BASEL LANDSCHAFT
BILDUNGS-, KULTUR- UND SPORTDIREKTION
GYMNASIUM OBERWIL

Maturprüfung 2019
Physik - Schwerpunktfach

Hiermit bestätige ich anhand des mir vorgelegenen Exemplars, dass die Prüfung korrekt und mit allen Unterlagen versehen, ausgefertigt ist.

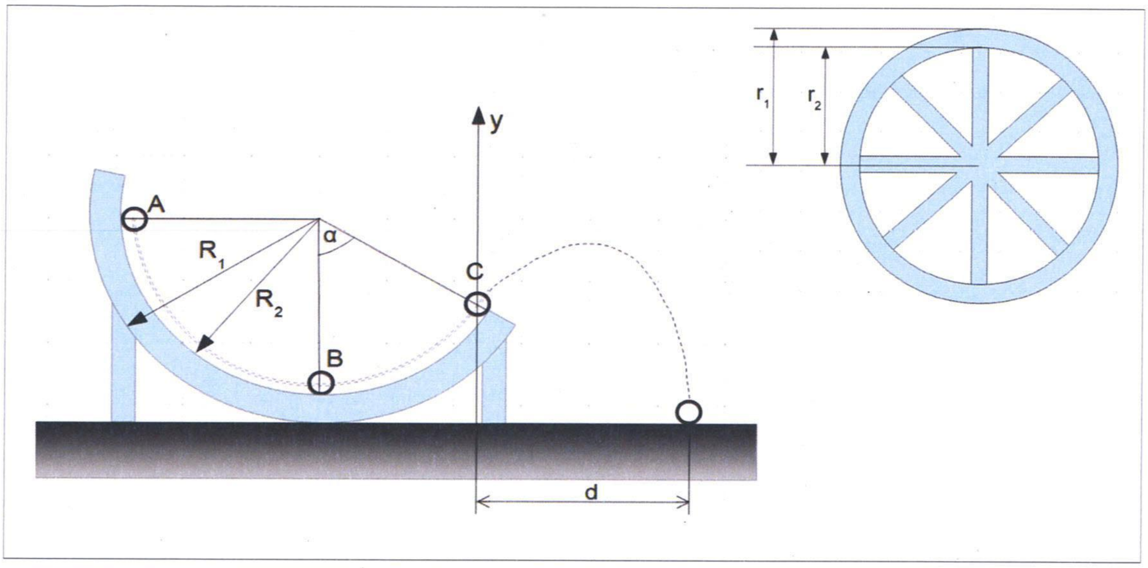
J. Jourdan

Datum, Unterschrift

Klasse / Kurs:	4a / 4b
Anzahl Seiten (ohne Deckblatt):	5
Inhalt:	Maturitätsprüfung 2019 Physik schriftlich, Schwerpunktfach
Anweisungen/ Erläuterungen:	Verwenden Sie **für jede Aufgabe ein neues Blatt.** Der Lösungsweg muss klar ersichtlich und nachvollziehbar sein. Antworten und Ergebnisse ohne Beleg oder Herleitung sind wertlos. In allen numerischen Resultaten sind korrekte Einheiten mit anzugeben und eine sinnvolle Präzision einzuhalten.
Hilfsmittel:	Formelsammlung Formeln, Tafeln, Begriffe (DMK, DPK, DCK / ISBN: 978-3-280-04059-1) Taschenrechner TI-83, TI-83+, TI-84+, TI-84+ Silver Edition, TI-84+ CE-T mit leerem Speicher
Bewertung:	Maximal sind 77 Punkte erreichbar. Die erreichbare Punktzahl ist bei jeder Aufgabe angegeben. Für die Note 6 sind 66 Punkte nötig. Die Note errechnet sich mit Note = 1+Punktzahl/69*5. Die Notenskala ist linear.

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) Rollen eines Rades (15 Punkte)



Das Stahlrad in obenstehender Abbildung hat einen Aussenradius von r_1 = 305 mm und einen Innenradius von r_2 = 295 mm. Es besteht aus einem äusseren Reifen mit der Masse m_R = 7.30 kg (rechteckiger Querschnitt 10.0 mm x 55.0 mm) und acht Speichen. Für die Speichen darf angenommen werden, dass jeweils zwei gegenüberliegende Speichen einen rechteckigen Quader (quadratischer Querschnitt 55.0 mm x 55.0 mm) mit der Masse m_S = 5.40 kg bilden. Dieses Stahlrad rollt ohne zu gleiten auf der Innenseite einer fest arretierten, kreisförmigen Lauframpe (Aussenradius R_1 = 3.15 m, Innenradius R_2 = 2.65 m).

a) **[3]** Bestimmen Sie das Massenträgheitsmoment des gezeigten Stahlrades bezüglich seines Schwerpunktes. Können Sie die Aufgabe nicht lösen, verwenden Sie den Wert J = 1.15 kgm^2.

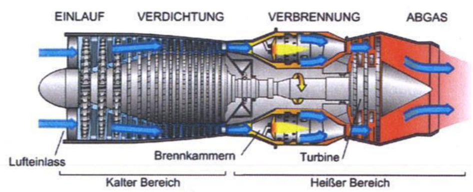
b) **[4]** Im ersten Lauf sei der Schwerpunkt des Stahlrades beim Start (Position A) genau auf der Höhe des Kreismittelpunkts der Lauframpe. Welche Bahngeschwindigkeit hat das Stahlrad am tiefsten Punkt (Position B) der Lauframpe.

c) **[2]** Im zweiten Lauf wird das Stahlrad so gestartet, dass es am Ende der Lauframpe (Punkt C) in einem Winkel von $\alpha=55.0^o$ schief weggeworfen wird. Beim Verlassen der Rampe im Punkt C hat das Laufrad einen Drehimpuls von 9.50 kgm^2s^{-1}. Bestimmen Sie die Geschwindigkeit, mit der das Rad die Rampe verlässt.

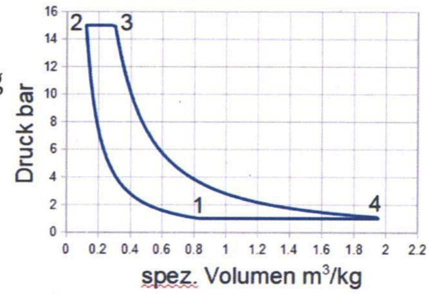
d) **[2]** Bestimmen Sie die vertikale Höhendifferenz, welche der Radmittelpunkt während seinem Flug im zweiten Lauf vom Punkt C bis zum Boden zurücklegt.

e) **[4]** In welchem Abstand d trifft das Stahlrad auf den Boden auf?

2) Düsentriebwerk (16 Punkte)



Das erste Flugzeug mit einem Düsentriebwerk flog mit nur einem Triebwerk. Das Triebwerk bestand damals, wie nebenstehende Abbildung zeigt, aus einem Einlauf für die Luft, einer Verdichtungszone, einer Verbrennungszone sowie der Abgaszone. Beim Eintritt tritt Luft ins Triebwerk, wird dann verdichtet, durch die Verbrennung des Treibstoffs wird es weiter erhitzt, und treibt damit die Kurbelwelle mit hoher Geschwindigkeit an. Diesen gesamten Prozess kann man in erster Näherung unter dem Begriff Joule-Kreisprozess idealisieren. Dazu betrachten wir ein kleines Luftpaket von 1 kg (spez. Volumen $v = V/m$ in Einheiten von m^3/kg), das reversibel durch das Triebwerk befördert wird. Wie nebenstehend gezeigt, besteht der Joulesche Kreisprozess aus zwei adiabatischen (1-2 und 3-4) Teilprozessen. Für den Kreisprozess sind folgende Daten gegeben (Die Indices beziehen sich auf die Eckpunkte des Kreisprozesses):



$$T_1 = 15\,°C$$
$$v_2 = 0.120\,m^3/kg\,; \quad v_3 = 0.282\,m^3/kg\,;$$
$$p_1 = 10^5\,Pa\,; \quad p_2 = 15 \cdot 10^5\,Pa\,;$$

a) **[3]** Geben Sie an, um welche Art von Prozess es sich bei den Teilprozessen 2-3 und 4-1 handelt, und ordnen Sie alle Teilprozesse den oben beschriebenen Zonen des Triebwerks zu. Beschreiben Sie ausserdem, was beim Teilprozess (4-1) genau geschieht.

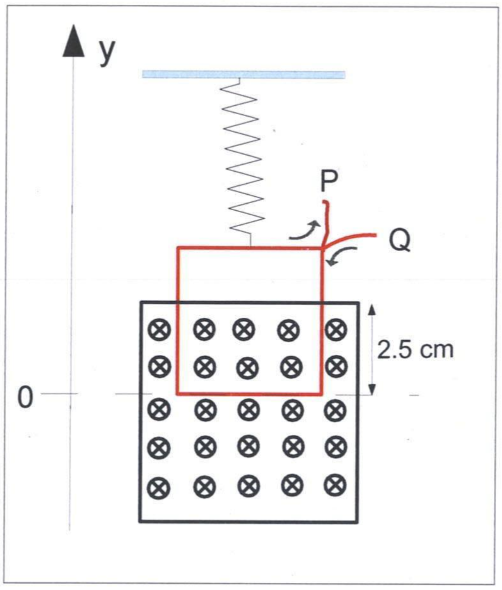
b) **[4]** Berechnen Sie die Temperaturen an den Punkten 2,3 und 4. $\left(\kappa = \frac{c_p}{c_v} = 1.4\right)$

c) **[4]** Berechnen Sie die zu- und abgeführte Wärme und damit die ideale Nutzarbeit pro kg Luft sowie die ideale Effizienz des Kreisprozesses.

d) **[2]** Es strömen nun 60 kg Luft pro Sekunde durch das Triebwerk. Angenommen es stehen nur 20% von der idealen Nutzarbeit für den Schub zur Verfügung, welche Leistung hat dann das Triebwerk? Wenn Sie die Nutzarbeit nicht berechnen konnten, nehmen einen Wert von W = 400 kJ/kg.

e) **[3]** Welche Schubkraft hat nun das Flugzeug, wenn die Luft durch das Triebwerk um 300 m/s beschleunigt wird? Berechnen Sie zusätzlich den Wert, den man durch die Impulsänderung der Luft erhält.

3) <u>Schwingung (15 Punkte)</u>



An einer Feder ist eine quadratische Spule zur Feder elektrisch isoliert angehängt. Die Spule hat eine Seitenlänge von d = 4 cm, 300 Windungen und eine Masse von 50 g. Wie die beiden Pfeile andeuten, wird der Draht der Spule von Q aus im Uhrzeigersinn gewickelt und endet bei P. Die Spule schwingt in einem scharf begrenzten, homogenen Magnetfeld von 4.5 mT entlang der y-Achse reibungsfrei auf und ab. In der Gleichgewichtslage ragt die Spule 2.5 cm in das Magnetfeld.

a) **[4]** Wir betrachten zunächst nur das Pendel ohne Magnetfeld. Leiten Sie die Frequenz des Pendels her, indem Sie zeigen, dass die Bewegungsgleichung des Pendels mit dem folgenden Ansatz gelöst wird:

$$y(t)=y_o\cdot\sin(\omega t+\varphi)$$

b) **[2]** Das Pendel wird aus der Gleichgewichtslage mit einer Kraft von 250 mN nach unten um 1.0 cm ausgelenkt. Nach dem Loslassen zur Zeit t =0 s schwingt die Spule ungedämpft auf und ab. Wie gross ist die Periode und die Kreisfrequenz der Schwingung?

c) **[3]** Nun wird das Magnetfeld eingeschaltet. Während der Schwingung nach oben wird eine Spannung zwischen P und Q (siehe Skizze) gemessen. Verbindet man die beiden Enden der Spule durch einen Leiter, fliesst daher ein Strom durch die Spule.. Ermitteln Sie die Richtung des Stroms (Uhrzeigersinn oder Gegenuhrzeigersinn) und begründen Sie ihre Wahl mit dem Induktionsgesetz.

d) **[2]** Zeigen Sie, dass für die Spannung zwischen P und Q gilt:

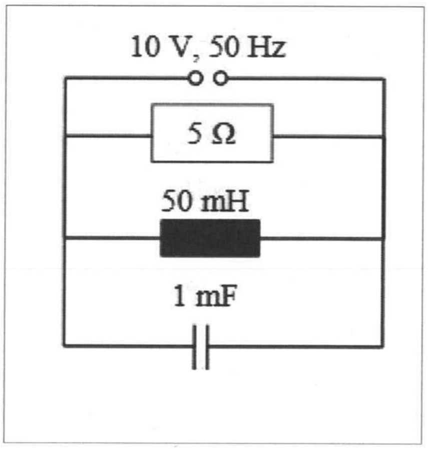
$$U(t)=N\cdot B\cdot d\cdot v_o\cdot\cos(\omega\cdot t+\varphi)$$

Dabei ist N die Anzahl der Windungen, B die magnetische Flussdichte, d die Seitenlänge der Spule und v_o die Maximalgeschwindigkeit der Spule.

e) **[4]** Bestimmen Sie den ersten Maximalwert der Spannung U und die Phase φ, wenn die Spule zur Zeit t = 0 bei der Auslenkung y_o = -1.0 cm losgelassen wird.

4) Sperrkreis (16 Punkte)

Die nebenstehende Schaltung nennt man einen Sperrkreis. Es wird ein Widerstand $R = 5\Omega$, eine ideale Spule mit der Induktivität $L = 50$ mH und einem idealen Kondensator mit der Kapazität $C = 1$ mF parallel geschaltet. Der Stromkreis wird mit einer Wechselspannung von $f = 50$ Hz betrieben. Die effektive Wechselspannung sei 10 V.



a) **[2]** Berechnen Sie die Impedanzen der drei Wechselstromwiderstände.

b) **[3]** Berechnen Sie die Gesamtimpedanz und den Phasenwinkel φ.

c) **[4]** Berechnen Sie die Zweigströme, den Totalstrom und zeichnen Sie ein massstabsgetreues Phasendiagramm. Läuft der Totalstrom vor oder nach der Spannung?

d) **[2]** Nun soll die Frequenz f so verändert werden, dass die Gesamtimpedanz maximal wird. Dies ist dann die Sperrfrequenz f_o. Berechnen Sie sowohl ω_o wie auch f_o.

e) **[3]** Berechnen Sie die Wirkleistungen für beide Frequenzen f und f_o.

f) **[2]** Hängt die Wirkleistung der unter e) berechneten Werte von der Frequenz ab? Erleutern Sie die Bedeutung der Frequenzabhängigkeit der Wirkleistung?

5) Zyklotron 15 Punkte

Im Medizinzyklotron „Comet“ des Paul Scherrer Institut (PSI) bei Villigen (AG) werden Protonen zwecks Bestrahlung von Tumoren beschleunigt. Kurz bevor die Protonen das Zyklotron verlassen, befinden sie sich bei einem Bahnradius von 0.815 m. Das senkrecht zur Bewegungsrichtung stehende Magnetfeld habe eine Stärke von 2.4 T. Machen Sie alle Rechnungen nichtrelativistisch, ausser eine relativistische Rechnung wird explizit verlangt.

a) **[3]** Beschreiben Sie detailliert anhand einer aussagenkräftigen Skizze wie ein Zyklotron funktioniert.

b) **[3]** Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Protonen kurz vor dem Verlassen des Zyklotrons. Machen Sie dazu eine begründete Herleitung der Formel. Führen Sie im Weiteren eine explizite Einheitenkontrolle durch. Falls Sie a) nicht lösen können, gehen Sie von einem Wert von $v = 2.15 \cdot 10^8$ m/s für die Teilaufgaben c) und d) aus.

c) **[2]** Angenommen die Protonen würden in einem Linearbeschleuniger auf die unter b) berechnete Geschwindigkeit beschleunigt. Wie lang wäre der Beschleuniger mindestens, wenn von einer elektrischen Feldstärke von 400 kV/m ausgegangen werden kann?

d) **[3]** Berechnen Sie die Zyklotronfrequenz f, mit der die Protonen im Zyklotron kreisen.

e) **[2]** Gemäss einer Angabe des PSI beträgt die tatsächliche Endgeschwindigkeit der Protonen $1.80 \cdot 10^8$ m/s. Berechnen Sie die bei dieser Geschwindigkeit auftretende Massenzunahme in %.

f) **[2]** Wegen dieser Massenzunahme gibt es Probleme mit der Wechselspannung, welche die Protonen im Takt der Zyklotronfrequenz f beschleunigt. Im Zyklotron „Comet“ wird diese Frequenz fest gelassen. Zeigen Sie formal, welche die Frequenz beeinflussende Grösse radial nach aussen hin geändert werden muss, wenn man wie am PSI die Frequenz konstant halten will. Muss die Grösse vergrössert oder verkleinert werden?