

Vordiplom, Physik I

1. Oktober 2001 (09:00-12:00, ohne Pause)

Name: _____ Vorname: _____

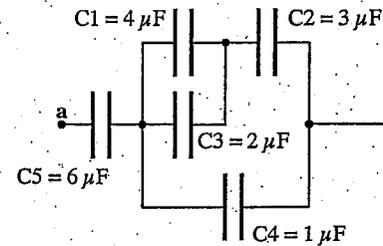
Studiengang: _____ Legi-Nummer: _____

Aufgabe	Punkte
1.	von 6
2.	von 5
3.	von 4
4.	von 6
5.	von 6
6.	von 4
7.	von 5
8.	von 4
9.	von 2
10.	von 4
Total:	von 46

Name und Vorname auf ALLE abgegebenen Blättern!

1. Kombinierte Serien- und Parallelschaltung von Kondensatoren (6 Punkte)

Fünf Kondensatoren sind wie in der Abbildung dargestellt verschaltet. Die Drähte sollen ideale Kabel ohne Kapazität sein.



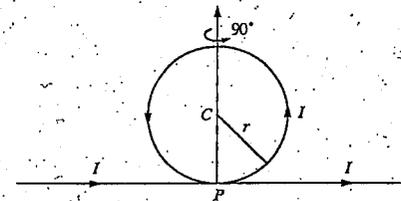
- Berechnen Sie die Gesamtkapazität C der Anordnung. (2 Punkte)
- Wie gross ist die in dem System gespeicherte Energie E , wenn die Spannung U zwischen den Klemmen a und b 100 V beträgt? (1 Punkt)
- Wie groß sind die Spannungen und Energien der einzelnen Kondensatoren $C1$ bis $C5$? (3 Punkte)

2. Elektrisches Feld der Erdatmosphäre (5 Punkte)

- a. In Experimenten ist beobachtet worden, dass das elektrische Feld in grossen Gebieten der Erdatmosphäre senkrecht nach unten zeigt. In einer Höhe von 200 m beträgt die Feldstärke $E_{200} = 100 \text{ N/C}$ und in einer Höhe von 300 m noch $E_{300} = 60 \text{ N/C}$.
- Bestimmen Sie die gesamte elektrische Netto-Ladung (inklusive Vorzeichen), die in der Erdatmosphäre im gesamten Volumen um die Erde zwischen 200 und 300 m Höhe vorhanden ist. Bei der Berechnung kann angenommen werden, dass Distanzen von wenigen hundert Metern vernachlässigbar klein sind gegenüber dem Radius der Erde. $R_E = 6.37 \cdot 10^6 \text{ m}$. (2 Punkte)
- b. Zusätzlich zu den Angaben von (a.) ist bekannt, dass von der gesamten Erdoberfläche zur Atmosphäre (im Mittel) ein totaler Strom von $I_A = 1800 \text{ A}$ fliesst. Wie gross ist unter dieser Voraussetzung die mittlere Leitfähigkeit σ der Atmosphäre in einer Höhe von 200 m? (3 Punkte)

3. Feld einer Schlaufe (4 Punkte)

Ein langer Draht wird in die in der Figur gezeigte Form gebogen (Schlaufe ohne Kontakt in P).



- a. Bestimmen Sie die Grösse und Richtung des B-Feldes in der Mitte C des kreisförmigen Anteils, wenn der Strom I wie angezeigt fliesst! (2 Punkte)
- b. Wie ändert sich \vec{B} wenn nur der Kreis um 90° um die gestrichelte Achse gedreht wird? (2 Punkte)

4. Magnetische Energiespeicherung und magnetischer Druck (6 Punkte)

Eine (supraleitende) Torusspule (siehe Fig. a) kann als Energiespeicher verwendet werden.

a. Wieviel Energie enthält eine solche Spule bei $D = 100$ m, $2R = 10$ m $\ll D$ und $B = 15$ T ($\mu_0 = 1.26 \cdot 10^{-6}$ Vs/Am)? (2 Punkte)

b. Zur Abschätzung der mechanischen Beanspruchung des Materials sei die Wicklung als Stromschicht der Dicke δ (s. Fig. b) mit der Stromdichte j gedacht (als Element einer "längen Spule"). Die Kraft dF pro Flächenelement $Rd\varphi dl$ entspricht dem magnetischen Druck P_M . Man berechne diesen unter Berücksichtigung der Tatsache, dass sich der Strom im mittleren Feld $B_{\text{innen}}/2$ befindet (s. Fig. c). (4 Punkte)

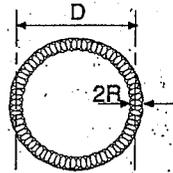


Fig. a

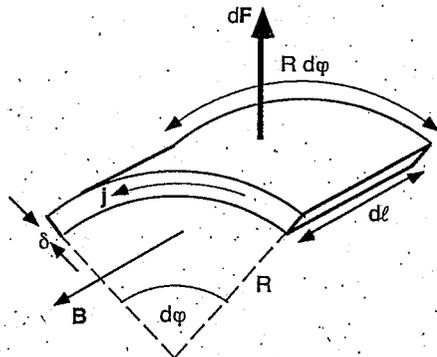


Fig. b

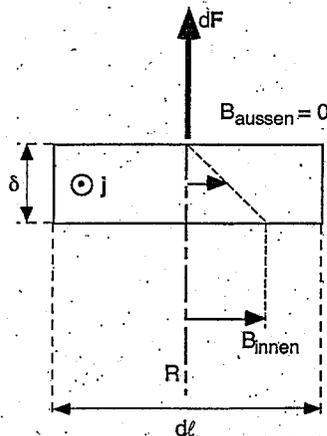
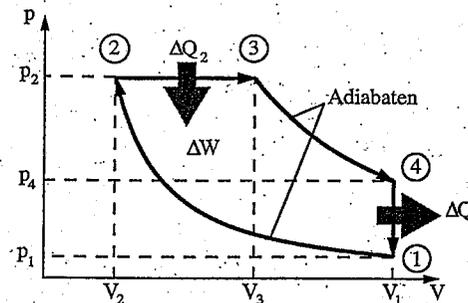


Fig. c

6. Der Diesel-Motor (4 Punkte)

Beim Dieselmotor sind die durchlaufenen Prozessschritte zwei mal Adiabatische, ein mal Isochore und ein mal Isobare. Die Schritte sind (vgl. Figur):



1. Schritt: (1) \rightarrow (2): Adiabatische Kompression der angesaugten Luft; das Kompressionsverhältnis $r_k := V_1/V_2$ kann sehr hoch gewählt werden, da hier nur die Luft komprimiert und erst etwa am Punkt (2) der Kraftstoff eingespritzt wird.

2. Schritt: (2) \rightarrow (3): Das hochkomprimierte Kraftstoff-Luft-Gemisch entzündet sich selbstständig und verbrennt relativ langsam – praktisch isobar.

3. Schritt: (3) \rightarrow (4): Adiabatische Expansion; der Kolben weicht schnell zurück; das Gas kühlt sich wegen der Arbeitsabgabe nach aussen ab. Es ist günstig, hier ein Expansionsverhältnis $r_e := V_4/V_3 = V_1/V_3$ zu definieren.

4. Schritt: (4) \rightarrow (1): Die Kühlung des Zylinders wird im Gas spürbar; man hat wieder eine etwa isochore Abkühlung.

Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Dieselmotors η_{Diesel} , angenommen, dass $r_k = 15$, $r_e = 5$ und der Adiabatenexponent $\gamma = 1.4$. Man nimmt an, dass es sich um ideale Gase (Luft-Kraftstoff-Gemisch) handelt.

7. Ionengas (5 Punkte)

Ein Gas bestehe aus Ionen, alle mit der gleichen Ladung, gleichen Vorzeichens. Zum Zeitpunkt $t = 0$ s sei die kinetische Energie des Gases fünfmal grösser als die von der elektrostatischen Wechselwirkung herrührende potentielle Energie. Das Gas erfahre eine freie Expansion, ohne dass Wärme ausgetauscht oder Arbeit geleistet wird. Wie gross ist die relative Temperaturänderung (anzugeben in Prozent), wenn das Volumen des Gases nach der freien Expansion achtmal so gross ist wie das Anfangsvolumen? (*Hinweis:* $V_{\text{gas}} \propto r^3$)

8. Atemgerät des Tauchers (4 Punkte)

Aus dem Atemgerät eines Tauchers entweicht in 40 Meter Tiefe (bei einer Temperatur von 5°C) eine Luftblase mit dem Volumen 15 cm^3 und steigt nach oben. An der Wasseroberfläche (1 atm) beträgt die Temperatur 25°C . Welches Volumen hat die Luftblase, kurz bevor sie die Wasseroberfläche erreicht? (*Hinweis:* Betrachten Sie die Luft in der Blase als ideales Gas und $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 10^3\text{ kg/m}^3$).

9. Materiewellen (2 Punkte)

Kalium-Ionen K^+ werden durch eine Potentialdifferenz von 400 V beschleunigt.

- Wie gross ist ihr Impuls am Ende der Beschleunigungsstrecke? (1 Punkt)
- Was ist ihre de Broglie Wellenlänge? (1 Punkt)

Zahlenwerte: $m_K = 6.49 \cdot 10^{-26}$ kg, $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ Cb.

10. Photoelektrischer Effekt an einer Silberfläche (4 Punkte)

Aus einer Silberfläche, die durch monochromatisches Licht der Wellenlänge $\lambda = 150$ nm beleuchtet wird, werden Photoelektronen herausgelöst. Bei Silber setzt der photoelektrische Effekt unterhalb der Wellenlänge $\lambda_0 = 260$ nm ein ($m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}$ kg).

- Wie gross ist die Energie der einfallenden Photonen? (1 Punkt)
- Berechnen Sie die Austrittsarbeit des Elektrons. (1 Punkt)
- Berechnen Sie die kinetische Energie und die Geschwindigkeit der Photoelektronen. (2 Punkte)