
Kandidatin / Kandidat

Vorname und Name: Klasse:

Bestimmungen

- Lösungen:**
- Bei Rechenaufgaben müssen **die verwendeten Formeln** und alle **benötigten Daten** deutlich **erkennbar** sowie **der Weg zum Resultat** nachvollziehbar sein.
 - Wo von Ihnen Annahmen getroffen werden, müssen diese **deutlich gekennzeichnet** und **physikalisch stichhaltig** sein.
 - Numerische Resultate, welche direkt, also ohne Rechnung ermittelt werden können, sind kurz **stichwortartig zu begründen**.
 - In allen numerischen Daten und Resultaten sind die **korrekten Einheiten** mit anzugeben und ist eine Präzision von **drei signifikanten Ziffern** einzuhalten. Endresultate bitte doppelt unterstreichen.
 - Textantworten und Begründungen müssen **physikalisch stichhaltig, widerspruchsfrei** und **sprachlich vertretbar** formuliert sein.
 - Beginnen Sie **jede Hauptaufgabe auf einem neuen Blatt**. Teilaufgaben können auf dem gleichen Blatt gelöst werden. Schreiben Sie **keine Lösungen auf die Aufgabenblätter** (ausser dies wird so verlangt).
 - Geben Sie am Schluss **alle Blätter sortiert ab**, also auch Notizblätter und Blätter mit verworfenen Lösungen. Markieren Sie Blätter mit **Notizen** (die **nicht** bewertet werden sollen) mit einem „N“ rechts oben.
- Bewertung:**
- Bei jeder (Teil-)Aufgabe steht die **erreichbare Punktzahl** in Klammern.
 - Die maximale Punktzahl beträgt **59 Punkte**. Für **53 Punkte** wird die Note 6.0 vergeben.
- Hilfsmittel:**
- Erlaubt sind der **Taschenrechner** (TI-Nspire CX CAS), die **physikalische Formelsammlung** (Formeln und Daten zur Physik, Klett) und die **mathematische Formelsammlung** (Formelsammlung in Mathematik, A. Wetzel).
-

Resultate

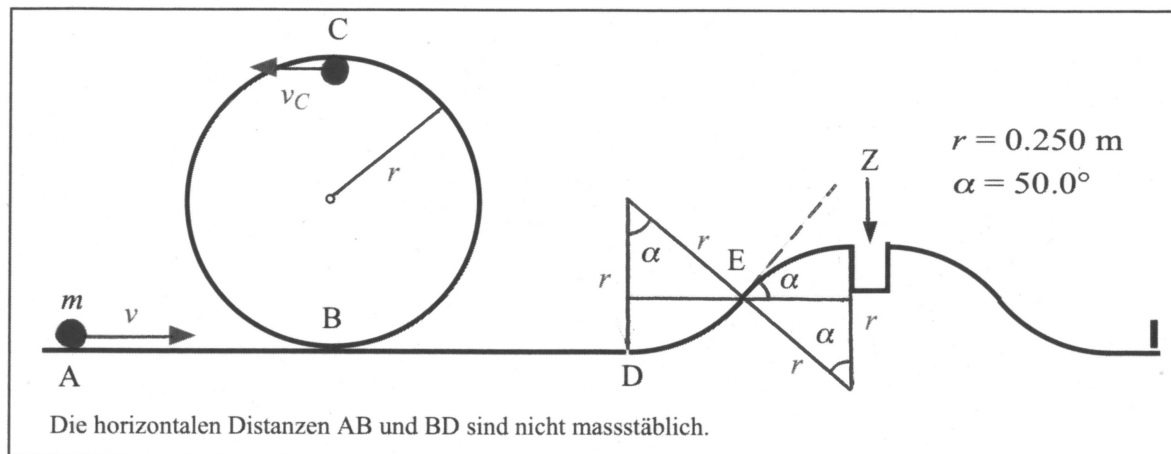
Aufgabe	Punkte
1	
2	
3	
4	
1 – 4	

Aufgabe	Punkte
5	
6	
7	
8	
5 – 8	

Total	
Note	

Aufgabe 1: Minigolf [12 P]

Beim Minigolf muss der Ball vom Startpunkt A das Ziel Z der dargestellten Bahn erreichen.



Es soll analysiert werden, wie der Ball direkt (d.h. mit einem Schlag) das Ziel erreichen kann. Alle Krümmungsradien haben den Wert $r = 0.250 \text{ m}$, der Winkel α beträgt 50.0° .

Hinweis: Reibung und Rotation sollen bei den Berechnungen vernachlässigt werden.

- Nennen Sie bei den Punkten A bis E jeweils die auftretenden Energieformen. [1 P]
- Bei einem ersten Versuch fällt der Ball vor dem Erreichen des Punktes C vom Looping herunter. Wie gross muss die Geschwindigkeit v_C im Punkt C mindestens sein, damit der Ball den Looping „schafft“? [1.5 P]
- Mit der Lösung von Teilaufgabe b: wie gross ist dann die Geschwindigkeit v_E beim Punkt E? [2.5 P]

Wenn Sie Teilaufgabe c nicht gelöst haben, können Sie bei Teilaufgabe d für die Geschwindigkeit $v_E = 3.2 \text{ m/s}$ annehmen.

- Bei einem zweiten Versuch „schafft“ der Ball den Looping, doch beim Punkt E springt er unter dem Winkel α von der Bahn ab. Zeigen Sie, dass der Ball bei diesem schiefen Wurf über das Ziel fliegt, wenn er beim Punkt E die Geschwindigkeit v_E hat. [3 P]
- Ein dritter Versuch scheint erfolgreich zu sein, doch kurz vor dem Ziel hält der Ball an und rollt zurück. Wie gross darf die Geschwindigkeit $v_{E,\text{max}}$ im Punkt E höchstens sein, wenn der Ball **nicht** von der Bahn abspringen soll? Kann der Ball mit dieser Geschwindigkeit das Ziel erreichen? (Hinweis: Der Ball springt ab, wenn die Komponente der Gewichtskraft in Richtung zum Kreismittelpunkt kleiner ist als die Zentripetalkraft.) [3 P]
- Beschreiben Sie in Worten, weshalb es in der Realität möglich ist, dass der Ball den Looping „schafft“ und trotzdem nicht über das Ziel springt? [1 P]

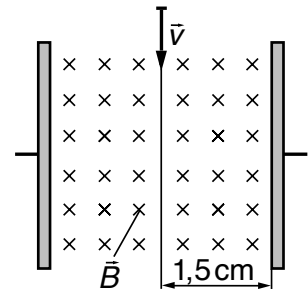
Aufgabe 2: Wärmekraftmaschine [11 P]

In einer Wärmekraftmaschine wird das in einem Zylinder befindliche Arbeitsgas Helium durch einen beweglichen Kolben abgeschlossen. Von aussen wird das Gas abwechselnd beheizt und gekühlt. Dabei bewegt sich der Kolben periodisch hin und her und dreht eine Antriebswelle. Die folgenden Betrachtungen beginnen im Anfangszustand (1) mit dem Druck 2.0 bar, dem Volumen 150 cm^3 und der Temperatur 70°C .

- a) Berechnen Sie die Masse des eingeschlossenen Heliums. [1 P]
- b) Während eines vollständigen Arbeitszyklus des Kolbens durchläuft das Gas folgende Zustandsänderungen:
 - 1 $\rightarrow$ 2: isochore Erwärmung auf 480°C
 - 2 $\rightarrow$ 3: isotherme Expansion auf das doppelte Volumen
 - 3 $\rightarrow$ 4: isochore Abkühlung auf die Anfangstemperatur
 - 4 $\rightarrow$ 1: isotherme Kompression auf das AnfangsvolumenStellen Sie diese Zustandsänderungen in einem $p(V)$ -Diagramm dar und berechnen Sie dazu die fehlenden Drücke. [4 P]
- c) Kennzeichnen Sie im $p(V)$ -Diagramm die vom Motor in einem Zyklus abgegebene mechanische Arbeit (Nutzarbeit) und berechnen Sie deren Betrag durch Integration von Hand. [3 P]
- d) Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Motors als Verhältnis der Nutzarbeit zur (während den Zustandsänderungen 1 $\rightarrow$ 2 sowie 2 $\rightarrow$ 3) insgesamt zugeführten Wärme. [3 P]

Aufgabe 3: Magnetfeldmessung [9 P]

Zur Messung der magnetischen Flussdichte B kann z.B. wie folgt vorgegangen werden. Ein homogenes Magnetfeld wird im Innenraum eines Plattenkondensators mit dem Plattenabstand 3 cm erzeugt. Die magnetischen Feldlinien verlaufen parallel zu den Plattenflächen (also in der Abbildung in die Blattebene hinein). Senkrecht zu den magnetischen Feldlinien wird zwischen das Plattenpaar ein Gasstrom der Geschwindigkeit $v = 9.4 \text{ km/s}$ „geblasen“ (siehe Abbildung), der gleich viele einfach positiv geladene Kaliumionen (K^+) und einfach negativ geladene Chloridionen (Cl^-) enthält.

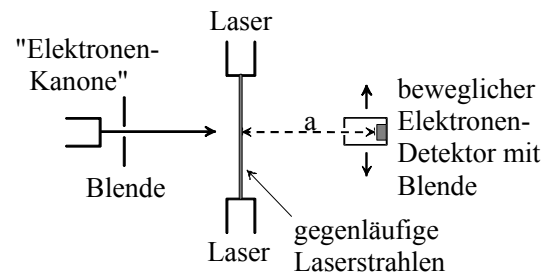


- Erklären Sie für die geschilderte Versuchsanordnung das Auftreten einer Spannung zwischen den Kondensatorplatten, welche durch das hindurchgeblasene Gas entsteht. Vervollständigen Sie dazu die Abbildung und geben Sie die Polarität der Spannung an. [1 P]
- Begründen Sie, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt die Spannung konstant bleibt. [1 P]
- Nach einer Zeit wird am Kondensator die konstante Spannung 33 V gemessen. Berechnen Sie die magnetische Flussdichte B im Innenraum des Plattenkondensators. [2 P]
- Berechnen Sie den zum Speichern der Ladung 2.1 nC bei der oben genannten Spannung notwendigen Flächeninhalt einer Kondensatorplatte, wenn der Spalt idealisiert nur mit Luft gefüllt ist. [1.5 P]
- Welche Spannung müsste ein Kaliumion (K^+) durchlaufen, damit es aus der Ruhelage auf die genannte Geschwindigkeit von $v = 9.4 \text{ km/s}$ käme? [2 P]
- Wenn die Kaliumionen zu langsam eingeschossen würden, könnten sie eventuell die Kondensatorplatten nicht erreichen. Wir betrachten den ungünstigsten Fall, wo ein Kaliumion nahe bei der einen Platte in das bei Teilaufgabe c bestimmte Magnetfeld tritt, und trotzdem die andere Platte erreichen muss. Wie gross ist die minimale Geschwindigkeit in diesem Fall? Wenn Sie Teilaufgabe c nicht gelöst haben, können Sie für die magnetische Flussdichte $B = 0.1 \text{ T}$ annehmen. [1.5 P]

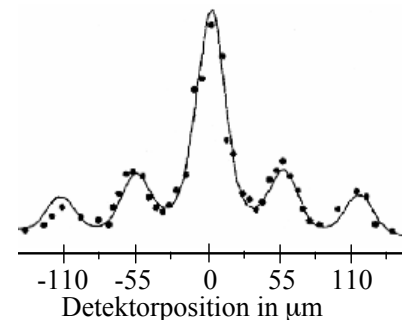
Aufgabe 4: Lichtgitter [11 P]

Die Beugung von Photonen beim Durchgang durch Materiegitter wurde im letzten Jahrhundert genau untersucht. Erst im Jahr 2001 gelang der Nachweis des umgekehrten Phänomens, der Beugung von Elektronen an einem „Lichtgitter“, das durch gepulste Laser erzeugt wird.

Im skizzierten Versuchsaufbau erzeugen zwei sich überlagernde, gegenläufige Laserstrahlen der Wellenlänge 532 nm ein „Lichtgitter“ mit hoher Photonendichte. Ein Strahl von Elektronen mit der kinetischen Energie 380 eV trifft senkrecht auf die Laserstrahlen.



Mit einem beweglichen Elektronendetektor im Abstand $a = 23.5$ cm kann das entstehende Interferenzmuster abgetastet werden. Dabei erhält man nebenstehendes Diagramm.



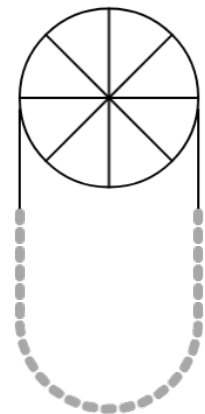
- Erläutern Sie kurz, wie man sich die Entstehung eines solchen „Lichtgitters“ aus zwei gegenläufigen Laserstrahlen vorstellen kann. [1 P]
- Zeigen Sie, dass die Geschwindigkeit der Elektronen kleiner als 5% der Lichtgeschwindigkeit ist und dass somit für die Elektronen eine klassische Rechnung genügt. [2 P]
- Berechnen Sie die de-Broglie-Wellenlänge der Elektronen. [1.5 P]
- Bestimmen Sie mit Hilfe des Diagramms die Gitterkonstante des „Lichtgitters“. Was ist dabei speziell? [2.5 P]
- Während der Pulsdauer (10 ns) beträgt die von jedem der beiden Laser abgestrahlte Leistung 3.1 MW. Berechnen Sie, wie viele Photonen von beiden Lasern während der genannten Pulsdauer emittiert werden. [2 P]
- Die Laserstrahlen überlagern sich in einem zylindrischen Raumbereich mit Durchmesser 125 μm . Ermitteln Sie mit dem Resultat von Teilaufgabe d die mittlere Photonendichte, die von den beiden Lasern bei der Überlagerung erzeugt wird. [2 P]

Kurzaufgaben [16 P]

- 5.) **Live-Sendung:** Ein Raumschiff mit dem Astronauten Adler entfernt sich mit 70% der Lichtgeschwindigkeit von der Erde. Astronaut Adler führt im Raumschiff ein paar Experimente aus, die nach Raumschiffuhr genau 30 Minuten dauern. Diese Experimente werden während des Fluges als Live-Sendung (mit Lichtgeschwindigkeit) zum Gymnasium MuttENZ gefunkt.

- a) Wie lange dauert die Sendung auf einer Uhr auf der Erde? [1 P]
 b) Zu welchem Zeitpunkt trifft auf der Erde das letzte Funksignal der Sendung aus dem sich entfernenden Raumschiff ein, wenn das erste Signal bei uns zum Zeitpunkt 17.30 Uhr eintrifft? [3 P]

- 6.) **Kettenpendel:** Ein Kettenpendel besteht aus einem Stück Kette (70 Glieder mit je 5.2 mm Länge und 4.3 g Masse), dessen beiden Enden mit einem (masselosen) Faden verbunden sind. Der Faden wird über eine drehbare (reibungsfreie) Rolle gelegt, die Kette anfangs aus der Gleichgewichtslage ausgelenkt und dann losgelassen, worauf sich eine Schwingung einstellt. Zeigen Sie, dass die beschriebene Schwingung harmonisch ist, indem Sie die Kraft untersuchen, welche auf die ausgelenkte Kette wirkt. Berechnen Sie daraus die Schwingungsdauer des Kettenpendels. [3 P]



- 7.) **Nuklearmedizin:** Iod-131 (mit Halbwertszeit: 8.05 d) ist ein β -Strahler und wird bei nuklearmedizinischen Therapieverfahren zur Behandlung der Schilddrüse benutzt.

- a) Geben Sie die Zerfallsgleichung von Iod-131 an. [1 P]
 b) Eine Kapsel mit Iod-131 und einer jetzigen Aktivität von 5.4 GBq wurde in einem Schrank vergessen. Sie hätte eigentlich vor genau 3 Tagen (= 72 h) einem Patienten verabreicht werden sollen. Wie viele Mikrogramm Iod-131 waren in der Kapsel zu Beginn vorhanden? [3 P]

- 8.) **Schiefe Ebene:** Mit Hilfe eines Wagens auf einer schiefen Ebene mit dem Neigungswinkel $\alpha = 12^\circ$ wird eine rechteckige Spule durch ein scharf begrenztes homogenes Magnetfeld der Flussdichte $B = 160 \text{ mT}$ bewegt (Feldrichtung senkrecht zur Zeichenebene). Die Masse des Wagens samt Spule beträgt 180 g. Die Spule hat 600 Windungen, eine Höhe von $h = 5.0 \text{ cm}$ und eine Breite von $b = 8.0 \text{ cm}$. Die Reibung ist zu vernachlässigen. Zur Zeit $t = 0 \text{ s}$ beginnt die Spule ohne Anfangsgeschwindigkeit in das Magnetfeld einzutauchen. Erstellen Sie für den Zeitraum, bis die Spule vollständig in das Magnetfeld eingetaucht ist, ein quantitatives $U_{\text{ind}}(t)$ -Diagramm, welches die induzierte Spannung U_{ind} (auf der y-Achse) in Abhängigkeit der Zeit (auf der x-Achse) angibt. Die Bewegung des Wagens kann als gleichmässig beschleunigt angesehen werden. [5 P]

