



# Maturprüfung 2016

## Physik

Klasse 4a, 4bA

Anzahl Seiten  
(ohne Deckblatt): 5

Inhalt: 6 Aufgaben

Anweisungen/  
Erläuterungen: -

Hilfsmittel:

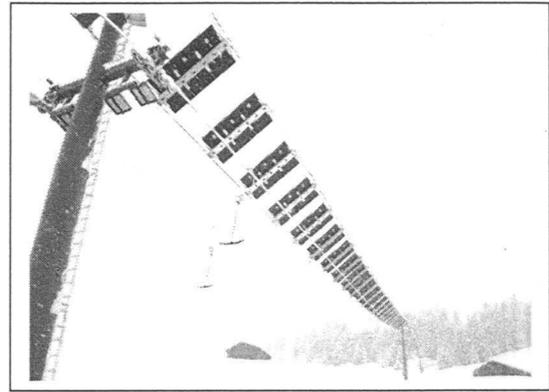
- Zwei Formelsammlungen (die grosse gelbe DMK Formelsammlung & die kleine grüne hauseigene Formelsammlung)
- Taschenrechner TI-83 / TI-84
- Masstab

Bewertung: Die maximal möglichen Punktzahlen sind bei den Aufgaben angeschrieben.  
Für die Note 6 müssen 90 % der maximalen Punktzahl erreicht werden.

Bevor Sie mit dem Lösen der Aufgaben beginnen, kontrollieren Sie bitte, ob die Prüfung gemäss obiger Aufstellung vollständig ist. Sollten Sie der Meinung sein, dass etwas fehlt, melden Sie dies bitte **umgehend** der Aufsicht.

## 1. Der Solar-Skilift (14 Punkte)

Im bündnerischen Tenna steht der erste solarbetriebene Skilift der Welt (siehe Bild). 246 Solarpanels erzeugen Strom. Die Solarpanels sind an zwei Tragseilen befestigt, welche über die Skiliftmasten führen. Da der Skilift auch bei schlechtem Wetter funktionieren muss, ist die Stromversorgung an das öffentliche Netz angeschlossen. Je nach Strombedarf und Sonneneinstrahlung wird Strom in das Netz eingespeisen oder aus dem Netz bezogen.



Einige technische Angaben:

Solarsystem:	Panels	246 Stück, total 60 kW Spitzenleistung
	Produktionsmenge	90 000 kWh pro Jahr
Skilift:	Schräge Länge	450 m
	Höhendifferenz	135 m
	Maximale Förderleistung	800 Personen/Std.

a) (3P) Welche Kraft wird benötigt, um einen Fahrgast bergauf zu ziehen?

Folgende Annahmen dürfen gemacht werden:

- > Der Hang hat eine gleichmässige Neigung
- > Die zu ziehende Masse beträgt 85 kg
- > Die Gleitreibungszahl «Ski auf Schnee» betrage  $f = 0.1$ .

b) (2P) Welche Leistung muss zu Spitzenzeiten erbracht werden?  
(Falls Sie a) nicht lösen können: verwenden Sie die Kraft  $F = 300 \text{ N}$ )

c) (2P) Wie viel Energie wird für den Liftbetrieb pro Jahr benötigt?

Folgende Annahmen dürfen gemacht werden:

- > 100 Betriebstage mit je 7 Betriebsstunden
- > im Mittel eine Förderleistung von 400 Personen pro Stunde

d) (1P) Reicht die jährliche Produktionsmenge der Solarzellen für den Skiliftbetrieb aus?  
Um die Reibungsverluste des tonnenschweren Stahlseils zu berücksichtigen, soll für diese Abschätzung der in c) berechnete Energiebedarf mit dem Faktor 2 multipliziert werden.

e) (2P) Wie gross ist die Fläche eines Solarpanels?

Folgende Informationen dürfen Sie für diese Aufgabe nutzen:

- > In Tenna beträgt die jährliche Sonneneinstrahlung rund  $1400 \text{ kWh/m}^2$
- > Der in der Praxis erzielbare Wirkungsgrad der Solarzelle liegt bei ca. 10 Prozent.

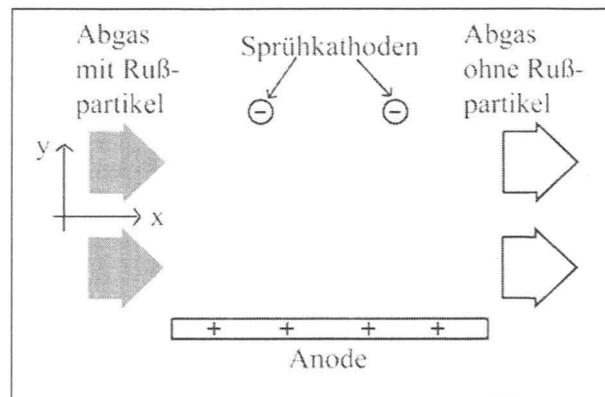
Schliesslich noch zwei Fragen zur Technik:

f) (2P) Durch eine besondere Zugvorrichtung können sämtliche Solarpanels senkrecht gestellt werden. Worin liegt der Sinn dieses wichtigen Konstruktionsdetails?

g) (2P) Die meisten Skilifte haben den Antriebsmotor in der Talstation. Es gibt aber auch Lifte, bei denen der Motor oben in der Bergstation eingebaut ist. Bei welcher Bauweise gibt es weniger Energieverluste? Oder macht es keinen Unterschied? (Kurze Begründung)

## 2. Abgasreinigung mit einem Elektrofilter (15 Punkte)

Mit einem Elektrofilter werden Russpartikel aus dem Abgas von Kohlekraftwerken entfernt. Nebenstehend ist ein wesentliches Element des Filters im Querschnitt dargestellt. Die negativ geladenen Sprühkathoden sind parallele Drähte, die jeweils den gleichen Abstand zu einer positiv geladenen Platte (Anode) haben.



a) (2P) Zeichnen Sie in die Abbildung das elektrische Feldlinienbild zwischen den Sprühkathoden und der Anode ein.

b) (2P) Im Abgas sind stets in geringer Zahl freie Elektronen vorhanden. Begründen Sie, warum diese Elektronen in der Nähe der Drähte besonders stark beschleunigt werden. Beschreiben Sie die Folgeprozesse, die dazu führen, dass aus dem Nahbereich der Drähte sehr viele Elektronen herausströmen.

Die von den Kathoden «abgesprühten» Elektronen bewirken, dass die Russpartikel negativ geladen und daher von der Anode angezogen werden. Dies hat im Filter einen elektrischen Strom der konstanten Stromstärke 1.2 A zur Folge. Pro Stunde werden aus dem Abgas 10 t Russ herausgefiltert. Ein Russpartikel besitzt im Mittel die Masse  $7.7 \cdot 10^{-15}$  kg und die Ladung  $q$ .

c) (2P) Berechnen Sie die Ladung  $q$  (zur Kontrolle:  $q = -3.3 \cdot 10^{-15}$  C)

In einem vereinfachten Modell werden die Sprühkathoden durch eine negativ geladene Platte ersetzt, so dass ein Plattenkondensator vorliegt. Ferner tragen alle Russpartikel bereits die Ladung  $q$ , wenn sie in x-Richtung mit der einheitlichen Geschwindigkeit  $v_x = 5.6$  m/s mit dem Abgas einströmen. Die an den Platten anliegende Spannung  $U$  beträgt 20 kV, der Plattenabstand ist  $d = 20$  cm.

d) (2P) Zeigen Sie rechnerisch, dass die auf die Russpartikel wirkende Gravitationskraft im Vergleich zur elektrischen Kraft vernachlässigbar ist.

Um die Bewegung der Russpartikel zu beschreiben, ist neben der elektrischen Kraft auch eine Reibungskraft zu berücksichtigen.

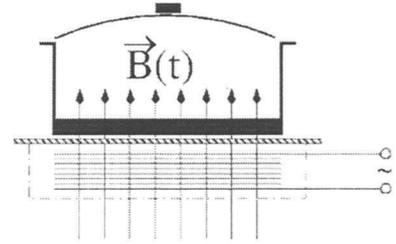
e) (2P) Begründen Sie, dass die im Abgas mitgeführten Russpartikel eine Reibungskraft in positive y-Richtung erfahren, jedoch keine in x-Richtung.

f) (3P) Nach einer sehr kurzen Beschleunigungsphase bewegen sich die Russpartikel in negativer y-Richtung mit konstanter Geschwindigkeit  $v_y$ . Begründen Sie dies mit einer Kräftebetrachtung. (Hinweis: Für die Rechnung dürfen die Russpartikel als kugelförmige Teilchen mit dem Radius  $r = 1 \mu\text{m}$  betrachtet werden.)

g) (2P) Berechnen Sie die für eine vollständige Reinigung des Abgases erforderliche Mindestlänge der Kondensatorplatten, wenn  $v_y = -0.66$  m/s ist.

### 3. Der Induktionskochherd (8 Punkte)

Bei einem Induktionskochherd durchsetzt ein magnetisches Wechselfeld der Stärke  $B(t) = B_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$  einen metallischen Topfboden (siehe Skizze rechts).

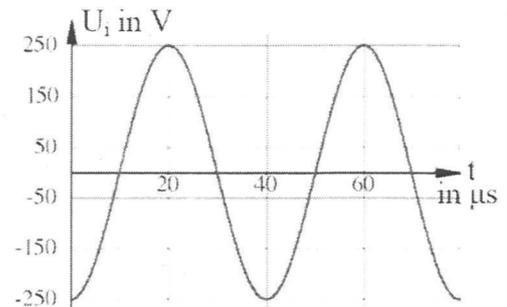


a) (2P) Erklären Sie, warum sich der Boden eines Eisentopfs, der auf dem eingeschalteten Kochfeld steht, erwärmt.

Nun wird anstelle des Topfs eine Induktionsspule mit  $N = 500$  Windungen so auf das eingeschaltete Kochfeld gelegt, dass ihre Querschnittsfläche ( $A = 30 \text{ cm}^2$ ) vollständig und senkrecht vom Magnetfeld durchsetzt wird.

b) (2P) Welche Spannung  $U_i$  wird in der Spule induziert? Gesucht ist die Herleitung für den zeitlichen Verlauf  $U_i(t)$ , ausgedrückt durch die Größen  $N$ ,  $A$ ,  $B_0$  und  $\omega$ .

c) (2P) Ein an die Spule angeschlossenes Oszilloskop zeigt den nebenstehenden zeitlichen Verlauf der Induktionsspannung  $U_i(t)$ . Ermitteln Sie zusammen mit dem Ergebnis der Teilaufgabe b) den Scheitelwert  $B_0$  des magnetischen Wechselfeldes.



d) (2P) Begründen Sie, weshalb zur Erzeugung hoher Induktionsspannungen bei Induktionskochfeldern Wechselspannungen im kHz-Bereich und nicht solche mit der Frequenz 50 Hz der Netz-Wechselspannung verwendet werden.

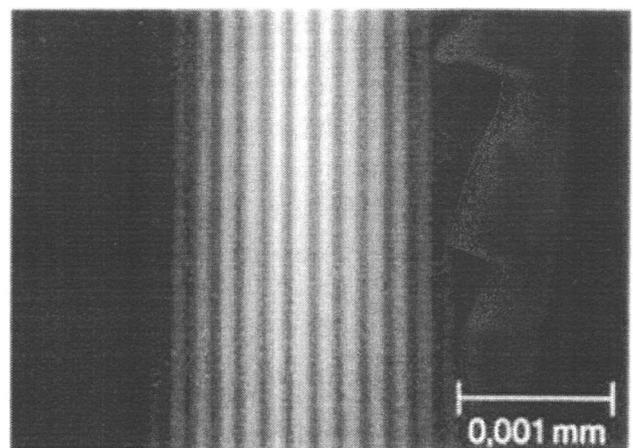
### 4. Elektronenstrahl-Interferenz am Spalt (8 Punkte)

Ein Mehrfachspalt (Spaltabstand  $D = 2 \text{ µm}$ ) wird mit einem Elektronenstrahl bestrahlt. In einem Abstand von 5.2 Zentimetern entsteht auf einem Film das abgebildete Muster.

a) (2P) Welches grundlegende Prinzip der Physik wird mit diesem Experiment demonstriert?

b) (5P) Mit welcher Spannung wurden die Elektronen beschleunigt? (Anmerkung: die Berechnung ist in nichtrelativistischer Näherung möglich)

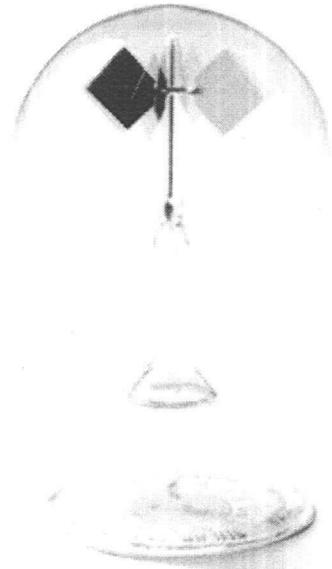
c) (1P) Begründen Sie, warum das abgebildete Muster nicht mit einem Lichtmikroskop beobachtet werden kann.



## 5. Die Lichtmühle (9 Punkte)

In einer Glaskugel befindet sich ein auf einer Spitze drehbar gelagertes Kreuz, dessen vier Enden je ein Glimmerplättchen tragen. Eine Seite jedes Plättchens ist geschwärzt, die andere ist hell und glattpoliert. Die vier Plättchen sind so angeordnet, dass jeweils die schwarze Seite des einen Flügels der weißen Seite des nächsten zugewandt ist. Im Glas herrscht geringer Druck.

Wird dieses «Radiometer» nun mit Licht bestrahlt, so fängt das Flügelkreuz an zu rotieren.



Warum dreht es sich? Zwei unterschiedliche Erklärungen werden herangereicht.

- I) Strahlungsdruck der Photonen: Durch unterschiedlichen Impulsübertrag auf die schwarzen und hellen Seiten der Plättchen wird eine Kraft erzeugt.  
*(Dies war übrigens auch die Erklärung des Entwicklers der Lichtmühle, W. Crookes (1832 – 1919))*
- II) Thermische Bewegung der Luftmoleküle: Die schwarzen Seiten werden stärker erwärmt als die weissen Seiten; dadurch kommt es zu unterschiedlicher Wechselwirkung mit den Luftmolekülen.

a) (3P) Erläutern Sie, welchen Umlaufsinn die beiden Erklärungen bei Bestrahlung mit Licht voraussagen.

b) (6P) Berechnen Sie die Kraft, die der Strahlungsdruck (Erklärung I)) auf ein Plättchen ausübt.

Annahmen:

- Die Bestrahlungsstärke entspricht der Lichtintensität, welche eine 60W-Glühbirne (Lichteffizienz  $\eta = 3\%$ ) in 50 cm Abstand liefert.
- Für die Wellenlänge kann der mittlere Wert  $\lambda = 580\text{ nm}$  angenommen werden
- Die Fläche eines Plättchens beträgt  $A = 1\text{ cm}^2$ .
- Auf der dunklen Seite wird das Licht vollkommen absorbiert; auf der hellen Seite wird das Licht vollständig reflektiert.

## 6) Luft für Taucher (8 Punkte)

Eine Druckluftflasche für Taucher hat bei voller Ladung einen Druck von 200 bar bei 20°C. Das Volumen beträgt 10 Liter.



a) (1P) Wie gross wäre das Luftvolumen bei 1.0 bar und der gleichen Temperatur?

b) (2P) Wie viele Moleküle hat es in der Druckluftflasche?

c) (2P) Das Innenvolumen der Flasche hat ungefähr die Form eines 60 cm langen Zylinders. Schätzen Sie die Kraft ab, welche bei voller Ladung auf den Boden der Flasche wirkt. (Annahme: Aussendruck = 1 bar)

d) (1P) Bei normalem Atmen nimmt eine Person mit jedem Atemzug 2.0 Liter Luft ein und atmet 12 mal pro Minute. Wie lange reicht eine Flasche bei dieser Luftvolumenrate?

e) (2P) Wie lange würde der Sauerstoffvorrat in einer Tiefe von 20 m und bei einer Temperatur von 10°C sowie gleicher Volumenrate reichen? (Hinweis: Mit einem Reduzierventil wird der Druck beim Ausströmen stets auf Umgebungsdruck reduziert)