

- Bemerkungen:
- Die Prüfungsdauer beträgt 4 Stunden.
 - Beginnen Sie jede neue Aufgabe auf einer neuen Seite.
 - Stellen Sie die Lösungswege übersichtlich und korrekt dar.
 - Hilfsmittel : Taschenrechner (TI-30, Voyage, TI-nspire), Formelsammlung.

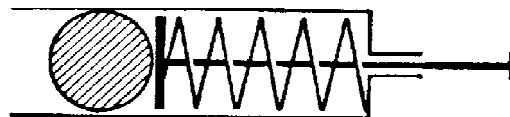
1. Das "**3-Liter-Auto**" verbraucht noch 2.95 Liter Dieselkraftstoff pro 100km (gemäss europäischem Fahrzyklus). - Erreicht wurde dieser tiefe Wert durch Leichtbauweise des Fahrzeuges, einem kleinen Dieselmotor mit extrem hohem Einspritzdruck, ausgezeichneter Aerodynamik und einer komplexen elektronischen Steuerung des Motors und Fahrwerks.

Hier einige Daten, die Sie für die folgenden Rechnungen brauchen:

Massen:	$m_{\text{leer}} = 830\text{kg}$; $m_{\text{nutz}} = 360\text{kg}$
Reibung:	$\mu_{\text{roll}} = 0.015$; $c_w = 0.29$; $\mu_{\text{haft}} = 0.90$; $A_{\text{Stirnfläche}} = 2.2\text{m}^2$
Wirkungsgrade:	$\eta_{\text{Getriebe/Übertragung}} = 96\%$
Motor:	$V = 1200\text{cm}^3$; $P_{\text{mechan.}} = 45\text{kW}$; Einspritzdruck: $p_{\text{Diesel}} = 2000\text{bar}$
Geschwindigkeit:	$v_{\text{max}} = 165\text{km/h}$

- Die Einspritzpumpe muss einen sehr hohen Druck erzeugen. Wie hoch könnte man mit diesem Druck Wasser (reines Wasser) pumpen (ohne Reibung)? 1P
- Wie tief müsste man ins Meer tauchen, um denselben Druck zu erreichen, wenn die Dichte des Meerwassers an der Oberfläche 1070kg/m^3 ist und pro Meter Wassertiefe linear um 0.05kg/m^3 zunimmt? 3P
- Wie gross ist die erreichbare Höchstgeschwindigkeit bei voll beladenem Wagen auf horizontaler Strasse? ($F_{\text{Luftwiderstand}} = \frac{1}{2} \cdot A \cdot \rho_{\text{Luft}} \cdot c_w \cdot v^2$; $\rho_{\text{Luft}} = 1.25\text{kg/m}^3$) 3P
- Wie gross ist der Wirkungsgrad des Motors, wenn der voll beladene Wagen bei einer konstanten Geschwindigkeit von 100km/h die geforderten 2.95 Liter braucht? ($H_{\text{Diesel}} = 43\text{MJ/kg}$; $\rho_{\text{Diesel}} = 855\text{kg/m}^3$) 2P
- Wie weit würde ein Rad rollen, wenn es sich bei 100km/h auf einer Strasse mit 6% Steigung lösen würde? Als vereinfachende Näherung soll die Luftreibung als konstant, zu einem Wert, der 70% der Anfangsgeschwindigkeit entspricht, angenommen werden. Für das Rad gilt: $c_w = 0.54$ und $m = 7.5\text{kg}$ mit der Näherung eines Zylinders ($d = 56\text{cm}$, $h = 15\text{cm}$) und homogener Massenverteilung. 4P
- Wenn das Auto mit einer Geschwindigkeit von 141km/h hupend an Ihnen vorbeifahren würde, welches Tonintervall (Anzahl Halbtöne) werden Sie wahrnehmen? 3P

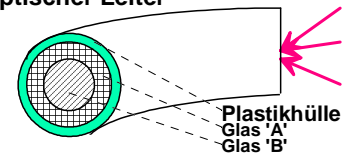
2. Im abgebildeten **Wurfgerät** wird die Feder mit einer Kraft von 35N um 18cm gespannt. Durch Loslassen der Feder wird die Kugel horizontal abgeschossen.



- Welche Geschwindigkeit hat die Kugel mit der Masse 15g beim Abschuss? 2P
- Wie weit fliegt die Kugel, wenn der Abschuss auf 2.0m über dem horizontalen Boden erfolgt? 1P
- Mit welcher Geschwindigkeit müsste die Kugel nun horizontal abgeschossen werden, damit sie nie zu Boden fällt, sondern die Erde umkreist, unter Vernachlässigung der Luftreibung? 2P
- Wie lange ist die Flugdauer, wenn die Kugel aus 2.0m über dem Boden senkrecht nach oben abgeschossen wird und dann zu Boden fällt? 2P
- Berechnen Sie die Abschussgeschwindigkeit der Kugel, damit sie beim senkrechten Abschiessen nicht mehr zur Erde zurück fällt, bei Vernachlässigung der Luftreibung. 3P

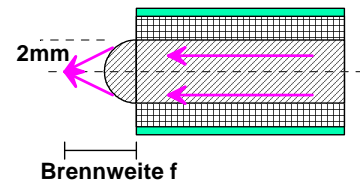
3. Ein **optischer Leiter** leitet das Licht von der Quelle zum Empfänger, auch auf gekrümmten Wegen, schnell und mit wenig Verlust. Ein solcher Leiter besteht aus zwei Glassorten, konzentrisch angeordnet, und einer Schutzhülle aus Plastik, wie in der nebenstehenden Zeichnung dargestellt.

optischer Leiter

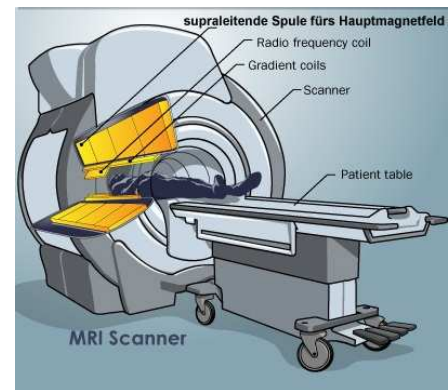


Die Brechungsindizes der beiden Glassorten seien 1.30 und 1.55

- Welche der beiden Glasarten ist innen ('B')? 1P
- Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, um das Licht (rechts in der Zeichnung) in den optischen Leiter einzuleiten? (mit Berechnung) 2P
- Welche Bedingung muss erfüllt sein, damit sich das Licht im Innern des Leiters ausbreiten kann? (mit Berechnung) 2P
- Wie schnell kann digitale Information mit dem optischen Leiter transportiert werden? 1P
- Am Ende des Leiters befindet sich eine halbkugelförmige Linse aus demselben Material, wie die innere Glassorte (siehe Skizze). Bestimmen Sie den Ort des Brennpunkts, der Linse (siehe Skizze). 2P



4. Beim Forschungs-**MR-Tomographen** der ETH Zürich wird das Magnetfeld von 7.40 Tesla im Untersuchungsvolumen mit einer Strom durchflossenen supraleitenden Spule erzeugt (siehe Abbildung). Der elektrische Strom durch die Spule beträgt 360A, die Länge der ganzen Spule (Länge der Röhre in der der Patient liegt) ist 1.60m und der mittlere Durchmesser der Hauptspule ist 1.40m.



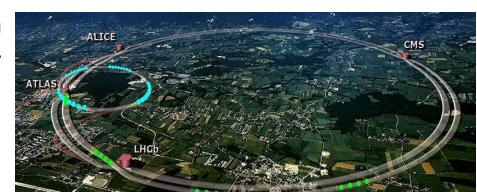
- Wie viele Windungen muss die Spule haben? 1P
- Wie lange ist der Draht für diese Spule? 1P
- Welche Energie ist in der Spule gespeichert? 2P
- Wie gross wäre der ohmsche Widerstand der Spule, wenn sie aus 1mm^2 Kupferdraht gefertigt wäre? 1P
- Was bedeutet hier „supraleitend“? 1P

5. Betrachten Sie nun eine **Spule** mit einer Induktivität von 2.5mH und einem Gleichstromwiderstand von 10Ohm, sowie ein Kondensator mit einer Kapazität von 800nF.

- Einmal parallel und
 - einmal in Serie angeschlossen.
- Bestimmen Sie in beiden Fällen, a) und b), die Resonanzfrequenz, die Impedanz im Resonanzfall, sowie die Impedanz bei einer Frequenz, die um $\pm 500\text{Hz}$ von der Resonanzfrequenz abweicht. Erstellen Sie ein qualitativ korrektes Diagramm, unter Berücksichtigung obiger Berechnungen, mit der Frequenz auf der x-Achse und der Impedanz auf der y-Achse. 6P

6. Beim neuen **Beschleuniger** LHC am CERN werden Protonen auf „beinahe“ Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Ihre kinetische Energie beträgt 3500 GeV, der Bahnradius ist 4.3km.

- Bestimmen sie die Masse dieser Protonen bei 3.5TeV (2P)
- Wie stark müssen die Magnete sein, die die Protonen auf der Kreisbahn halten? (3P)



7. Im Kühlschrank ist Ihnen die **Milch zu 50% gefroren** (Eisfach war nicht richtig geschlossen) und nun wollen Sie eine heisse Schokoladenmilch zubereiten. Zur Erhitzung der halbgefrorenen Milch (als Wasser zu betrachten) haben Sie 100°C heissen Dampf. Wie viel Dampf ist notwendig um 3.0dl halbgefrorene Milch auf 80°C zu erhitzen? 3P



8. Die abgebildete **Kochplatte** hat 1500W Leistung, und der Durchmesser beträgt 18cm. Wie heiss wird die Platte, wenn sie sie ohne Kochtopf in einer 25°C warmen Küche eingeschaltet lassen? 3P



9. Bei der **Kernspaltung** in einem Reaktor entstehen aus den 3.3%²³⁵U und 96.7%²³⁸U nach einem Jahr Betrieb gefolgt von einem Jahr Abklingzeit:
0.8%²³⁵U, 94.6%²³⁸U, 0.3%²³⁹Pu, 0.1%⁸⁵Kr, 0.1%⁹⁰Sr, 0.1%¹³⁷Cs, 0.7% andere Radionuklide und 3.3% inzwischen stabile Nuklide (Angaben in Massenprozenten).
Welche drei der angegebenen Radionuklide tragen am stärksten zur Aktivität des Materials bei? 3P

10. Wenn Neutronen der kosmischen Strahlung auf Stickstoff-Atome treffen, entsteht radioaktiver Kohlenstoff **C-14**. Dadurch entsteht im Kohlendioxid der Luft ein konstantes Verhältnis p von Kohlenstoff C-14 zu Kohlenstoff C-12. Dieses konstante Verhältnis p haben auch alle lebenden Organismen. Nach dem Tod eines Lebewesens wird dieses Verhältnis p aber immer kleiner.
- a) Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Entstehung von Kohlenstoff C-14. 2P
- b) Wie heisst die Zerfallsgleichung von Kohlenstoff C-14, und wie gross ist seine Halbwertszeit? 2P
- c) Mit einem Zählrohr werden bei 20 g frischem Holz 112 Zerfälle pro Sekunde gemessen. Bei einer Probe von 20 g eines prähistorischen Holzkeils beträgt die Zählrate 7 Zerfälle pro Sekunde. Welches Alter ergibt die C-14-Messung für diesen Holzkeil? 3P

Total 65 Punkte