

Maturitätsprüfungen 2023 – Physik schriftlich

Klassen: 4AW und 4AWe (jeweils A Teile) (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 sinnvoll zu runden.
Endresultate bitte doppelt unterstreichen.

Bewertung
Die maximale Punktzahl beträgt 56 Punkte. Die ungerundete Note 6 gibt es
bei 51 Punkten, wobei auf halbe Noten gerundet und keine Note über 6 ge-
setzt wird.

Mögliche Punktzahl:

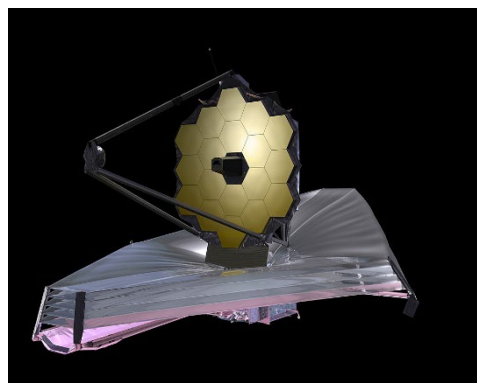
Erreichte Punktzahl:

Note:

Name:

1. Das James Webb Weltraumteleskop (JWST) (8P)

- a. Das neue, fantastische JWST erreichte im Januar 2022 seinen Bestimmungsort, den sogenannten «Lagrange Punkt L2». Dieser befindet sich auf der gedachten Linie Sonne-Erde von der Sonne aus gesehen «hinter» der Erde, also im «Erdschatten», und zwar so, dass JWST sich zusammen mit der Erde synchron um die Sonne bewegt. Der Abstand Erde-Sonne beträgt $R = 149.6$ Millionen km, ein Jahr hat 365.25 Tage. Gesucht ist der Abstand x zwischen Erde und Teleskop.



Tipp: Im Punkt L2 liefern Sonne und Erde zusammen mit ihren jeweiligen Gravitationskräften für JWST die nötige Zentripetalkraft.

Stellen Sie die entsprechende Gleichung auf und finden Sie die Lösung (3P)

- b. Das JWST fängt das Licht ein, welches von meist sehr weit entfernten Sternen ausgesendet wird. Die helle α Linie von Wasserstoff entsteht im Bohrschen Atommodell beim Übergang vom n -ten auf das 2. Niveau und hat eine Wellenlänge von 656 nm. Bestimmen Sie nachvollziehbar n . (2P)
- c. Wodurch zeichnen sich die im Bohrschen Atommodell möglichen Elektronenbahnen aus? Skizzieren Sie eine typische Materiewelle eines Elektrons auf einer Bahn. (2P)
- d. Durch die Expansion des Universums haben sich die Wellenlängen einer weit entfernten Galaxie um den Faktor f vergrößert. JWST misst zwischen $0.6 \mu\text{m}$ bis $28 \mu\text{m}$. Finden Sie f so, dass JWST die H_α Linie der Galaxie gerade noch erfassen kann. (1P)

2. Schiefe Ebene (5P)

Ein Klotz mit Masse $m = 10 \text{ kg}$ befindet sich auf einer schiefen Ebene, die zur Horizontalen 30° geneigt ist. Der Klotz rutscht mit einer Anfangsgeschwindigkeit von $v = 14 \text{ m/s}$ die Ebene hinauf. Die Reibungskraft betrage 20 N . Nach welcher Zeit kommt der Klotz wieder an der Anfangsposition vorbei?

3. CO₂ Messgeräte im BL Schulzimmern (11P)

In vielen Basellandschaftlichen Schulzimmern sind Messgeräte installiert, die die CO₂ Konzentration in der Atemluft in der Einheit ppm (parts per million) anzeigen. Bei den Angaben handelt es sich um Volumenprozent, die gleichzeitig auch Teilchenzahlprozent darstellen. Sie sollen anzeigen, wann es Zeit zum Lüften ist.

- a. Zum Beginn einer Lektion zeigt das Gerät 480ppm an. Wie viele Gasteilchen befinden sich insgesamt im Schulzimmer (8m x 7m x 3.8m, 20°C, 1000 mbar) und wie viele davon sind CO₂ Moleküle? (1.5P)
- b. Im Zimmer befinden sich 19 Schülerinnen und Schüler und eine Lehrperson. Innert 30 min steigt der Wert auf 1500 ppm. Wie viele CO₂ Moleküle atmet eine Person durchschnittlich pro Atemzug (20 Atemzüge pro Minute) aus? (1P)
- c. Gemäss Lungenliga Schweiz enthält ausgeatmete Luft ca. 4% CO₂. Welches Volumen hat also ein Atemzug im Schnitt? (Die Ausatemtemperatur betrage 30°C). Ist das plausibel? (2.5P)
- d. Mathelehrer Blott macht eine interessante Beobachtung: Mit nur 5 Personen pro Zimmer steigt der gemessene CO₂ Gehalt viel langsamer an als nur ein Viertel des Wertes bei 20 Personen. Der Zusammenhang Personenzahl-CO₂ Anstiegsrate ist nach seinen Beobachtungen überraschenderweise nicht proportional. Woran könnte das liegen? Argumentieren Sie physikalisch stichhaltig. (1P)
- e. Die 20 Personen erzeugen neben CO₂ auch Wärme. Wir gehen von 90W pro Person aus und nehmen an, dass die gesamte Wärme ausschliesslich die Luft erwärme (siehe Teil f).
 - i. Um wie viele °C erwärmt sich die Luft im Schulzimmer während einer 45min Lektion gemäss diesen Annahmen? (1.5P)
 - ii. Warum ist es in Wirklichkeit deutlich weniger? Unterscheiden Sie zwischen Winter und Sommer. (1.5P)
- f. Da die Fenster und Türen niemals 100% dicht sind, bleibt der Luftdruck während der Erwärmung konstant. Wie viele Luftteilchen entweichen während der Erwärmung (Teil e) pro Sekunde durch die Ritzen? (2P)

4. Unabhängige kürzere Aufgaben (14.5P)

a. Kollision

Zwei Bälle mit Massen m und $2m$ stossen elastisch zusammen. Vor der Kollision ist der Ball $2m$ in Ruhe, während sich der Ball m mit Geschwindigkeit v nach rechts bewegt. Wie gross sind die Geschwindigkeiten nach der Kollision? (1P)

b. Sirenentest

Jeden ersten Mittwoch im Februar findet in der ganzen Schweiz ein Sirenentest statt. Der Wasseralarm besteht aus einer Folge von 12 Tönen, die jeweils 20 Sekunden dauern und mit einer Frequenz von 200 Hz ausgesendet werden. Ein Autofahrer hört während der Fahrt, die entweder direkt («radial») auf die Quelle zugeht oder sich radial entfernt, diesen Wasseralarm, allerdings mit einer Frequenz von 215 Hz. Die Schallgeschwindigkeit betrage 340 m/s.

- Wie gross ist seine Geschwindigkeit? Entfernt oder nähert er sich der Sirene? (1.5P)
- Wie lange dauert das Signal aus Sicht des Autofahrers? (1P)

c. Strahlung

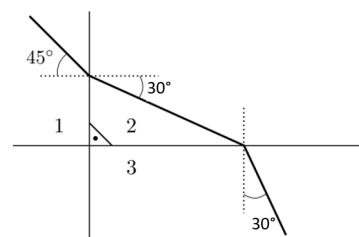
Wir haben zwei Sterne A und B, die als schwarze Strahler betrachtet werden. Der Radius von A ist halb so gross wie der von B. Die Oberflächentemperatur von A ist doppelt so gross wie die von B. Wie gross ist das Verhältnis P_A/P_B zwischen den total ausgestrahlten Leistungen von A und B. (2P)

d. Schwebung

Zwei identische Klaviersaiten der Länge L sind auf 440 Hz gestimmt. Die Länge der einen Saite wird um 0.5% verringert, wobei die Spannung der Saite und damit die Ausbreitungsgeschwindigkeit gleichbleibt. Nun werden beide Saiten in ihrer jeweils eigenen Grundfrequenz angeregt. Was ist die Frequenz der Schwebung? (2P)

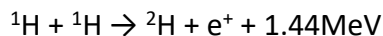
e. Brechung

In der Zeichnung rechts sind drei transparente Medien (Quadranten) durch die Zahlen 1 bis 3 gekennzeichnet. Von oben links fällt ein Lichtstrahl auf Medium 1 (Luft) und wird in Medium 2 gebrochen. Was ist der Brechungsindex n_3 des Mediums 3? (2P)



f. Kernfusion

In der DPK Formelsammlung findet man auf S. 200 folgende Fusionsgleichung. Beachten Sie, dass es sich um Kerne und nicht Atome handelt. Die Atommassen finden Sie auf S. 196.



Rechnen Sie nach. Was könnte die Ursache für die Diskrepanz sein? (3P)

g. Polarlicht

Elektronen des Sonnenwinds gelangen nach einer Flugdauer von etwa 30 Stunden zur Erde, wo sie Polarlichter hervorrufen können. Vorherrschend bei Polarlichtern sind grüne Leuchterscheinungen, die durch Anregung der Sauerstofflinie bei $\lambda = 558 \text{ nm}$ hervorgerufen werden. Weisen Sie rechnerisch nach, dass die kinetische Energie der Elektronen des Sonnenwinds ausreicht, den Sauerstoff zur Aussendung von Licht dieser Wellenlänge anzuregen. (2P)

5. Unabhängige Aufgaben zur Elektrizitätslehre (8.5P)

a. Gleichstromkreis

Zwei Glühlampen A und B sind beschriftet mit $6 \text{ V}/0.3 \text{ A}$ bzw. $60 \text{ W}/230 \text{ V}$. Sie sind in Serie geschaltet und werden an eine Spannungsquelle von 230 V angeschlossen. Was geschieht? Begründen Sie die Antwort durch eine Rechnung.

i) Beide Birnen leuchten. ii) Nur A leuchtet. iii) Nur B leuchtet. iv) A leuchtet kurz auf, danach sind beide dunkel. (3.5P)

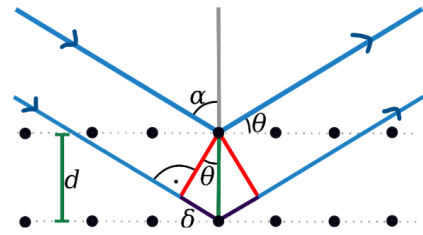
b. Digitale Datenübertragung

Ein 50 m langes Kupferkabel (spezifischer Widerstand $1.75 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$, Querschnittsfläche $A = 0.50 \text{ mm}^2$) habe pro m eine Kapazität von 1.3 nF . Pro bit steht die Zeit T zur Verfügung, sei es eine «0» oder eine «1». Ein digitales Signal kann vom Empfänger dann noch entschlüsselt werden, wenn die fallende Flanke innerhalb $T/2$ auf weniger als 15% des Anfangswertes gefallen ist.

- i. Skizzieren Sie ein typisches digitales Signal als $U(t)$ Diagramm, wobei die Auswirkung der Leitungskapazität auf den idealisierten Verlauf qualitativ sichtbar wird. (1P)
- ii. Wie gross ist die maximale Übertragungsfrequenz $f = 1/T$ in «bit/s» und «kB/s»? Ein Kilo-byte (kB) sind 8000 bit . (4P)

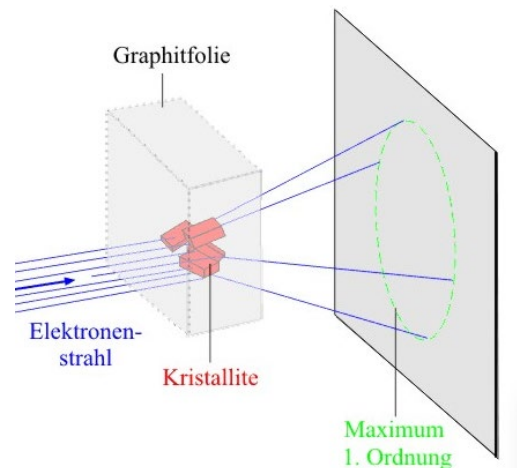
6. Röntgen und -Elektronenbeugung (9P)

NaCl Kristalle bestehen aus einem kubischen Ionengitter, mit einem Netzebenenabstand der Elementarzelle von $d=0.282\text{ nm}$, siehe Abb. rechts. Trifft auf das Gitter Röntgenstrahlung, so wird diese nicht wie bei einem Spiegel für beliebige Einfallswinkel einfach reflektiert, sondern man stellt fest, dass Reflexion nur bei ganz bestimmten Winkeln, den «Glanzwinkeln» vor- kommt. Diese sind dadurch ausgezeichnet, dass die beiden in der Abbildung gezeichneten Strahlen konstruktiv interferieren. Es gilt auch hier: «Einfallswinkel=Ausfallswinkel».



- a. Zeigen Sie, dass man für eine gegebenen Wellenlänge λ die Winkel θ für konstruktive Interferenz mit der Formel $2d \sin(\theta)=k \cdot \lambda$ findet ($k=1,2,3\dots$). (1P)
- b. Welche Werte erhält man für die ersten drei Glanzwinkel $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ für Röntgenlicht der Wellenlänge $\lambda=155\text{pm}$? (1P)
- c. Auch Elektronen besitzen nach De Broglie eine Wellenlänge. Wie gross sind die ersten drei Glanzwinkel für Elektronen, die zuvor mit $U=150\text{V}$ beschleunigt wurden? (3P)
- d. Nachdem entsprechende Versuche die Hypothese von De Broglie glänzend bestätigt haben, hat heute das Verfahren mit Röntgenstrahlung in der Technik grossen Nutzen. Überlegen Sie sich, welche Bedeutung es in
 - i. der Festkörperphysik (diese beschäftigt sich u.a. mit Kristallen) und
 - ii. bei der Erzeugung monochromatischen Röntgenlichts
 haben könnte. (2P)

- e. Der Versuchsaufbau kann noch vereinfacht werden, wenn man statt des Einkristalls eine polykristalline NaCl Probe verwendet, siehe rechte Abbildung. Was für drei Radien r_1, r_2, r_3 ergeben sich für die Elektronen aus Teil c, wenn der Abstand zum Schirm $L=20\text{cm}$ beträgt? (siehe untere Abbildung) (2P)



Viel Erfolg wünscht Ihnen U. Dammer

