösungen Beginnen Sie jede Aufgabe auf einem neuen Blatt.
Der Weg zum Resultat muss nachvollziehbar sein.
In allen numerischen Daten und Resultaten sind die korrekten Einheiten mit
anzugeben und eine sinnvolle Präzision einzuhalten.
Endresultate bitte doppelt unterstreichen.

Bewertung Sofern nicht anders erwähnt, zählt jede Teilaufgabe 1 P. Die maximale
Punktzahl beträgt 47.5 Punkte. Die Benotung erfolgt gemäss der Formel:
 $\text{Note} = 1 + \text{Punktesumme} / 42.75 \cdot 5$, wobei auf halbe Noten gerundet und
keine Note über 6 gesetzt wird.

Mögliche Punktzahl:

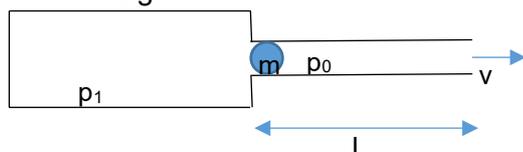
Erreichte Punktzahl:

Note:

Name:

1. **Golfballkanone (12 Punkte)**

In einer interessanten Maturarbeit stellte sich 2019 ein Schüler am Gym Liestal die Frage, ob er mit Druckluft einen Golfball ($m=45\text{g}$, $r=2.1\text{cm}$) auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigen kann. Ein alter Feuerlöscher ($V_1=10$ Liter) wird mit Druckluft (max. 10 bar) gefüllt. Wenn das selbstkonstruierte Ventil (nicht eingezeichnet) geöffnet wird, wird der Ball durch den Überdruck ($p=9$ bar) durch das Rohr der Länge $L=1\text{m}$ (Innenradius 2.15 cm) gedrückt und dabei annähernd gleichmässig beschleunigt. Der Ball verlässt das Rohr mit der Geschwindigkeit v .



- Der Schüler rechnet fälschlich mit dem Ansatz $E_{\text{kin}}=pV_1$. Welchen Wert für v erhält er so?
- Zeigen Sie, dass die Grösse pV tatsächlich die korrekte Einheit J hat.
- Die Rechnung ist dennoch falsch, da die Formel in Teil a so nicht existiert. Eine andere Abschätzung ist besser: Nehmen Sie an, dass der Druck beim Schuss konstant sei und berechnen Sie über $p \rightarrow F \rightarrow a \rightarrow v$ die gesuchte Geschwindigkeit am Ende des Rohrs. (2P)
- Handelt es sich um eine obere oder untere Grenze? Geben Sie mindestens 2 Gründe.
- Nun ist der Druck während des Schusses nicht konstant, sondern sinkt etwas, während sich das Volumen vergrössert. Gehen wir hier zunächst von einem isothermen Vorgang aus. Wie gross ist das Endvolumen V_2 in Litern?
(Ersatzwert für die kommenden Aufgabenteile: 11.5 Liter)
- Zeigen Sie mit Hilfe der Integralrechnung $W = \int_{V_1}^{V_2} p dV$ und dem Gasgesetz, dass $W=p_1 \cdot V_1 \cdot \ln(V_2/V_1)$ gilt.
- Berechnen Sie nun ausgehend von Teil f die gesuchte Geschwindigkeit.
- Da das Ventil möglichst rasch geöffnet wird, ist es wohl korrekter, von einer adiabatischen Expansion auszugehen. Berechnen Sie zunächst, auf welchen Wert T_2 sich das Gas (Luft, $\kappa=1.4$) dabei abkühlt, wenn wir von $T_1=293\text{K}$ ausgehen. (Ersatzlösung für i: $T=280\text{K}$)
- Da adiabatisch kein Wärmeaustausch mit der Umgebung stattfindet, entspricht die geleistete Arbeit W genau der Energieänderung $E=nC_v\Delta T$, wobei n die Anzahl Mol (für $p=9\text{bar}$) sind, $C_v=20.7\text{J}(\text{mol}\cdot\text{K})$. Bestimmen Sie hieraus einen neuen Wert für v . (2P)
- Dieser Teil ist unabhängig von den vorherigen lösbar:
Gehen wir nun von einem Wert $v=200\text{m/s}$ aus. Wie weit fliegt ein unter 45° abgeschlossener Golfball unter Vernachlässigung des Luftwiderstands?

2. Auswirkung der globalen Erwärmung (4.5P)

Die globale Erwärmung der Erde lässt bekanntlich den Meeresspiegel ansteigen. Neben dem Abschmelzen des auf Land liegendem Eis (Grönland, Antarktis) spielt auch die thermische Ausdehnung des Wassers eine Rolle. Beides soll hier abgeschätzt werden. Wir gehen von folgenden Annahmen aus:

- (i) Die mittlere globale Temperatur steigt um 2°C und die Weltmeere folgen diesem Anstieg (langsam, aber sicher)
- (ii) Die Erde sei vollständig mit Wasser mit einer mittleren Tiefe von 2000m bedeckt
- (iii) Die Erde sei eine perfekte Kugel mit $R=6370\text{ km}$.
- (iv) Das Meerwasser verhalte sich thermisch wie reines Wasser bei 20°C .

- a. Wieviel m^3 Wasser gibt es heute in den Weltmeeren? Wie gross wäre der Anstieg Δh_1 ? (1.5P)
- b. Die wärmere Atmosphäre (effektiv $h=15\text{km}$) kann etwa $1\text{g}/(^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^3)$ mehr Wasserdampf aufnehmen. Wie viel Wasser verglichen mit dem Zuwachs aus Teil a könnte die Atmosphäre zusätzlich aufnehmen? Welcher Höhendifferenz entspricht das? (1.5P)
- c. Die Fläche Grönlands (2.1 Mio. km^2) und der Antarktis (13.2 Mio. km^2) sind mit einem Eispanzer der durchschnittlichen Dicke 2 km bedeckt. Wie gross wäre bei komplettem Abschmelzen der dadurch verursachte Meeresspiegelanstieg Δh_2 ? ($\rho_{\text{Eis}}=917\text{kg}/\text{m}^3$, Wärmeausdehnung des Eiswassers vernachlässigt). (1.5P)

3. How to build a CPU from Scratch (MA Martin Baader, 4P)

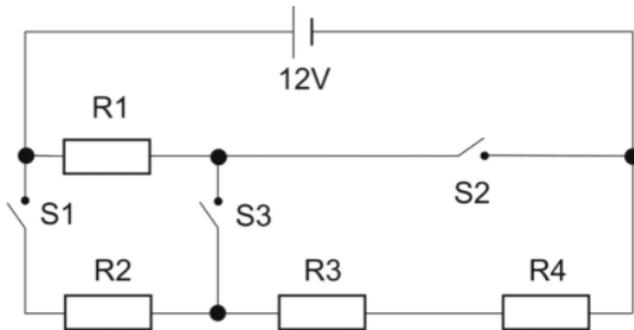
Für seine aus 25 Logik-ICs bestehende CPU benutzt Martin ein USB Netzteil mit der Aufschrift «2A». Herr Dammer recherchiert, dass USB mit 5V arbeitet.

- a. Welche Leistung benötigt einer seiner 25 ICs im Schnitt höchstens?
- b. Martin möchte die Spannung kontrollieren, verwendet aber fälschlicherweise das Multimeter ($R_i=1\Omega$) im Ampere Modus. Wie gross ist die Stromstärke unter Berücksichtigung der Einleitung zu dieser Aufgabe ungefähr?
- c. Das Multimeter besitzt eine Schmelzsicherung aus 1cm Aluminiumdraht ($d=0.1\text{mm}$,). In welcher Zeit wird der Draht beginnend von 20°C ohne Berücksichtigung von Wärmeverlusten schmelzen, wenn man von $I=2\text{A}$ ausgeht? (2P)

4. Schatten (2.5P)

In ein Wasserbecken von 2 m Tiefe wird ein Pfahl gerammt, der 50 cm aus dem Wasser herausragt. Wie lang ist der Schatten des Pfahls auf dem Grund des Wasserbeckens, wenn die Sonnenstrahlen unter einem Winkel von 60° zur Wasseroberfläche einfallen?

5. On or Off (5P)



In dieser Schaltung sind alle Widerstände gleich gross und die Schalter S1-S3 können alle unabhängig voneinander offen oder geschlossen sein. Stellen Sie in einer übersichtlichen Tabelle dar, wie gross die Spannungen U_1 - U_4 über den Widerständen für alle 8 Möglichkeiten sind.

Hinweis: Wenn über einem Widerstand eigentlich gar keine klare Spannung anliegt, so spricht der Elektroniker von «floating» und Sie machen einfach einen Strich in die Tabelle.

6. Cs 137 (8.5P)

Eine Probe der NAGRA (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle) enthält 13.7g reines Cs-137

- Um wie viele Atome handelt es sich? Welche Aktivität erwarten Sie? (2P)
- Welche direkten Tochterkerne erwarten Sie?
- Welche Aktivität erwartet man nach Ablauf zweier Wochen? Drücken Sie die Änderung in % aus. (1.5P)
- Ein unvorsichtiger Angestellter (75kg) hat die Probe für 3h vor sich auf dem Schreibtisch liegen. Abstand und Geometrie bewirken, dass er 20% der von der Probe ausgehenden β und γ Strahlen absorbiert. Welche Äquivalenzdosis nimmt er auf? Vergleichen Sie mit der im Strahlenschutzgesetz definierten jährlichen Höchstmenge für exponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. (2P)
- Mit welcher Geschwindigkeit verlassen die 0.514 MeV Elektronen die Probe. Rechnen Sie erst nichtrelativistisch und dann relativistisch. (2P)

7. Exoplaneten (11P)

2019 wurde zwei Schweizern, Michel Mayor und Didier Queloz, der Physiknobelpreis für die erste Entdeckung des ersten Exoplaneten um einen sonnenähnlichen Stern (51 Pegasi) verliehen. Solche Exoplaneten verraten sich durch ihre Wirkung auf ihr Zentralgestirn. Ihre Gravitation versetzt den jeweiligen Stern in eine Drehbewegung um den gemeinsamen Schwerpunkt. Die resultierende Radialgeschwindigkeit lässt sich mit dem Dopplereffekt nachweisen.

- a. Auch der Erdmond versetzt die Erde in eine ähnliche Bewegung. Welches Phänomen auf der Erde wird dadurch hervorgerufen? (ohne Begründung, 0.5P)

Im Folgenden soll als Beispiel die Dopplerverschiebung, die ein ausserirdischer Beobachter für unsere Sonne - verursacht durch den Planeten Jupiter – berechnet werden. Der Beobachter befindet sich in einem fremden Sonnensystem, das in einer Ebene mit der fast kreisförmigen Jupiterbahn liegt.

- b. Berechnen Sie die Gravitationskraft zwischen Sonne und Jupiter und damit die für die Sonne resultierende Beschleunigung a_0 . (2P)
- c. Wie weit liegt der Schwerpunkt S des Systems Sonne-Jupiter vom Sonnenmittelpunkt entfernt?
- d. Veranschaulichen Sie in einer nicht massstäblichen Skizze die Bewegungen von Sonne und Jupiter um den Punkt S.
- e. Wie gross ist die Winkelgeschwindigkeit ω für Jupiter in seiner Bewegung um die Sonne?
- f. Für den ausserirdischen Beobachter bewegt sich die Sonne periodisch mit der Winkelgeschwindigkeit ω auf ihn zu bzw. von ihm weg, wobei für ihre Radialbeschleunigung $a(t)=a_0 \cdot \sin(\omega t)$ gilt. Bestimmen Sie die Funktion $v(t)$ und lesen Sie die maximale Geschwindigkeit v_0 ab. (2P)

Falls Sie v_0 nicht finden können, dürfen Sie mit $v=12.5\text{m/s}$ weiterrechnen. Die folgenden Teile sind unabhängig vom bisherigen.

- g. Welche Frequenz f_0 hat die blaugrüne Wasserstofflinie mit $\lambda_0=486.13\text{nm}$? Wie gross ist die (maximale) Dopplerverschiebung $\Delta\lambda$ dieser Wellenlänge aufgrund von v_0 ? (1.5P)
- h. Berechnen Sie die relative Abweichung $\Delta\lambda/\lambda$. Kommentieren Sie die Leistung von Mayor und Queloz. (2P)

Viel Erfolg wünscht Ihnen U. Dammer.