$\varepsilon_0 = 8{,}859 \cdot 10^{-12}$

RECHENÜBUNGEN ZUR EXPERIMENTELLEN PHYSIK II (SS 2005)

1) Wie groß ist die Kraft, die auf eine Punktladung Q wirkt, wenn die Ladung sich in einer Entfernung L von einer unendlich großen Metallfläche befindet. Wie groß wäre die Kraft auf dieselbe Ladung, wenn sich an Stelle der Metallfläche eine zweite, gleich große Ladung befinde würde?

2) Ein Elektron fliegt mit einer Geschwindigkeit von 15000 km/s parallel zu den Platten eines Kondensators von 10 cm Länge und 3 cm Plattenabstand. Es wird dabei um 1 cm aus seiner Richtung abgelenkt. Wie groß ist die Spannung an den Kondensatorplatten? (Elektron: $m = 9.1 \cdot 10^{-28}$ g, $q = 1.6 \cdot 10^{-19}$ As)

3) Die Ladung von 1 Coulomb sei in einem Punkt konzentriert. Wie groß ist die Spannung U in 10 cm Entfernung von der Ladung? In welcher Entfernung beträgt die Spannung noch 10 V bzw. 1 V? Verwenden Sie die übliche Konvention $\lim_{r\to\infty} U = 0$!

4) Zwei kleine geladene metallische Kugeln der Radien R_1=2cm und R_2=6cm befinden sich in einer Entfernung von R=1m. Die Anziehungskraft zwischen den Kugeln beträgt $F_1 = 54 \cdot 10^{-5}$ N. Die Kugeln werden in Berührung gebracht und dann wieder R=1m voneinander entfernt. Dort ist die Kraft zwischen den Kugeln abstoßend und beträgt $F_2 = 108 \cdot 10^{-5}$ N. Wie groß waren die ursprünglichen Ladungen der Kugeln?

5) Homogen geladene Kugel: Eine Kugel (Radius R, $\varepsilon_r = 1$) sei homogen geladen (Was sagen Sie dazu?). Wie groß ist die Feldstärke **E** als Funktion des Abstandes **r** vom Kugelmittelpunkt ($0 < r < \infty$) ? In welche Richtung zeigt sie? Warum? Betrachten Sie anschließend den Fall $\varepsilon_r \neq 1$. Man diskutiere auch etwaige Unterschiede zum Gravitationsfeld! (Anleitung: Benützen Sie die Beziehung div $\mathbf{D} = \rho$ und den Satz von Gauß.)

6) Staubabscheider I
In Kraftwerken werden elektrostatische Precipitatoren dazu verwendet, um "Staub" aus dem Abgasstrom zu entfernen. Dabei werden elektrisch geladene Ascheteilchen mit der Strömung durch ein starkes elektrisches Feld geführt, bewegen sich zu den Elektroden und werden dort (hoffentlich) abgeschieden.
Im Prinzip stehen zwei mögliche Bauarten zur Wahl: Zylinder- oder Platten-kondensatoren Welcher Kondensator ist Ihrer Meinung nach effektiver (bei gleicher Spannung, dh. einige kV und gleicher Länge)? Begründen Sie Ihre Entscheidung (Feldlinien, Äquipotentialflächen, Trajektorien der Partikel, ...). Wodurch gibt es eine praktische untere Grenze für den Abstand der Elektroden?

7) Staubabscheider II
Nehmen Sie zur rechnerischen Einfachheit an, dass der Staubabscheider als Plattenkondensator mit vertikalen Platten (Abstand 50 cm) ausgeführt ist. Die mit Asche beladene Luft wird von unten parallel zu den Platten mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 1 m/sek eingeblasen. Die darin enthaltenen Partikel bewegen sich durch die Strömung zu den Elektroden. Wie hoch müssten die Platten mindestens sein, um z.B. 250000-fach geladene, in erster Näherung kugelförmige Partikel mit Durchmesser kleiner als 40μm, die knapp an der "falschen" Elektrode eingeblasen werden, abscheiden zu können? (Spannung: 10 kV, Partikel Dichte 2.5 g/cm³, Zähigkeit Luft $1.7 \cdot 10^{-5}$ Pas).

8) Zwei kleine geladene Kugeln (betrachten Sie sie als Punktladungen) der Ladung $Q_1 = 8 \cdot 10^{-8}$ C bzw. $Q_2 = -2 \cdot 10^{-8}$ C und der Masse M_1=5g bzw. M_2=15g befinden sich in einer Entfernung von L= 20cm. Wie groß ist ihre Relativgeschwindigkeit, wenn beide L_1=8cm voneinander entfernt sind, im Fall dass

a) die erste Kugel fixiert ist
b) beide Kugeln sich frei bewegen können.
(Lösung: Impuls- und Energieerhaltung)

9) Zeigen Sie, dass für einen Kugelkondensator gilt:

$$C = \frac{4\pi\varepsilon_0 r_1 \cdot r_2}{r_2 - r_1}$$

wobei r_1 der Radius der inneren und r_2 der Radius der äußeren Kugel ist. Setzen Sie dann die Werte r_1 = 1 cm und r_2 = 2 cm ein. Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem Grenzfall $r_2 \to \infty$, das entspricht der einzelnen geladenen Kugel. Führen Sie den Grenzübergang auch in der allgemeinen Formel durch.

10) Zwei isolierte Kondensatorplatten werden mit einer bestimmten Ladungsmenge aufgeladen. Die Spannung am Kondensator beträgt danach 10 V. Der Abstand der Platten sei 5 cm. Zunächst herrsche zwischen ihnen Vakuum, dann werde eine 3 cm dicke Schicht eines Materials mit $\varepsilon_r = 4$ eingebracht.

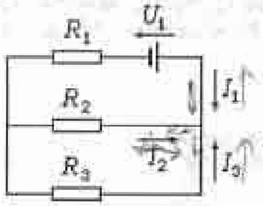
a) Wie groß sind Spannung und Feldstärke der weiterhin isolierten Platten?
b) Wie ändern sich die Ergebnisse, wenn die Platten stattdessen an eine Spannungsquelle von 10 V angeschlossen werden?

11) Zwei Platten sind durch einen gleichmäßigen Luftzwischenraum voneinander isoliert und an eine Spannungsquelle von 1000 V angeschlossen. Wenn die Feldstärke 10000 V/cm beträgt, ist die Kraft zwischen ihnen gleich 10 N. 1000000 V/m
Wie groß sind die Platten und welche Kapazität hat der von ihnen gebildete Kondensator?

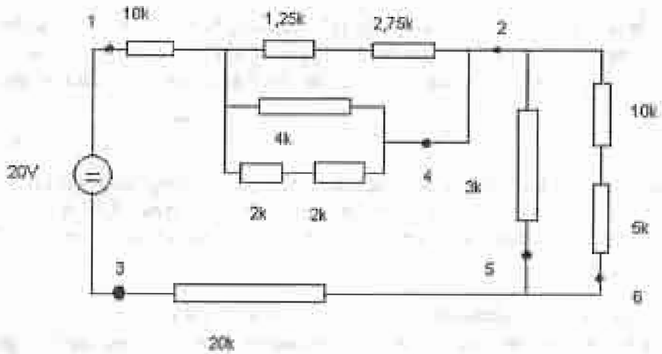
12) Kirchhoffsche Regeln

In dem skizzierten Gleichstromnetzwerk sei $U_1 = 10$ V, $R_1 = R_2 = 1$ kΩ und $R_3 = 500$ Ω. Berechnen Sie die Ströme I_1, I_2 und I_3 unter Berücksichtigung der in der Skizze angegebenen Richtungskonventionen.

1333Ω

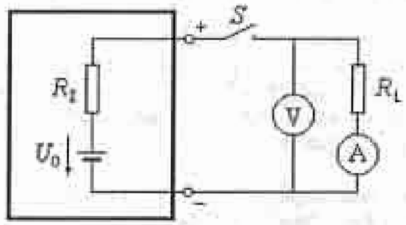


13) Berechnen Sie den Strom, der bei dem folgenden linearen Netzwerk der Spannungsquelle entnommen wird. Welcher Strom fließt in den gezeichneten Punkten?



14) Nehmen Sie an, sie müssen eine elektrische Leistung von 2.3 kW (Netzspannung: 230 V) 1 km weit mit einem Kabel übertragen. Welchen Durchmesser müssten die Leiter im Kabel haben, damit über dieser Länge die Spannung nicht unter 210 V abfällt? (Ann. Cu Kabel, $\rho_{Cu} = 1.7$ 10^{-8} Ωm)

15) Die Spannung einer Batterie beträgt in unbelastetem Zustand $U_0 = 4$ V. Nach Schließen des Schalters S fließt ein Strom von 100 mA, worauf die Spannung der Batterie auf 3.8 V absinkt. Wie groß ist der Innenwiderstand R_i der Batterie? Wie groß ist der äußere Widerstand R_L im Stromkreis? Vernachlässigen Sie in der Rechnung den Einfluß der Messgeräte, diskutieren Sie aber ihren Einfluss auf Spannung und Strom!

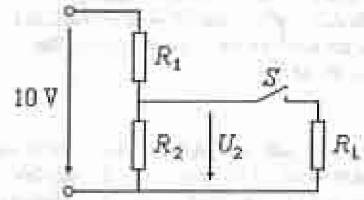


16) Eine ideale (= beliebig belastbare) Spannungsquelle gibt 10 V. Durch die Widerstände $R_1 = 500$ Ω und $R_2 = 3000$ Ω wird die Spannung geteilt. Wie groß ist der Spannungsabfall U_2 in folgenden Fällen?

a) bei geöffnetem Schalter S

b) bei geschlossenem Schalter, wobei der Lastwiderstand $R_L = 1$ kΩ ist

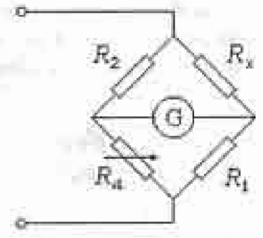
c) Wie wären die Verhältnisse, wenn man R_1 und R_2 austauschen würde? Würde sich die Spannung U_2 bei Belastung mehr oder weniger ändern?



17) Der Schaltungsaufbau entspricht der Skizze. $R_1 = 100\ \Omega$ und $R_2 = 200\ \Omega$ sind fix vorgegeben, R_4 ist ein regelbarer Widerstand zwischen $100\ \Omega$ und $500\ \Omega$. Wie groß ist R_x, wenn der Regelwiderstand auf

a) $300\ \Omega$
b) $400\ \Omega$

eingestellt werden muss, damit im Messgerät kein Strom fließt?



18) Warum werden zur Übertragung großer Leistungen Hochspannungsleitungen verwendet? Geben Sie die Verluste (bei gleichem Leitungswiderstand) an, wenn z.B. ein Donaukraftwerk (40 MW elektrisch) Strom für Wien liefern soll, und die Leistung einmal bei 220 V, ein anderes Mal bei 220 kV übertragen wird.

19) Eine elektrische Kochplatte enthält zwei Heizspiralen, die mit einem Umschalter je einzeln, parallel oder in Serie geschaltet werden können, sodass 4 Heizstufen möglich sind. Bei 220V sollen die Heizleistungen zwischen 300W und 1500W liegen. Welche Widerstände müssen die Heizspiralen haben und wie groß sind die Leistungen bei den anderen Stufen?

20) Nehmen Sie an, Sie wollen eine Kochplatte konstruieren, bei der von Stufe zu Stufe die Heizleistung um denselben Faktor erhöht würde. Wie groß müssten die Widerstände dann sein? Gehen Sie von der niedrigsten Stufe aus, die wieder 300W haben soll. Welche Leistungen erhalten Sie dann?

21) Am European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in Grenoble wird seit 1994 ein Speicherring betrieben, in dem Elektronen mit annähernder Lichtgeschwindigkeit kreisen. Der Umfang des etwa kreisförmigen Rings beträgt 844 m, der durch die kreisenden Elektronen erzeugte Gesamtstrom 200 mA.

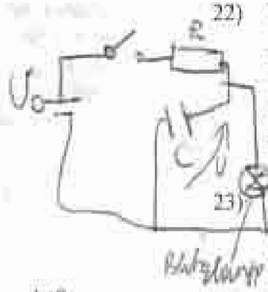
a) Wie viele Elektronen befinden sich in dem Speicherring ?

b) Wenn die kinetische Energie eines Elektrons 6 GeV beträgt, welche Gesamtenergie (in kWh) war mindestens nötig, um den Speicherring mit Elektronen zu füllen ?

c) Die Elektronen werden in etwa 1000 Gruppen („bunches") aufgeteilt. Die Zeitdauer, die eine Gruppe von Elektronen benötigt, um an einem ruhenden Beobachter vorbeizufliegen, beträgt etwa 100 ps. Wie groß ist die räumliche Ausdehnung einer derartigen Gruppe ? Wie groß ist der zeitliche Abstand zwischen zwei bunches ? $I = \frac{Q}{N}$

d) Welcher Strom wird durch einen derartigen bunch erzeugt ? Wie groß ist das Verhältnis zwischen Strom im bunch und dem mittleren Strom von 200 mA ?

e) Angenommen, der Strahlquerschnitt beträgt etwa 1 cm². Welche mittlere Raumladungsdichte ergibt sich daraus bei einer angenommenen homogenen Ladungsverteilung im bunch ?



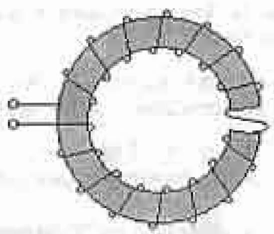
22) Gegeben sei ein idealisiertes Blitzlicht, dessen innerer Widerstand $r = \infty$ für $U < U_1$ und $r = 0$ für $U \geq U_1$, mit U der Spannung am Bauteil. Dieses Blitzlicht ist in die unten skizzierte Schaltung eingebaut. Wie groß muss der ohmsche Widerstand R sein, sodass das Blitzlicht jede Sekunde aufleuchtet. Die Spannung der Batterie beträgt $U_0 = 2U_1$, die Kapazität des Kondensators $C = 1\ \mu F$.

23) Bei der elektrolytischen Gewinnung von Aluminium wird metallisches Aluminium aus einer Al_2O_3 Schmelze abgeschieden. Welche Ladungsmenge ist nötig, um 1 kg Aluminium zu gewinnen (Massenzahl von Al: 26,98; Achtung, Al ist dreiwertig!)? Nehmen Sie an, es fließt dabei ein Strom von 10 A. Wie lange würde es dann dauern, bis 1 kg Al abgeschieden ist?

24) Es liege ein homogenes Magnetfeld von 10^5 A/m vor. Eine Spule (10 Windungen, Fläche F = 15 cm²) befinde sich zunächst mit der Fläche normal zum Magnetfeld. Sie wird dann a) um 90°, b) um 180° um ihre Achse gedreht. Welcher Spannungsstoß entsteht dabei (d.h. wie groß ist $\int U_{ind}\, dt$)? Hängt das Integral von der Drehgeschwindigkeit ab bzw. davon, ob um die Achse nach rechts oder nach links gedreht wurde? Was würde passiere, wenn die Spule um andere Achsen gedreht würde?

25) Die Spule des vorigen Beispiels wird nun in ein anderes homogenes Magnetfeld gebracht, dessen Feldstärke bestimmt werden soll. Zu diesem Zweck wird die Spule kontinuierlich im Feld gedreht (Drehachse wieder normal zum Feld) mit einer Geschwindigkeit von 6 U/s. Dabei wird eine periodisch schwankende Spannung mit einem Höchstwert von 0.1 V festgestellt (warum?). Wie groß ist das Feld?

26) Es sei eine geschlossene Spule vorgegeben, in der die Feldlinien auch dann ausschließlich innerhalb der Spule bleiben, wenn der Innenraum der Spule Luft enthält (Idealisierung). Der Umfang der Spule betrage 40 cm, durch die insgesamt 250 Windungen fließe ein Strom von 300 mA. In der Spule wird nun ein gebogener Fe-Kern (μ = 3000) der Länge L gebracht. Die Distanz zwischen den Enden des Fe-Kerns (40 cm - L) ist mit Luft gefüllt. Wie groß ist das Magnetfeld (B und H) innerhalb der Spule in Abhängigkeit von L? Wie groß ist der magnetische Fluss, wenn die Querschnittsfläche 10 cm² beträgt; bei L = 0, 39, 40 cm? Man diskutiere den starken Einfluss eines kleinen Luftspaltes.



27) In einer Nebelkammer, die sich in einem Magnetfeld mit der Feldstärke $1.99 \cdot 10^6$ A/m befindet, hinterlässt ein atomares Teilchen, das mit einer Geschwindigkeit von 10^7 m/s fliegt, eine kreisförmige Bahnspur mit dem Radius 8.3 cm. Gesucht ist die spezifische Ladung q/m des Teilchens. Die gesuchte Größe ist mit den entsprechenden Größen für Elektronen, Protonen und α-Teilchen zu vergleichen.

28) Ein bis zur Sättigung in Richtung seiner Achse magnetisierter drehbar gelagerter Eisenstab (10 cm lang, 1 cm² Querschnittsfläche, Sättigungsmagnetisierung $1.7\ 10^4$ A/cm) steht anfangs senkrecht zum erdmagnetischen Feld (magnetische Kraftflussdichte $2\ 10^{-5}$ T). Wie groß ist sein magnetisches Moment? Welches Drehmoment erfährt der Stab? Um wie viel unterscheidet sich seine die potentielle Energie (im Magnetfeld) zwischen der Ausgangs- und der Endlage?

29) Eine Messung des Hall-Effekts an metallischem Natrium in einem Magnetfeld von 1 Tesla ergibt folgende Werte: Das aus der gemessenen Hall-Spannung ermittelte elektrische Feld beträgt 2.5 mV/m, die Stromdichte 10^7 A/m². Berechnen Sie die Anzahl der Elektronen in Na pro Volumseinheit. Wie viele Leitungselektronen kommen jeweils auf ein Na-Atom (Die Dichte von Na beträgt 0.97 g/cm³)?

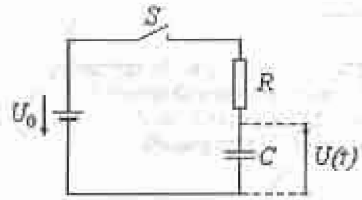
30) Ein in drei Lagen gewickelter Elektromagnet mit einem Querschnitt von 200 cm² habe eine Länge von 150 cm und sei mit insgesamt 3000 Windungen von Kupferdraht (Dicke 1.5 mm) umwickelt. Die relative Permeabilität des Eisenkerns sei 1000, der spezifische Widerstand von Cu 0.017×10^{-4} Ωcm.

a) welche Induktivität hat der Elektromagnet ?
b) welche Zeitkonstante ergibt sich für den Einschalt- bzw. Ausschaltvorgang ?
c) Wie lange dauert es nach dem Einschalten bis der Magnet 98% seiner maximalen Feldstärke erreicht hat ?
d) Wie hängt diese Zeit von der angelegten Spannung und dem Maximalstrom ab ?

31) An den Eingangsklemmen eines Verbrauchers wird die Spannung $U = U_0 \sin(\omega t)$ angelegt, sodass der Strom $I = I_0 \sin(\omega t - \varphi)$ fließt. Berechnen Sie die Wirkleistung (= zeitlicher Mittelwert der aufgenommenen Leistung), sowie die Scheinleistung (= Produkt aus den Effektivwerten von Strom und Spannung, Effektivwert = Amplitude/$\sqrt{2}$).

32) In einem Wechselstromkreis sind ein Ohm'scher Widerstand, ein Kondensator und eine Spule in Serie geschaltet. Zeigen Sie den Spannungsabfall an den drei Elementen R, C und L anhand des Zeigerdiagramms (allgemeine Überlegung). Spezielle Werte: $R = 50\ \Omega$, $C = 1\ \mu F$ und $L = 3 \cdot 10^{-4}$ H. Wie groß ist der Wirk-, der Wechselstrom- und der Blindwiderstand als Funktion der Frequenz einer äußeren periodischen Erregung? Man berechne die Widerstände für $\omega = 10^2$, 10^5 und $10^8\ s^{-1}$. Wie groß ist in diesen drei Fällen die Phasenverschiebung, welche Spannung fällt an den drei Elementen ab? Bei welchem ω tritt Resonanz auf? Warum nennt man sie Spannungsresonanz? Würde beim Fehlen des Ohmschen Widerstandes eine Verschiebung der Resonanzfrequenz eintreten?

33) Der Schalter S werde zum Zeitpunkt $t = 0$ geschlossen. Zeigen Sie, dass die Spannung am Kondensator mit der Zeit entsprechend $U(t) = U_0(1 - \exp(-t/RC))$ zunimmt.



34) Ein Serienresonanzkreis wird zu freien Schwingungen angeregt. Mit einem Oszillographen wird eine Eigenfrequenz von 0.8 MHz gemessen. Nach 20 Schwingungen hat die Amplitude noch ein Drittel des Ausgangswertes. Die Kapazität des Kondensators ist bekannt (1 nF). Wie groß ist der Ohm'sche Widerstand und wie groß ist die Induktivität?

(Anleitung: $A(t) = A_0 \exp(-\frac{Rt}{2L})$)

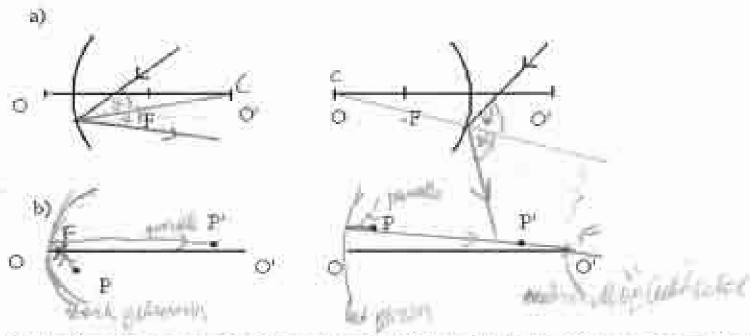
35) Ein realer Kondensator (C=10μF) mit einem Leckwiderstand von 10MΩ wird an eine Wechselspannungsquelle mit U_0=300V und 50 Hz angeschlossen. Welcher Strom (Blind- und Wirkstrom) fließt? Welche Leistung wird im Kondensator verbraucht?

36) Ein Teleskop hat eine Brennweite von f=150m.
Bestimmen Sie die Differenz zwischen der Bildweite eines sehr weit entfernten Sternes und
a) des Mondes (die Entfernung Mond - Erde beträgt 3.8×10^8 m);
b) eines künstlichen Satelliten (die Entfernung Satellit - Erdoberfläche beträgt 500km).
c) Finden Sie den Radius des Abbildes des Mondes, wenn ein Beobachter den Mond unter dem Winkel alpha = 30' sieht.

37) Wie groß ist die minimale Höhe eines Wandspiegels, damit sich eine Person der Körperlänge H von Kopf bis Fuß darinnen sehen kann? Hängt diese Höhe vom Abstand zwischen Person und Spiegel ab?

38) Wie entstehen die Sonnenkringel am Boden eines Laubwaldes? Hat die Form der Blätter einen Einfluss auf die Form? Wie sehen die Kringel bei einer partiellen Sonnenfinsternis aus?

39) Finden Sie (graphisch)
a) den Strahl, der von dem Hohl- bzw. Konvexspiegel reflektiert wird (F ist der Brennpunkt, OO' ist die optische Achse)
b) die Lage und Art der Spiegel und deren Brennpunkte (P und P' sind Punkte, die auf dem einfallenden bzw. reflektierten Strahl liegen)



40) Bei einer bi-konvex Linse (Brennweite 100 mm) wird ein Bild von einem 20 mm großen Gegenstand erzeugt, der nacheinander in 50, 100, 150 bzw. 250 mm Entfernung von der Linse steht. Konstruieren und berechnen Sie die dazugehörigen Bildweiten und Bildgrößen. Sind die Bilder reell oder virtuell?

$\frac{1}{g}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$

41) dasselbe für einen Konvexspiegel

42) Unter welchem Winkel muss ein Lichtbündel in Luft auf Glas (n=1.5) treffen, damit der Winkel zwischen einfallendem und reflektiertem Strahl gleich ist dem Winkel zwischen einfallendem und gebrochenem Strahl (Skizze)?

43) Eine planparallele Glasplatte (n=1.5) der Dicke 30 mm wird in einen Strahl gebracht. Welchen Einfallswinkel muss der Strahl auf der Platte haben, damit er die Platte mit einer Parallelverschiebung (d.h. Normalabstand zum ursprünglichen Strahl) von 6 mm verlässt? (da gibt es keine analytische Lösung....)

44) Ein Lichtleiter bestehe aus einem zylindrischen Glasfaserkern ($n_1 = 1.75$), der von einer Glashülle mit kleinerem Brechungsindex ($n_2 = 1.46$) umgeben ist. Mit welchem maximalen Öffnungswinkel darf das Licht aus einem Medium mit Brechungsindex n in den Kern eintreten, damit die Lichtleitung im Kern (praktisch) verlustlos erfolgt ?

Berechnen Sie den Winkel für folgende Brechungsindizes: $n = 1$ (Luft) $n = 1.33$ (Wasser), $n = 1.48$ (Glyzerin). Was passiert für größere Öffnungswinkel ?

45) Um welchen Winkel wird der auf das Prisma einfallende Lichtstrahl abgelenkt?

(Brechungsindex: 1,33)

46) Unpolarisiertes Licht der Intensität Io trifft auf drei hintereinander stehende Polarisationsfolien. Die drei Transmissionsachsen stehen so, dass die erste und zweite miteinander den Winkel Theta bilden und die erste und die dritte senkrecht zueinander stehen.
(a) Finden Sie die Intensität I des durchgelassenes Licht als Funktion von Theta.
(b) Für welchen Winkel Theta ist I maximal? Wie groß ist dann I?
(c) Zeichen Sie die Abhängigkeit I/Io von Theta.

47) Ein unpolarisierter Lichtstrahl trifft an der Grenzfläche zwischen Luft und einem Medium mit der Brechzahl n auf. Finden Sie den Einfallswinkel, so dass der reflektierte Strahl vollständig polarisiert ist, wenn der Strahl
(a) von der Luft auf der Grenzfläche auftrifft
(b) vom Medium her auf der Grenzfläche auftrifft.
Berechnen Sie den Winkel wenn das Medium Diamant (n=2,4), Glas (n=1,5) und Wasser (n=1,33) ist.

48) Ein Spalt (Breite a) ist vor einer Linse mit Brennweite 50 cm angebracht und wird von einem normal auffallenden Parallelstrahl Licht (Wellenlänge 589 nm) beleuchtet. Die ersten Minima auf beiden Seiten des zentralen Hauptmaximums in der Brennebene der Linse sind 0.2 cm voneinander entfernt. Wie breit ist der Spalt? (Hinweis: Fraunhofer Beugung)

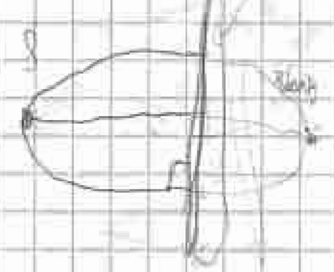
49) Welche Dicke müsste eine Schicht mit Brechungsindex n=1.55 mindestens haben, um Reflexe für Licht der Wellenlänge 550 nm auszulöschen (senkrechter Einfall)? Welche anderen Dicken sind möglich? Welche anderen Wellenlängen werden von diesen Schichten auch ausgelöscht?

50) Berechnen Sie das geometrische und das wellenoptische Auflösungsvermögen des Auges. Augenlänge: 2 cm, Sehzellenabstand ca. 3µm; Pupillendurchmesser: 6 mm, mittlerer Brechungsindex des Auges: 1.4; Wellenlänge 550 nm. Welchen Abstand müssten zwei Gegenstandspunkte in 25 cm Entfernung vor dem Auge haben, damit sie noch aufgelöst werden können?

1)

$\Phi_e = \iint_P \vec{E} \cdot d\vec{f} = E \cdot L \cdot a^2$

$\Phi = \frac{Q_e}{\varepsilon_0} = \frac{\lambda \cdot a^2}{\varepsilon_0}$



$F = Q \cdot E$

$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$

$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q^2}{4L^2}$

$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{L^2}$

$E \cdot L \cdot a^2 = \frac{\lambda a^2}{\varepsilon_0}$

$E = \frac{\lambda}{L\varepsilon_0}$

$\frac{Q}{4\pi\varepsilon L^2} = E$

2)

$E = \frac{U}{d}$ $\quad W = \frac{1}{2} C U^2$ $\quad E = \frac{mv^2}{2}$

$F = qE$ $\quad F = m \cdot a$

$E = \frac{U}{d}$ $\quad x = \frac{at^2}{2}$ $\quad v = \frac{s}{t}$

$t = \frac{s}{v}$

$a = \frac{2x}{t^2} = \frac{2xv^2}{s^2}$

$m \cdot a = Eq = \frac{Uq}{d}$

$\frac{m \cdot a \cdot d}{q} = \boxed{U = \frac{2mxv^2 d}{s^2 q}}$

$v = 1{,}5 \cdot 10^7$ m/s

$s = 0{,}1$ m

$d = 0{,}05$ m

$x = 0{,}01$ m

$q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ As

$m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg

~~$U = 1{,}35 \cdot 10^{23}$ V~~

$U = 76{,}78$ V

3) $\Phi = \frac{Q}{4\pi\varepsilon R}$ $\cdot 1\,\mathrm{m} \Rightarrow \sim 8{,}9877 \cdot 10^{10}\,V$

$\Phi = \Phi$

$\varepsilon_0 = 8{,}854 \cdot 10^{-12}$

$R = \frac{Q}{4\pi\varepsilon\Phi}$ $\cdot 10\,V \rightarrow 8{,}9877 \cdot 10^{8}\,m$

$1\,V: 8{,}9877 \cdot 10^{9}\,m$

$V = \frac{4}{3} r^3 \pi$

$V_1 = 8{,}35 \cdot 10^{-?}\,m^3$

$V_2 = 9{,}05 \cdot 10^{-?}\,m^3$

$V_{ges} = 9{,}385 \cdot 10^{-?}\,m^3$

4) $F_1 = \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ $F_2 = q_3^2 \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

Oberfläche

nicht berühren

durch Draht verbunden

$q_1 V_1 + q_2 V_2 = q_3 (V_1 + V_2)$

$q_3 = \sqrt{4\pi\varepsilon_0 r^2 F_2} = 3{,}468 \cdot 10^{-7}$

$q_1 V_1 + \frac{F_1 r^2}{q_1} 4\pi\varepsilon_0 V_2 = q_3 (V_1 + V_2)$

$q_1^2 - \frac{q_3 q_1 (V_1 + V_2)}{V_1} + \frac{F_1 r^2 4\pi\varepsilon_0 V_2}{V_1} = 0$

$q_1 = \frac{q_3 (V_{ges})}{V_1 2} \pm \sqrt{\frac{q_3^2 V_{ges}^2}{V_1^2 4} + \frac{F_1 4\pi\varepsilon_0 V_2}{V_1}}$

$4{,}85 \cdot 10^{-6} \pm 4{,}68 \cdot 10^{-6} = 9{,}53 \cdot 10^{-6}$

$1{,}7 \cdot 10^{-7}$

$\frac{q_3 (V_{ges}) - q_1 V_1}{V_2} = q_2 = 3{,}83 \cdot 10^{-7}$

$\hookrightarrow$ rechts $\Big)$ $\frac{Q_{2B}}{R_2} = \frac{Q_{1B}}{R_1}$ (I)

(III) $q_{1A} + q_{2A} = Q_{1B} + Q_{2B}$

(IV) $Q_{1B} \cdot Q_{2B} = 4\pi\varepsilon_0 R^2 F_2$

Richtung $F_1 = \left| \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_{1A} \cdot q_{2A}}{R^2} \right|$ (II)

$$Q_1 = \int_{R_1}^{\infty} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q_{1B}}{r^2} = \frac{Q_{1B}}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{R_1}$$

$q_{1A} = 6,91 \cdot 10^{-8}$ C

$q_{2A} = 8,70 \cdot 10^{-7}$ C

$Q_{1B} = 2,00 \cdot 10^{-7}$ C

$Q_{2B} = 6,00 \cdot 10^{-77}$ C

4) $-\frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} \cdot \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = F_1 \Rightarrow q_2 = \frac{-F_1}{q_1} \cdot d^2 4\pi\varepsilon_0$

$-\frac{q_3^2}{d^2} \cdot \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = F_2$

$q_1 r_1^2 4\pi + q_2 r_2^2 4\pi = q_3 (r_1^2 4\pi + r_2^2 4\pi)$

$q_3 = \pm\sqrt{F_2 d^2 4\pi\varepsilon_0} = \pm 2d\sqrt{F_2 \pi \varepsilon_0}$

$\Rightarrow (r_1^2 + r_2^2) \cdot q_3 = \frac{q_1 r_1^2 + q_2 r_2^2}{\cancel{r_1^2 + r_2^2}}$

$\cancel{q_1 = F_1}$

$q_1 r_1^2 + \frac{-F_1}{q_1} d^2 4\pi\varepsilon_0 r_2^2 = 2d\sqrt{-F_2 \pi\varepsilon_0}\,(r_1^2 + r_2^2)$

$q_1^2 - \frac{2d\sqrt{-F_2\pi\varepsilon_0}\,(r_1^2 + r_2^2)}{r_1^2} q_1 - \frac{F_1 d^2 4\pi\varepsilon_0 r_2^2}{r_1^2} = 0$

$q_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}$ $\cancel{\frac{d\sqrt{-F_2\pi\varepsilon_0}\,(r_1^2 + r_2^2)}{r_1^2}}$ $\quad p = -2d\sqrt{-F_2\pi\varepsilon_0}\left(\frac{r_2^2}{r_1^2} + 1\right)$

$q = -F_1 d^2 4\pi\varepsilon_0 \frac{r_2^2}{r_1^2}$

$q_{1,2} = d\sqrt{-F_2\pi\varepsilon_0}\left(\frac{r_2^2}{r_1^2} + 1\right) \pm \sqrt{-d^2 F_2 \pi\varepsilon_0 \left(\frac{r_2^2}{r_1^2} + 1\right)^2 + F_1 d^2 4\pi\varepsilon_0 \frac{r_2^2}{r_1^2}} =$

$r_1 = 0{,}02\,m$

$r_2 = 0{,}06\,m$

$F_1 = 54 \cdot 10^{-5}\,N$

$F_2 = -108 \cdot 10^{-5}\,N$

$d = 1\,m$

$\varepsilon_0 = 8{,}854 \cdot 10^{-12}$

$q_{1,2} = 3{,}816 \cdot 10^{-7} / -1{,}495 \cdot 10^{-7}$ $\quad \sqrt{d\pi\varepsilon_0\left(F_1 4 \frac{r_2^2}{r_1^2} - F_2\left(\frac{r_2^2}{r_1^2} + 1\right)^2\right)}$

$q_2 = \frac{-F_1}{q_1} d^2 4\pi\varepsilon_0 = 1{,}0616 \cdot 10^{-8} / 4{,}0178 \cdot 10^{-9}$

$q_3 = \mp 3{,}9064 \cdot 10^{-7}$

6) maximale untere Grenze für Abstand der Platten ist durch die Größe der Staubteilchen gegeben

Zylinder ist effizienter, weil er bei gleicher Länge eine größere Kapazität hat ⇒ stärkeres Feld ⇒ stärkere Abscheidung

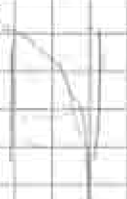
wegen inhomogenem Feld

7)

$$m_p = V \cdot \varrho = (20 \cdot 10^{-6})^3 \tfrac{4}{3}\pi \cdot 2500 = \cancel{0{,}7 \cdot 10^{-10}}\ 8{,}378 \cdot 10^{-11}\ kg$$

$U = 10^4\ V \qquad d_p = 40 \cdot 10^{-6}\ m \qquad d = 0{,}5\ m$

$$q_p = 250000 \cdot 1{,}6022 \cdot 10^{-19}\ C = 4{,}0055 \cdot 10^{-14}\ C$$



$E = \frac{U}{d} \qquad F_E = q_p E = q_p \frac{U}{d}$

$v_p = 1\ m/s$

$F_W = 3\pi \eta d_p v_{ab}$

$\eta = 1{,}7 \cdot 10^{-5}\ Pa\,s$

$F = m_p a \qquad d = a \frac{t^2}{2} \qquad a = \frac{d\,2}{t^2}$

$v_p t = h$

$F_{ges} = F_E - F_W =$

$v_{ab} = a \cdot t$

$$= q_p \frac{U}{d} - 3\pi\eta d_p v_{ab} = a \cdot m_p = q_p \frac{U}{d} - 3\pi\eta d_p a \cdot t$$

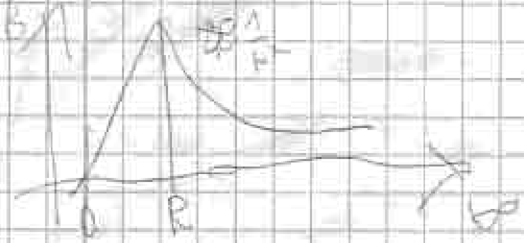
$$= \cancel{\frac{t^2 d}{2} m_p = q \frac{U}{d} - 3\pi\eta d_p \frac{t^2 d}{2}}$$

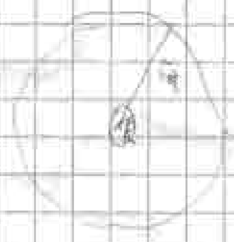
$$= \frac{2 d m_p}{t^2} = q \frac{U}{d} - 3\pi\eta d_p \frac{d\,2}{t^2} t \qquad \cdot t^2$$

$$2 d m_p = q \frac{U}{d} t^2 - 3\pi\eta d_p d\, 2 t$$

zu 7f

5)



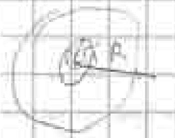


$$\Phi_E = \oint_A \vec{E}\, d\vec{A} = E\, 4\pi r_A^2$$

$$\Phi_E = \frac{Q}{\varepsilon_0} = \frac{4}{3}\pi R^3 \frac{\varrho}{\varepsilon_0}$$

$R < r_A$

$$E = \frac{R^3 \varrho}{3\varepsilon_0} \frac{1}{r_A^2}$$

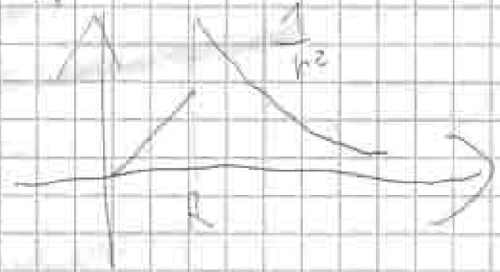


$$\Phi_E = \oint \vec{E}\, d\vec{A} = E\, 4\pi r_1^2$$

$$\Phi_E = \frac{4}{3}\pi r_1^3 \frac{\varrho}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{\varrho}{3\varepsilon_0} r_1$$

$\varepsilon_r \neq 1$



6)

praktische untere Grenze für Abstand + Größe der Partikel + zu wenig Spielraum

Plattenkondensator: weil bei gleichem U mehr E im Feld und bei Abscheidung von Partikeln praktischer

7)

$m_P = 2500 \cdot (0{,}04 \cdot 10^{-3})^3 \frac{4}{3} \pi = \underline{6{,}7 \cdot 10^{-10}\ kg}$

4)

$$\frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} \cdot \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = F_1 \qquad q_2 = \frac{F_1}{q_1} \cdot d^2 4\pi\varepsilon_0$$

$$q_1 \cdot r_1^2 \cancel{\pi 4} + q_2 \, r_2^2 \cancel{\pi 4} =$$

$$\frac{q_3^2}{d^2} \cdot \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = F_2 \qquad q_3 \left(r_1^2 \cancel{\pi 4} + r_2^2 \cancel{\pi 4}\right)$$

$$q_3 = \frac{q_1 r_1^2 + q_2 r_2^2}{(r_1^2 + r_2^2)}$$

$$\frac{(q_1 r_1^2 + q_2 r_2^2)^2}{d^2 \, (r_1^2 + r_2^2)^2} \cdot \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = F_2$$

$$q_1^2 r_1^4 + 2\cancel{q_1} r_1^2 r_2^2 \frac{F_1}{\cancel{q_1}} d^2 4\pi\varepsilon_0 + r_2^4 \frac{F_1^2}{q_1^2} d^4 4^2 \pi^2 \varepsilon_0^2 =$$

$$d^2 (r_1^2 + r_2^2)^2 4\pi\varepsilon_0 F_2$$

$$q_1^4 r_1^4 + q_1^2 \left(2 r_1^2 r_2^2 F_1 d^2 4\pi\varepsilon_0 - d^2 (r_1^2 + r_2^2)^2 4\pi\varepsilon_0 F_2\right) + r_2^4 F_1^2 d^4 16\pi^2 \varepsilon_0^2 = 0$$

$$q_1^4 \cdot 16 \cdot 10^{-8} + q_1^2 \cdot (-1{,}75 \cdot 10^{-18}) + 4{,}68 \cdot 10^{-32} = 0$$

$r_1 = 0{,}02\,m$

$r_2 = 0{,}06\,m$

$F_1 = 54 \cdot 10^{-5} N$

$F_2 = 108 \cdot 10^{-5} N$ ← FEHLER VORZEICHEN

$d = 1m$

$$x^2 + x(-10{,}9 \cdot 10^{-11}) + 2{,}92 \cdot 10^{-25} = 0$$

$$x_{1,2} = 5{,}45 \cdot 10^{-12} \pm \sqrt{\underbrace{2{,}97 \cdot 10^{-23} - 2{,}92 \cdot 10^{-25}}_{5{,}42 \cdot 10^{-12}}}$$

$x_1 = 10{,}87 \cdot 10^{-12}$

$x_2 = 3 \cdot 10^{-14}$

$q_1 = 3{,}30 \cdot 10^{-6}$

8) a) $F = +\frac{1}{\varepsilon_0 4\pi} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$

$q_1 = 8 \cdot 10^{-8}$ C
$q_2 = -2 \cdot 10^{-8}$ C
$m_1 = 0{,}005$ kg
$m_2 = 0{,}015$ kg
$l_1 = 0{,}08$ m
$l_0 = 0{,}1$ m

$$A = -\frac{1}{\varepsilon_0 4\pi} \frac{q_1 q_2}{r} \Big|_{l_1}^{l_0}$$

$$A = \frac{q_1 q_2}{\varepsilon_0 4\pi} \cdot \left(\frac{1}{l_1} - \frac{1}{l_0}\right) = \frac{m_2 v^2}{2}$$

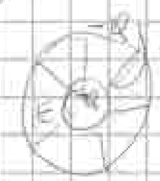
$$v = \sqrt{\frac{q_1 q_2}{-\varepsilon_0 2\pi m_2} \cdot \left(\frac{1}{l_1} - \frac{1}{l_0}\right)} = 0{,}1194 \text{ m/s}$$

b) $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$

$$\frac{\mu \cdot v_{21}^2}{2} = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi} q_1 q_2 \left(\frac{1}{l_1} - \frac{1}{l_0}\right)$$

$$v = \sqrt{\frac{q_1 q_2 (m_1 + m_2)}{\varepsilon_0 2\pi \, m_1 m_2} \cdot \left(\frac{1}{l_1} - \frac{1}{l_0}\right)} = 0{,}2398 \text{ m/s}$$

9) $Q = C \cdot U$



$$\Phi_i = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r_1}$$ (geladene Kugel

$$\Phi_A = \frac{Q}{4\pi\varepsilon r_2}$$

$$U = \Phi_i - \Phi_A = \frac{Q}{4\pi\varepsilon} \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon} \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2}$$

$$C = \frac{Q}{U} = \cancel{Q} \cdot \frac{4\pi\varepsilon}{\cancel{Q}} \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1}$$

$r_1 = 0{,}01$ m
$r_2 = 0{,}02$ m
$C = 2{,}2253 \cdot 10^{-12}$ Farad

$$C = \lim_{r_2 \to \infty} \frac{4\pi\varepsilon}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)} = 4\pi\varepsilon \frac{1}{\frac{1}{r_1}} = 4\pi\varepsilon r_1$$

7 f)

$$t^2 \left(\frac{q_r U}{d}\right) - 3\pi \eta d_p d\, 2t - 2 d m_r = 0$$

$$t^2 - \underbrace{\frac{3\pi \eta d_p 2 d^2}{q_r \cdot U}}_{\approx 80{,}0006} \cdot t - \underbrace{\frac{2 d^2 m_p}{q_r U}}_{\approx 80{,}0458} = 0$$

$$t_{1,2} = \frac{80{,}0006}{2} \pm \sqrt{\frac{(80{,}0006)^2}{4} + 80{,}0458} = 80{,}0137 / \cancel{-0{,}0131}\ m/s$$

$$h = v_p \cdot t = \underline{\underline{80{,}0137\ m}}$$

10 a)

$$\vec{E} = \frac{U}{d} = \frac{10}{0{,}05} = \underline{\underline{200\,\frac{V}{m}}}$$

$$\vec{E}_{di} = \frac{3}{5}\frac{1}{\varepsilon_r}\vec{E}_{vak} = \underline{\underline{80\,\frac{V}{m}}}$$

$$\frac{2}{5}\cdot 200 = 80$$

$$\vec{E}_{ges} = E_{diel} + E_{vak} = 110\,\frac{V}{m}$$

$d = $ const

$$\vec{E}_{ges}\cdot d = U = \underline{9{,}5\ V}$$

b)

$U = 10\,V = $ konst

$$\cancel{E_{vak} = \frac{U}{d} = 200\,\frac{V}{m}}$$

$$U = 2\,E_{vak}\cdot l_1 + E_{diel}\,l_2$$

$$E_{diel} = \frac{1}{\varepsilon_r}E_{vak}$$

$$E_{vak} = 3{,}636\ V/m$$

$$E_{diel} = 90{,}9\ V/m$$

11)

$$C = \varepsilon_0\cdot\frac{A}{d}$$

$$Q = C_0\,U$$

$$F = \frac{1}{2}QE$$

$$E = \frac{U}{d} \qquad d = \frac{U}{E} = \frac{1000}{1000000} = \underline{0{,}001\,m}$$

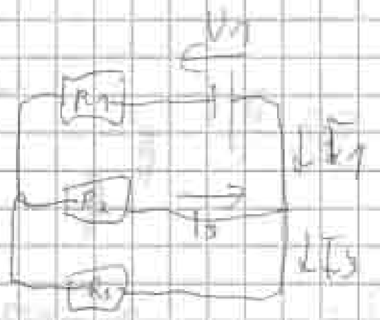
$$F = \frac{1}{2}\frac{C_0 U^2}{d}$$

$$A = \frac{C\cdot d}{\varepsilon_0} = 2{,}2588\,m^2$$

$$C = \frac{2F\,d}{U^2} = \frac{2\cdot 10\cdot 0{,}001}{1000^2}$$

$$C = 2\cdot 10^{-8}\,F$$

12-)



$$R = \frac{U}{I} \qquad I = \frac{U}{R}$$

$$I_1 \neq I_2 = \frac{U}{R_1 + R_2}$$

$$I_1 \neq I_3 = \frac{U}{R_1 + R_3}$$

$$I_1 = U \Big/ \left(\frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} + R_1 \right) = 0{,}0075\ A$$

$I_2 = 0{,}0075\ A$

$I_3 = 0{,}0089\ A$

Parallel und Serienresonanz

1 Formale Einführung

1.1 Impedanzen

In Wechselstromkreisen sind – im Gegensatz zu Gleichstromkreisen – Strom und Spannung nicht durch einen einfachen reellen Faktor (ohmschen Widerstand) miteinander verbunden, sondern durch einen komplexen Widerstand: die Impedanz Z = U/I.

Wir untersuchen ein periodisches Signal an einem Widerstand, einer Spule oder einem Kondensator und betrachten wie sich Strom und Spannung zueinander verhalten.

- Am ohmschen Widerstand gilt: U = R · I, dort bleiben Spannung und Strom immer in Phase.

- Am Kondensator gilt: $\int I dt = Q = C \cdot U \Rightarrow I_C = C \cdot \dot{U}$

$$U(t) = U_0 e^{i\omega t} = Z_C \cdot I = Z_C \cdot C \cdot \dot{U} = Z_C \cdot C \cdot i\omega \cdot U(t)$$
$$\Rightarrow$$
$$Z_C = \frac{1}{i\omega C} = \frac{-i}{\omega C}$$

Am Kondensator läuft die Spannung dem Strom um 90 ° nach ! (Anschaulich: Strom muss erst Kondensator laden, bevor Spannung anliegt)

- An der Spule gilt: $U_L = L \cdot \dot{I}$

$$U(t) = U_0 e^{i\omega t} = Z_L \cdot I = L \cdot \dot{I}$$
$$\Rightarrow$$
$$I = \frac{U_0}{L} \int e^{i\omega t} = \frac{U_0 e^{i\omega t}}{i\omega L} = \frac{U_0 e^{i\omega t}}{Z_L}$$

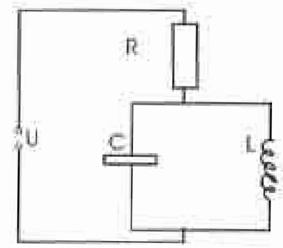
$$\Rightarrow Z_L = i\omega L$$

An der Spule läuft die Spannung dem Strom um 90 ° vor ! Anschaulich: Spannung muss aufgebaut werden um den Strom gegen die Selbstinduktionsspannung zu drücken.

- Für Impedanzen gelten die Additionsgesetze wie für ohmsche Widerstände:

  - In Reihenschaltungen addieren sich die Impedanzen
  - In Parallelschaltungen addieren sich die Kehrwerte der Impedanzen.

1.2 Parallelresonanz: Stromresonanz



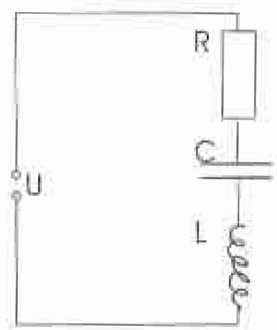
$$Z = Z_R + \left(\frac{1}{Z_L} + \frac{1}{Z_C}\right)^{-1}$$
$$= R + \left(\frac{1}{i\omega L} + \frac{i\omega C}{1}\right)^{-1} = R + i\left(\frac{\omega^2 LC - 1}{\omega L}\right)^{-1}$$
$$= Z_R + iZ_I$$

$$|Z| = \sqrt{Z_R^2 + Z_I^2} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{\omega L}{\omega^2 LC - 1}\right)^2}$$

- Resonanz, d.h. größte Impedanz bei: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
- Dann fließt nur minimaler Strom durch R, da Spannungen in Spule und Kondensator immer gegensinnig orientiert sind.
- Die Phase ϕ des Stromzeigers ist bestimmt durch:

$$\phi = \arctan\left(\frac{Z_I}{Z_R}\right) = \arctan\left(\frac{\omega L}{R(\omega^2 LC - 1)}\right)$$

1.3 Serienresonanz: Bandpassfilter, Spannungsresonanz



$$Z = Z_R + Z_L + Z_C$$
$$= R + i\omega L + \frac{1}{i\omega C} = R + i\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$
$$= Z_R + iZ_I$$

$$|Z| = \sqrt{Z_R^2 + Z_I^2} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{\omega^2 LC - 1}{\omega C}\right)^2}$$

$\Rightarrow$ Resonanz, d.h. kleinste Impedanz bei:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Die Phase ϕ ist dann definiert als:

$$\phi = \arctan\left(\frac{Z_I}{Z_R}\right) = \arctan\left(\frac{\omega^2 LC - 1}{R\omega C}\right)$$

1.3.1 Beispiel

numerisches Beispiel: L = 0.1 H, C= 1 µF, R=100 Ω $\Rightarrow$ Resonanz bei ω_0=3162 Hz.

14 | a

$P = U \cdot I$ $\qquad I = \frac{P}{U} = \frac{2300}{210} = 10{,}95\ A$

$P_0 = I \cdot U_0 = 2519{,}04\ W$

$\Delta P = P_0 - P = 219{,}05\ W$

$\Delta P = I^2 \cdot R$ $\qquad R = \frac{\Delta P}{I^2} = 1{,}826\ \Omega$

$l = 2000\ m$

$R = \frac{l}{A} \cdot \sigma$ $\qquad A = \frac{l}{R \cdot \sigma} = 1{,}86 \cdot 10^{-5}\ m^2$

$A = r^2 \pi$ $\qquad r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2{,}43 \cdot 10^{-3}\ m$

$4{,}862 \cdot 10^{-3}\ m$

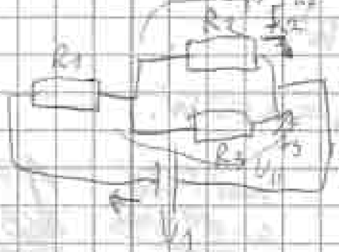
$= 4{,}864\ mm$

12)

$$U_1 = \left(R_1 + \left(\frac{1}{\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}}\right)\right) \cdot -I_1$$

$$I_1 = \cancel{-\frac{U_1}{R_1+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}}} = \frac{-U_1}{R_1+\left(\frac{1}{\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}}\right)} = \underline{\underline{-0{,}0075\,A}}$$

$$R_{II} = \frac{1}{\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_2}} = 333{,}\bar{3}\,\Omega$$



$$R_{ges} = R_1 + R_{II} = 1333{,}\dot{3}\,\Omega$$

$$\frac{U_{11}}{R_{11}} = \frac{U_1}{R_{ges}}$$

$$U_{11} = U_1 \cdot \frac{R_{11}}{R_{ges}} = \underline{2{,}5\,V}$$

$$I_2 = \frac{U_{11}}{R_2} = \underline{\underline{0{,}0025\,A}}$$

$$I_3 = \frac{U_{11}}{R_3} = \underline{\underline{0{,}005\,A}}$$

13)

$$I_{ges} = \frac{\overset{U}{20} \cdot \frac{1}{1000}}{10 + R_{B1} + R_{B2} + 20} = \frac{20}{1000 \cdot (10+\frac{4}{3}+2{,}5+20)} = 0{,}59\,mA$$

$$R_{ges} = 33833\,\Omega$$

$$R_{B1} = \frac{1}{\frac{1}{(1{,}25+2{,}75)} + \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{4}+\frac{1}{(2+2)}}}} = \frac{1}{\frac{1}{4}+\frac{1}{2}} = \frac{4}{3}^{k}$$

[illegible] k F zählt [illegible]

$$R_{B2} = \frac{1}{\frac{1}{3}+\frac{1}{(10+5)}} = 2{,}5$$

Pkt 1: $0{,}59\,mA$
Pkt 2: -//-
Pkt 3: -//-
Pkt 4: $0{,}372\,mA$
Pkt 5: $0{,}465\,mA$
Pkt 6: $0{,}093\,mA$

$$U_{B1} = U \cdot \frac{R_{B1}}{R_{ges}} = 0{,}744\,V$$

$$R_{B1B} = 2000\,\Omega$$

$$I_{P4} = \frac{U_{B1}}{R_{B1B}} = 0{,}372\,mA$$

$$U_{B2} = U \cdot \frac{R_{B2}}{R_{ges}} = 1{,}395\,V$$

$$I_{P5} = \frac{U_{B2}}{R_{B2A}} = 0{,}465\,mA$$

$$I_{P6} = \frac{U_{B2}}{R_{B2B}} = 0{,}093\,mA$$

$$R_{B2A} = 3000\,\Omega$$

$$R_{B2B} = 15000\,\Omega$$

14)

$$\Delta P = I^2 \cdot R_{Kabel}$$

$$\cancel{\frac{\Delta P}{P} = \frac{P\, R_{Kab}}{U_0}}$$

$$I = \frac{P_0}{U_0} = \frac{2300\,W}{230\,V} = 10\,A$$

$$P_{min} = I \cdot U_E = 2100\,W$$

$$\Delta P_{max} = P_0 - P_{min} = 200\,W$$

$$\frac{\Delta P_{max}}{I^2} = R_{Kabel_{max}} = 2\,\Omega$$

weil Kabel hin und zurück

2000 m

$$R = \frac{l}{A} \cdot \rho_{Cu} \Rightarrow A = \frac{l}{R} \rho_{Cu} = 17 \cdot 10^{-6}\,m^2 = 17\,mm^2$$

R: $2\,\Omega$; ρ_{Cu}: $1{,}7 \cdot 10^{-8}\,\Omega m$

Kabel $d_{Kabel} = 4{,}65\,mm$

15)

$$R_i = \frac{-U_{Kl} + U_0}{I} = 2\,\Omega$$

$I = 0{,}1\,A$

$U_0 = 4\,V$

$U_{Kl} = 3{,}8\,V$

$$R_L = \frac{U_{Kl}}{I} = 38\,\Omega$$

+ ein wenig bla-bla über Widerstände der Messgeräte

16)

a) $R_1 + R_2 = R_{ges} = 3500\,\Omega$

$$I = \frac{U_1}{R_{ges}} = 0{,}002857\,A = 2{,}857\,mA$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = 8{,}5714\,V$$

b) $$R_{ges} = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_L}} = 1250\,\Omega$$

$$\cancel{I = \frac{U_1}{R_{ges}} = 0{,}008\,A = 8\,mA}$$

$$U_R = U_1 \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_L}}}{R_{ges}} = 6\,V$$

c) $\Delta U_2 = |\underbrace{U_{2N} - U_{2L}}_{|8,5714V - 6V|}| = \underline{2,5714 V}$

$U_{2_{neu}} = U_1 - U_{2R} = 1,4286 V$

$R_{ges_{neu}} = R_3 + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_L}} = 3333,\bar{3}$

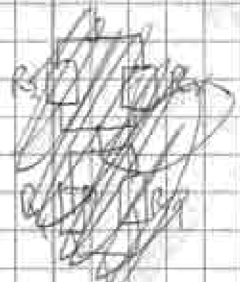
$U_2 = U_1 \cdot \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_L}}}{R_{ges}} = 1V$

relative Änderung gleich $\Delta U_{2_{neu}} = |U_{2_{Nneu}} - U_{2_{Lneu}}| = \underline{0,4286 V}$ absolut

$\frac{1,4286 V}{1 V} = \frac{8,5714 V}{6 V}$ verhältnisse gleich!

U_2 ändert sich bei Vertauschung der Widerstände weniger

17) vgl. Wheatstone-Brücke



$\frac{R_X}{R_1} = \frac{R_2}{R_4}$ $\quad R_X = R_1 \frac{R_2}{R_4}$

a) $R_X = 66,\bar{6}\,\Omega$

b) $R_X = 50\,\Omega$

18) $\underbrace{\frac{\Delta P}{P}}_{\text{Verlust}} = \overbrace{\frac{P \cdot R_{Leit}}{U^2}}^{\text{normiert auf }1\Omega}$

U	Verlust W/Ω	Verlust %/Ω	übertragene Leistung
220V	826,45	0,002066	$4 \cdot 10^5 - 826,45 \cdot R_{Leit}$
220kV	0,000826	$2,066 \cdot 10^{-9}$	$4 \cdot 10^5 - 8,26 \cdot 10^{-4} \cdot R_{Leit}$

$P_U = P_0 - \frac{P \cdot R_{Leit}}{U^2}$

$$\frac{\frac{\Delta P_1}{P_1}}{\frac{\Delta P_2}{P_2}} = \frac{\frac{P_0 \cdot R_{Leit}}{U_1^2}}{\frac{P_0 \cdot R_{Leit}}{U_2^2}}$$

14)

$P = \frac{U^2}{R}$ $\qquad U = 220\,V$

$\cancel{R = \frac{U^2}{P}}$

$\cancel{\frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}} = \frac{U^2}{1500W}}$

$\cancel{R_1 + R_2 = \frac{U^2}{300W}}$

$\cancel{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} = \frac{1500W}{U^2}}$

$\cancel{\frac{R_1+R_2}{R_1R_2} = \frac{1500W}{U^2}}$

$\cancel{R_1R_2 = U^2\,1500V^2 \cdot \frac{U^2}{300W}}$

$\cancel{R_1R_2 = 5U^4}$

$\cancel{\frac{5U^4}{R_2} + R_2 = \frac{U^2}{300W}}$

$\cancel{R_2^2 + \frac{U^2R_2}{300W} + 5U^4 = 0}$

$R = \frac{U^2}{P}$

$\frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}} = \frac{U^2}{1500W}$

$R_1 + R_2 = \frac{U^2}{300W}$

$\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_1} = \frac{1500W}{U^2}$

$\frac{R_1+R_2}{R_1R_2} = \frac{1500W}{U^2}$

$R_1R_2 = \frac{U^2}{1500W}\cdot\frac{U^2}{300W}$

$R_1R_2 = \frac{U^4}{450000\,W^2}$

$R_1\left(\frac{U^2}{300W} - R_1\right) - \frac{U^4}{450000\,W^2} = 0$

$R_1^2 - \frac{U^2}{300W}R_1 + \frac{U^4}{450000\,W^2} = 0$

$R_1 = \frac{U^2}{600W} \pm \sqrt{\frac{U^4}{(600W)^2} - \frac{U^4}{450000\,W^2}} = U^2\cdot\left(\frac{1}{600W} \pm \sqrt{\frac{1}{1{,}8\cdot10^6\,W^2}}\right) = 116{,}74\,\Omega / 44{,}59\,\Omega$

$\frac{450000\,U^4 - 360000\,U^4}{1{,}62\cdot10^{11}} = \frac{U^4}{1{,}8\cdot10^6}$

$R_2 = \frac{U^2}{300W} - R_1 = 44{,}59\,\Omega / 116{,}74\,\Omega$

ein Widerstand mit 118,79 Ω und einer mit 44,59 Ω nötig

$P = \frac{U^2}{R}$ andere Stufen $P_{R_1} = 444,5965\,W$

$P_{R_2} = 1088,445\,W$

20)

$= \frac{1}{2} R_1 - \frac{1}{4} R_2$

$R_1 + R_2 = \frac{U^2}{300}$

$R_1 = \frac{U^2}{x \cdot 300}$

$R_2 = \frac{U^2}{x^2 \cdot 300}$

$\frac{U^2}{x \cdot 300} + \frac{U^2}{x^2 \cdot 300} = \frac{U^2}{300}$

$x^2 = x + 1$

$x^2 - x - 1 = 0$

$x = \frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} + 1} = 1,618$

$P_{R_1 + R_2} = \underline{300\,W}$

$P_{R_1} \approx \underline{485,41\,W}$

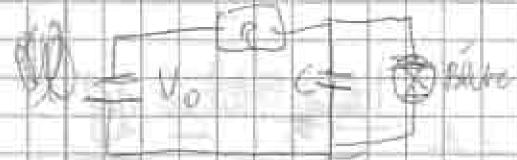
$P_{R_2} \approx \underline{785,41\,W}$

$R_{R_1 \| R_2} \approx \underline{1270,92\,W}$ passt damit zusammen

$\Rightarrow R_1 \approx 99,7\,\Omega$

$R_2 \approx 61,62\,\Omega$

22)



$U_1 = U_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$

$\ln\left(-\frac{U_1}{U_0} + 1\right) = \ln\left(e^{-\frac{t}{RC}}\right)$

$R = -\frac{t}{C \ln\left(1 - \frac{U_1}{U_0}\right)} = \underline{1,14 \cdot 10^6\,\Omega}$

$\ln\left(-\frac{U_1}{U_0} + 1\right) = -\frac{t}{RC}$

24
a)

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{q \cdot n \cdot v}{s}$$

$s = 844\,m$ $\quad v = 3 \cdot 10^8\,m/s$

$I = 0{,}2\,A$ $\quad q = 1{,}6022 \cdot 10^{-19}\,C$

$$n = \frac{I\,s}{q\,v}$$

$v = \frac{s}{t}$ $\quad t = \frac{s}{v}$

$$n = 3{,}5118 \cdot 10^{12}$$

b)

$1\,eV = 1{,}60219 \cdot 10^{-19}$ Joule $= 4{,}45 \cdot 10^{-26}$ kWh

$\boxed{E_{kin} = m_0\,c^2(\gamma - 1) \qquad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}}$

m_0 – tömeg nyugalmi (klidová hmotnost)

$E_{1} \cdot n = E_{all}$

$6 \cdot 10^9 \cdot 4{,}45 \cdot 10^{-26} \cdot 3{,}5118 \cdot 10^{12} = 9{,}3766 \cdot 10^{-4}$ kWh

c)

$s = v \cdot t = 3 \cdot 10^8\,m/s \cdot 100 \cdot 10^{-12}\,s = 0{,}03\,m$

$\frac{844\,m}{1000} = \frac{v - 1000 \cdot s}{1000} = d = 0{,}814\,m$

$t = \frac{s}{v} = 2{,}7133 \cdot 10^{-9}\,s$ $\quad v = 3 \cdot 10^8$

d)

$\frac{1}{1000}$

$I_{bunch} = \frac{Q_{bunch}}{t} = 5{,}63\,A$ $\quad \frac{I_{bunch}}{I_{all}} = \frac{5{,}63}{0{,}2} = 28$

e)

$V = 10^{-4} \cdot 0{,}03 = 3 \cdot 10^{-6}\,m^3$

$A \cdot s$

$$\rho = \frac{q \cdot n}{V} = 1{,}8755 \cdot 10^{-4}\,\frac{C}{m^3}$$

$n = 3{,}5118 \cdot 10^9$

23)

$$m = I t \frac{\mu}{z \cdot e}$$

$I = 10\,A$
$m = 1\,kg$
$z = 3$
$e = 1{,}6022 \cdot 10^{-19}\,C$

$$t = \frac{m\, z \cdot e}{I\, \mu}$$

$$\mu = \frac{26{,}98}{6{,}022 \cdot 10^{26}}$$

$$t = 1{,}0728 \cdot 10^{6}\,s = 12{,}417\,d$$

$$\frac{1}{\mu} \cdot z \cdot e = Q = \underline{\underline{1{,}0728 \cdot 10^{7}\,C}}$$

24)

$$U_{ind} = -\frac{d\Phi_m}{dt} \qquad \Phi_m = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{f} \overset{B\ \text{konstant}}{=} B \cdot F_{ges}$$

$F_{ges} = F \cdot n = 150 \cdot 10^{-4}\,m^2$ $\qquad \Phi_{B} = 0$

$B = 10^5\,A/m$ $\qquad \Phi = 1500\,Am$ ~~$\oint U_{ind}\,dt$~~

$$\int_{t_1}^{t_2} U_{ind} \cdot dt = \Phi_m^{(a)} - \Phi_m^{e}$$

a) $\int_{t_1}^{t_2} U_{ind}\,dt = 1500\,Am$

unabhängig vom Drehpunkt

b) $\int_{t_1}^{t_2} U_{ind} \cdot dt = 0\,Am$

bei allen Achsen die nicht parallel zu B sind ~~passiert~~ vergleichbares

25)

$U_{ind} = B N F \omega \underbrace{\sin(\omega t)}_{\text{bei spitze} = 1}$

$U = B N F \omega$

$U = 0{,}1 V$

$F_m = 150 \cdot 10^{-4}$

$B = \frac{U}{n F \omega}$

$\omega = 6 \frac{U}{s} = 12\pi \frac{rad}{s}$

$B = 0{,}1768 \ A/m$

26)

$|\vec{B}| = \frac{N I \mu}{L}$

$\Phi = \int_A \vec{B} \, d\vec{A} = B \cdot A$

$10 \cdot 10^{-4} m^2$

$L = 40$ $|\vec{B}| = \frac{250 \cdot 0{,}3 \cdot 3000}{0{,}40}$

$\Phi =$

$\Phi =$

$L = 0$ $|\vec{B}| = \frac{250 \cdot 0{,}3 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{0{,}4}$

$\Phi =$

$\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = B \cdot A$

$A = 10 \cdot 10^{-4} m^2$

$L = 39$ $|\vec{B}| = \frac{0{,}25}{0{,}01} \cdot 0{,}3 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}$

$\Phi_{40} = 7{,}0686 \cdot 10^{-4} Am$

$\Phi_0 = 2{,}356 \cdot 10^{-7} Am$

$\Phi_{39} = 9{,}3038 \cdot 10^{-6} Am$

$B = \mu \cdot \mu_0 \frac{N I}{L}$

$L = 40$ $B = \frac{250 \cdot 0{,}3}{0{,}4} 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3000 = 0{,}706858 \ A/m$

$L = 0$ $B = \frac{250 \cdot 0{,}3}{0{,}4} 4 \pi \cdot 10^{-7} = 0{,}000236 \ A/m$

$L = 39$ $B = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot N \cdot I}{(\mu - 1) d + L} = \frac{3000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 250 \cdot 0{,}3}{2999 \cdot 0{,}01 + 0{,}4} = 0{,}009304 \ A/m$

Unterschied so groß wegen großem Unterschied in der Permeabilität

Christoph
SAUDER
04000944

22) $U_1 = U_0 \left(1 - e^{-\frac{1}{RC}}\right)$

$\ln\left(-\frac{U_1}{U_0} + 1\right) = \ln\left(e^{-\frac{1}{RC}}\right)$

$\ln\left(-\frac{U_1}{U_0} + 1\right) = -\frac{1}{RC}$

$R = -\frac{1}{C \ln\left(1 - \frac{U_1}{U_0}\right)} = \frac{1}{10^{-6} \ln\left(1 - \frac{1}{2}\right)} \simeq \underline{\underline{1{,}44 \cdot 10^{6}\,\Omega}}$

23) $m = I t \frac{\mu}{z e}$

$t = \frac{m z e}{I \mu}$

$\mu = \frac{26{,}98}{6{,}022 \cdot 10^{26}}$

$I = 10A$

$m = 1kg$

$z = 3$

$e = 1{,}6022 \cdot 10^{-19}\,C$

$t = 1{,}0728 \cdot 10^{6}\,s \hat{=} 12{,}417\,d$

$Q = \frac{1}{\mu} z \cdot e = \underline{\underline{1{,}0728 \cdot 10^{7}\,C}}$

24) $\Phi = \int_A \vec{B}\, d\vec{f} = \underset{\text{weil } \vec{B} \parallel \vec{f}}{\uparrow} B \cdot A$

$A = F \cdot n = 150 \cdot 10^{-4}\,m^2$

$B = 10^{5}\,A/m$

$\int_{t_1}^{t_2} U_{ind}\, dt = \Phi_m^{(0)} - \Phi_m^{(e)}$

a) $\int_{t_1}^{t_2} U_{ind}\, dt = 1500 - 0 = 1500\,Am$

b) $\int_{t_1}^{t_2} U_{ind}\, dt = 1500 - (-1500) = 3000\,Am$

$\int_{t_1}^{t_2} U_{ind}\, dt$ ist unabhängig von Richtung (bis auf Vorzeichen) und Geschwindigkeit

bei allen Achsen um die gedreht wird und die nicht parallel zu $\vec{B}$ sind gleich vergleichbares)

25) $U_{ind} = \underbrace{B\, n \cdot F}_{A}\, \omega\, \underbrace{\sin(\omega \cdot t)}$

da Spitze gesucht: $\sin() = 1$

$U = BA\omega$

$B = \frac{U}{A\omega}$

$U = 0{,}1\,V$

$A = 150 \cdot 10^{-4}\,m^2$

$\omega = 6\frac{U}{s} = 12\pi \frac{rad}{s}$

$\underline{\underline{B \approx 0{,}1768\ A/m}}$

26)

$B = \mu\mu_0 \frac{N\,I}{L}$

$\Phi = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{f} \underset{d\vec{f} \parallel \vec{B}}{=} B \cdot A$

$A = 10 \cdot 10^{-4}\,m^2$

$l = 40$ $\quad B = \frac{250 \cdot 0{,}3}{0{,}4} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3000 = 0{,}706858\ A/m$

$\underline{\underline{\Phi_{40} = 7{,}0686 \cdot 10^{-4}\ Am}}$

$l = 0$ $\quad B = \frac{250 \cdot 0{,}3}{0{,}4} 4\pi \cdot 10^{-7} = 0{,}000236\ A/m$

$\underline{\underline{\Phi_0 = 2{,}356 \cdot 10^{-7}\ Am}}$

$l = 39$ $\quad B = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot N \cdot I}{(\mu - 1) \cdot d + L} = \frac{3000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 250 \cdot 0{,}3}{(2999) \cdot 0{,}01 + 0{,}4} = 0{,}009304\ A/m$

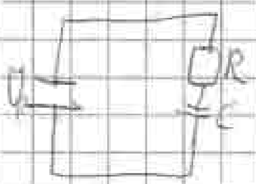
$d = 40 - L = 1\,cm = 0{,}01\,m$

$\underline{\underline{\Phi_{39} = 9{,}3038 \cdot 10^{-6}\ Am}}$

Unterschied ist so groß weil der Unterschied zwischen den beiden Permeabilitäten so groß ist.

U800944 SAULDER Christoph

33)



$$I = \frac{U_0}{R}$$

$$U = U_0 - IR$$

$$I = \frac{dQ}{dt} \qquad Q = CU \; \Big| \frac{d}{dt}$$

$$\frac{dQ}{dt} = C\frac{dU}{dt}$$

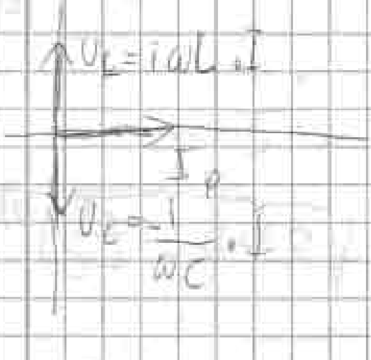
$$I = C\frac{dU}{dt}$$

$$U = U_0 - IR \; \Big| \frac{d}{dt}$$

$$\frac{dU}{dt} = -R\frac{dI}{dt} \qquad \ln(I) = C\frac{dU}{dt}$$

$$I =$$

32)



$$U = U_R + U_L + U_C$$

$$U = i\omega L I + RI - \frac{i}{\omega C} \cdot I = I\left(i\omega L + R - \frac{i}{\omega C}\right)$$

$$U = I\left(i\omega L + R - \frac{i}{\omega C}\right)$$

$R = 50\,\Omega$

$C = 1 \cdot 10^{-6}\,F$

$L = 3 \cdot 10^{-4}\,H$

$$U = I\left(i\omega L + R - \frac{i}{\omega C}\right) = \cancel{I(50\omega + i\,\ldots)}$$

$$= I \cdot \left(50\omega + i\left(\omega^2 \cdot 3 \cdot 10^{-4} - 10^{-6}\right)\right)$$

	R	L	C
$\omega = 10^2$	50	0,03	10^4
$\omega = 10^5$	50	30	10
$\omega = 10^8$	50	30000	0,01

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \simeq 57735 \frac{1}{sec}$$

$\Downarrow$

Serienschaltung $\Rightarrow$ Sperrresonanz

ohmscher Widerstand hat keinen Einfluss auf Resonanz

Beitrag $\omega = 10^4 = -10 \cdot 10^4\ \Omega$

$\omega = 10^5 = 20\ \Omega$

$\omega = 10^6 = 3 \cdot 10^5\ \Omega$

Wirkwiderstand immer ~~...~~ $R = 50\ \Omega$

34) $\nu = 0{,}8\ MHz = 8 \cdot 10^5\ Hz$ $\qquad T = \frac{1}{\nu}$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ $\qquad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$$A(1) = A_0 e^{-\left(\frac{R1}{2L}\right)}$$

$$L = \frac{1}{\omega^2 C}$$

$$\frac{1}{3}\cancel{A_0} = \cancel{A_0} \cdot e^{-\left(\frac{R1}{2L}\right)}$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\frac{1}{3} = e^{-\frac{R1}{2L}}$$

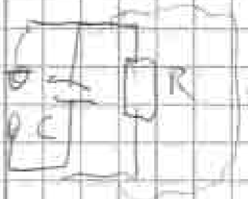
$$\ln\left(\frac{1}{3}\right) \cdot 2L = 1_0 R \qquad R = \frac{\ln\left(\frac{1}{3}\right) 2L}{1_0} = 3{,}479\ \Omega$$

$$1 = 2{,}5 \cdot 10^{-5}\ sec$$

$$L = 3{,}9 \cdot 10^{-5}\ H$$

SAULDER

35)



$$Z_B = \frac{1}{\omega C}$$

$$I_{ges} = I_C + I_R = \frac{U_C}{Z_B} + \frac{U_C}{R}$$

$$I = U_C\,\omega C + \frac{U_C}{R}\sqrt{U_C^2 (\omega C + \frac{1}{R})^2} = 0{,}9A$$

$$P = U_C \frac{U_C}{R} \underbrace{\cos(\varphi)}_{1} = \frac{U_C^2}{R} = 4{,}5 \cdot 10^{-3}\,W$$

36a)

$f = 150\,m$

$d_{ES} = 3{,}8 \cdot 10^{8}\,m$

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

$$b = \frac{g \cdot f}{g - f}$$

$b_{mond} = 150,\ldots$

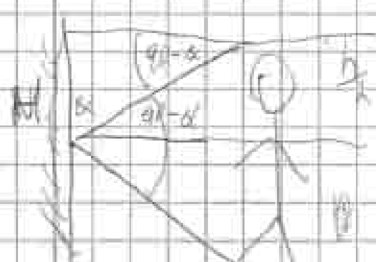
für $g \to \infty$ (Stern) $\quad b_{Stern} = 150,-$

Differenz ist $60\,\mu m$

b) Satellit $\quad b_S = 150\,m$

Diff Sat - Stern $\sim 4{,}5\,cm$

37)



$$\tan(90° - \alpha) = \frac{h}{2d}$$

$$\tan(90° - \alpha) = \frac{H}{d} \Rightarrow H = \frac{h}{2}$$

Z.H. PROF TRÖSTER

ICH KANN AM FR
NICHT IN DIE RECHEN-
ÜBUNGEN KOMMEN
DOCH ICH HABE HIER
DIE BEISPIELE

MFG CHRISTOPH
SAULDER

29)

$$U_H = \frac{jB \cdot b}{n \cdot q}$$

$$n = \frac{jBb}{q U_H}$$

$$\frac{n}{} = \frac{jB\,b}{q U_H} = \frac{jB}{qe}$$

$$n = 2{,}4969 \cdot 10^{28}$$

$$e^{\ominus} = \frac{n}{N_A \cdot U_{Na} \cdot S} \cdot 4{,}273 \cdot 10^{-2}$$

N_{Atom}

$6{,}022 \cdot 10^{26}$

$$6{,}022 \cdot 10^{26} \cdot \frac{970}{23} = Anz$$

N_A

$$e^{\ominus}_{/Atom} = \frac{n}{Anz} \approx 0{,}9828$$

also ca. 1 $e^{\ominus}$ pro Natriumatom

27)

$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}) = \frac{m v^2}{r}$ $B = \mu_0 M = \cancel{2{,}237\,T}$

$1{,}79 \cdot 10^6\ A/m$

$\frac{q}{m} = \frac{v^2}{r \cdot (\vec{v} \times \vec{B})} = \frac{v}{rB} = \frac{q}{m} = \cancel{60{,}54}\ \frac{C}{kg}$

$4{,}848 \cdot 10^{20}$

$\frac{e}{60{,}54} = m = \cancel{2{,}646 \cdot 10^{-21}}$

$\sqrt{\frac{0{,}02}{\pi}} \cdot 2\pi \cdot 3000 = 1503{,}97 = M\, 2\pi \cdot 300$

$1{,}767 \cdot 10^{-6} = \frac{d}{2}\sqrt{\pi}$

$4{,}1 \cdot 10^{4}$ $R = \rho \frac{\ell}{A}$

28)

$\ell = 0{,}1\,m$

$A = 1\,cm^2$

$\vec{\mu} = 1{,}7 \cdot 10^6\ A/m$

$\vec{B} = 2 \cdot 10^{-5}\,T$

$\vec{M} = \frac{1}{V}\sum_V \vec{p}_m \Rightarrow \sum \vec{p}_m = 17\,Am^2$

$\vec{N} = \vec{p}_m \times \vec{B} = 3{,}4 \cdot 10^{-4}\ Nm$

$E_{pot} = -\vec{p}_m \cdot \vec{B} = 3{,}4 \cdot 10^{-4}\ J$

30) $R_{tot} = \sigma \cdot \frac{l}{A_k}$ $A_k = (0{,}00075)^2 \pi$

$l = 2 r \pi \cdot 3000$

$R_{tot} = 0{,}017 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{2 \cdot \frac{\sqrt{0{,}02}}{\pi} \pi \cdot 3000}{(0{,}00075)^2 \pi} = 14{,}5 \Omega$ $\frac{\sqrt{0{,}02}}{\pi} = r$

$L = \mu_0 \mu_r n^2 \frac{A}{l}$

$L = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1000 \cdot 3000^2 \cdot 0{,}02 / 1{,}5 =$

$I = \frac{U_0}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{L/R}}\right)$ $= 150{,}7869$

I_{max}

$0{,}98 = e^{-\frac{t}{L/R}}$ $\Rightarrow -\ln(0{,}98)\frac{L}{R} = t =$

b) unabhängig davon (außer Erwärmung der Leitung durch $I \Rightarrow R$ ...)

31) $P_{mit} = \frac{1}{T}\int_0^T P \cdot dt = \frac{I_0 U_0}{T}\int_0^T \sin(\omega t)\sin(\omega t - \varphi) \cdot dt =$

$\sin\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\sin\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right) = \frac{\cos(\alpha) - \cos(\beta)}{-2}$ $\alpha = \left(\omega t - \frac{\varphi}{2}\right)2 = 2\omega t - \varphi$ $\beta = \left(\frac{\varphi}{2}\right)2 = \varphi$

$= \frac{I_0 U_0}{2T}\int_0^T -\cos(2\omega t - \varphi) + \cos(\varphi) \cdot dt = \frac{I_0 U_0}{2T}\left(\cos(\varphi) \cdot t + \frac{\sin(2\omega t + \varphi)}{2\omega}\right)\Big|_0^T$

$$= \frac{I_0 U_0}{2T} \cdot \left(\sin(\omega 2t + \varphi) \cdot 2\omega - \sin(\varphi) \cdot t \right) \Big|_0^T =$$

$$= \frac{I_0 U_0}{2T} \cdot \left(\sin(2\omega T + \varphi) \cdot 2T - \sin(\varphi) \cdot T - \sin(\varphi) \cdot 2\omega \right) =$$

$$= \frac{I_0 U_0}{2T} \left(\sin(2\omega T + \varphi) \cdot 2T - (T + 2\omega) \sin(\varphi) \right) =$$

$$\cancel{P = \frac{U_0 I_0}{2} \sin(\omega t) \sin(\omega t - \varphi)}$$

$$= \frac{I_0 U_0}{2T} \cdot \left(\sin(2\omega T) \cdot \cos(\varphi) 2T + \cos(2\omega T) \sin(\varphi) 2T - (T + 2\omega) \sin(\varphi) \right)$$

$$\langle P \rangle = \frac{1}{T}\int_0^T I_0 U_0 \sin(\omega t)\sin(\omega t - \varphi)\,dt$$

$$= \frac{I_0 U_0}{T}\int_0^T \sin(\omega t)\left(\sin(\omega t)\cos(\varphi) - \cos(\omega t)\sin(\varphi)\right)dt =$$

$$= \frac{I_0 U_0}{T}\int_0^T \sin^2(\omega t)\cos(\varphi) - \sin(\omega t)\cos(\omega t)\sin(\varphi)\Big)\,dt$$

$$= \frac{I_0 U_0}{T}\int_0^T \left(\sin^2(\omega t)\cos(\varphi) - \frac{\sin(2\omega t)}{2}\sin(\varphi)\right)dt =$$

$$= \frac{I_0 U_0}{T}\left(\cos(\varphi)\int_0^T \sin^2(\omega t)\,dt - \frac{\sin(\varphi)}{2}\int \frac{\sin(2\omega t)}{2}\,dt\right) =$$

$$= \frac{I_0 U_0}{T}\left(\cos(\varphi)\frac{1}{\omega}\left(\frac{\omega t - \sin(\omega t)\cos(\omega t)}{2}\right)\Big|_0^T + \frac{\sin(\varphi)}{2}\frac{1}{2\omega}\cos(2\omega t)\Big|_0^T\right)$$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$

$$= \frac{I_0 U_0}{T}\left(\cos(\varphi)\frac{1}{\omega}\left(\frac{\omega T - 0}{2} + 0\right) + \frac{\sin(\varphi)}{2}\frac{1}{2\omega}(1-1)\right) =$$

$$= \frac{I_0 U_0}{T}\cos\left(\frac{\omega T}{\omega 2}\right)$$

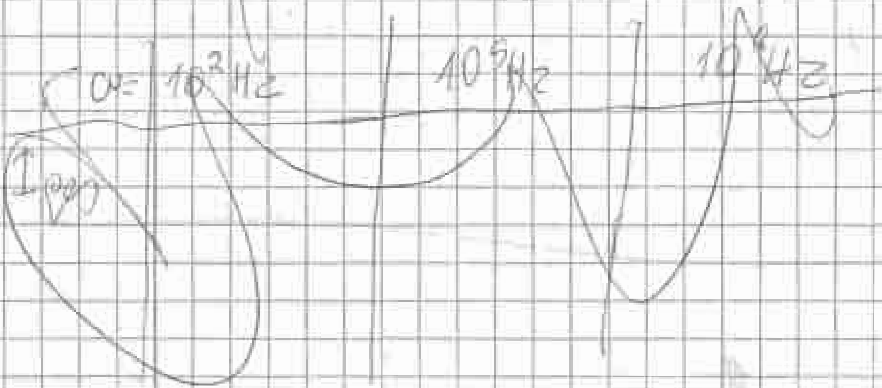
32| $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \approx 35355$ Hz

~~$U_R = R I_m$~~

~~$R = 50\,\Omega$~~

$L = 3 \cdot 10^{-4}$ H

$C = 10^{-6}$ F



34| $A(t) = A_0 e^{-\frac{Rt}{2L}} = A_0 e^{-\gamma t}$

$\ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = -\gamma t$ $\quad \gamma = -\frac{\ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right)}{t} = \frac{R}{2L} \neq$

$\omega^2 = \omega_0^2 - \frac{R^2}{4L^2}$ $\quad \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$

$\omega^2 = \frac{1}{LC} - \dots \Rightarrow L = \frac{1}{(\gamma^2 \dots + \omega^2) \cdot C}$

$A(t) = \frac{1}{3}$ $\quad R = \gamma \cdot 2 \cdot L =$

$A_0 = 1$

$\gamma = 4{,}39 \cdot 10^4$

$\omega = 8 \cdot 10^5$ Hz

$\Rightarrow L = \dots 1{,}56 \cdot 10^{-3}$ H

$C = 10^{-9}$ F

$R = 13{,}69\,\Omega$

$t = 2{,}5 \cdot 10^{-5}$ sec $= 20 \cdot \omega$

39)

$$I_C = C U_0 \omega e^{i(\omega t + \frac{\pi}{2})} = C U_0 \cdot ($$

$$U_0 = I_0 R + \frac{I_0}{\omega C}$$

$$I_0 = \frac{U_0}{R + \frac{1}{\omega C}}$$

40)

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{g}} = b \qquad f = 100\,mm$$

$$\frac{B}{G} = -\frac{b}{g} \qquad B = -G\frac{b}{g}$$

g (mm)	b [mm]	B (mm)
50	−100 (virtuell)	40
100	∞	∞
150	300	−40
250	166,6	−13,3

41)

$f = -100\,mm$

$$b = \frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{g}}$$

$$B = -G\frac{b}{g}$$

g (mm)	b (mm)	B (mm)
50	−33,3	13,3
100	−50	10
150	~~300~~ −60	8
250	~ −71,428	~5,714

3a)

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

150 m

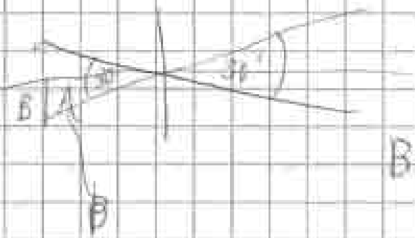
$$b = \frac{g \cdot f}{g - f} = \frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{g}}$$

a) Stern $g \to \infty$

$b = 150$

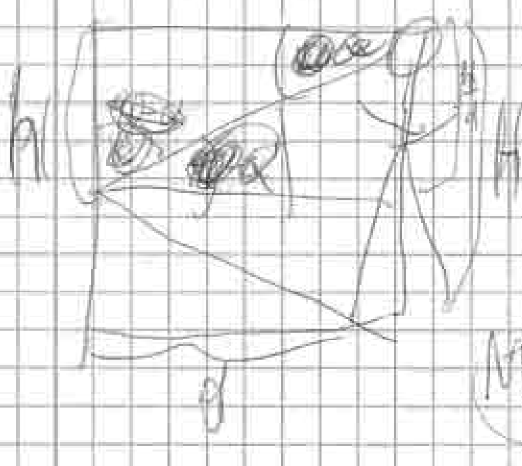
Mond $b \sim 150$ Δ 60 µm

Satellit $b \sim 150$ Δ 4,5 cm



$$B = b \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 0{,}6545\ m$$

3b)



$$\tan(\alpha) = \frac{H}{2g}$$

$$\tan(2\alpha) = \frac{h}{g}$$

$$\Rightarrow h = \frac{H}{2}$$

NEIN

$$\frac{dZ(1)}{dt} \quad \frac{dM_Z}{dM_S} = Y - Z(1)$$

$$M_Z = -M_G (Y - Z(1))$$

$$\frac{dM_Z(1)}{dM_S(1)} = Y - Z(1)$$

$$\frac{dZ}{dt} =$$

$$\frac{dM_Z(1)}{dM_S(1)} = Y - Z$$

$$-\frac{dM_Z}{dM_G} = Y \frac{M_Z}{M_G}$$

$$\delta Z = \frac{\delta M_Z}{M_G} - \frac{M_Z}{M_G^2} \delta M_G = \frac{1}{M_G} \left(\delta M_Z - Z \, \delta M_G \right)$$

$$\delta M_S = -\delta M_G$$

$$\delta Z = \frac{1}{M_G} \left(Y \delta M_S \underbrace{- Z \delta M_S - Z \delta M_G}_{\text{vey} = 0} \right) = -Y \frac{\delta M_G}{M_G}$$

$$Z = -Y \ln(M_G) + C$$

$Z = 0$
$M_G = M_0$

$$0 = -g \ln(M_0) + C \Rightarrow C = g \ln(M_0)$$

$$Z = -g \ln\left(\frac{M_G}{M_0}\right)$$

M_0 = Gesamtmasse

$M_G(1)$ = Gasmasse im SN

$M_Z(1)$ = Metallmasse im SN

$M_S(1)$ mass der sterne

$$\mu(1) = \frac{M_G(1)}{M_0} \qquad \mu(0) = 1$$

$$Z(1) = \frac{M_Z(1)}{M_G(1)} \qquad Z(0) = 0$$

$$Z(\mu(1)$$

$$dM_G = -dM \qquad dM_Z = -Z\,dM$$

$$dM_S = \alpha\, dM$$

$$dM_G = (1-\alpha)\, dM$$

$$dM_Z = Z_{SN}(1-\alpha) \cdot dM = (y - Z)\, dM_S$$

$$\delta M_Z = y\,\delta M_S - Z\,\delta M_S$$

gas → stern

$$dM_G = -\alpha\, dM \qquad dM_S = \alpha\, dM$$

$$dM_Z = -Z\,dM + Z_{SN}(1-\alpha)\,dM = (y - Z)\,dM_S$$

$$y = (Z_{SN} - Z)\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)$$

$$Z = \frac{M_Z}{M_G}, \quad \delta Z = \delta\left(\frac{M_Z}{M_G}\right)$$

$$\delta Z = \delta\left(\frac{M_Z}{M_G}\right) = \frac{\delta M_Z}{M_G} + M\,\delta\left(\frac{1}{M_G}\right)$$

$$\delta\left(\frac{1}{M_G}\right) = -\frac{\delta M_G}{M_G^2}$$

Spannungsabfall?

- $\underline{\omega = 10^2}$ $R = 50\,\Omega$ $L = \frac{3}{100}$ $C = 10^{-4}$

- $\underline{\omega = 10^5}$ $R = 50$ $L = 30$ $C = 10$

- $\underline{\omega = 10^8}$ $R = 50$ $L = 30000$ $C = \frac{1}{100}$

Resonanz?

Serienresonanz bei $\boxed{\omega_R = \frac{1}{\sqrt{LC}}}$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{3 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{3 \times 10^{-10}}} = \underline{\underline{57735 \ \tfrac{1}{s}}}$$

$5{,}8 \cdot 10^{4} \ \frac{1}{s}$ "Spresonanz,"

weil immer Sp-überhöhung ist

Der Ohmische Wid. hat keinen Einfluss auf d. Resonanzfrequenz

= Eigenfrequenz

Blindwid:

$\omega = 10^2 = -10 \times 10^4\,\Omega$

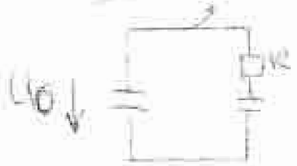
$\omega = 10^5 = 20\,\Omega$

$\omega = 10^8 = 3 \times 10^5\,\Omega$

Wirkwid

immer $\underline{R = 50\,\Omega}$ (gegeben)

33)



$I = \frac{U_0}{R}$

Dran sieht, dass der Widerstand da ist, [illegible] zum Strom, der den Kondensator auflädt.

$U = U_0 - IR$ $\qquad I = \frac{dQ}{dt}$ $\qquad Q = C\,U \;\Big|\; \frac{d}{dt}$

$\frac{dQ}{dt} = C\,\frac{dU}{dt}$

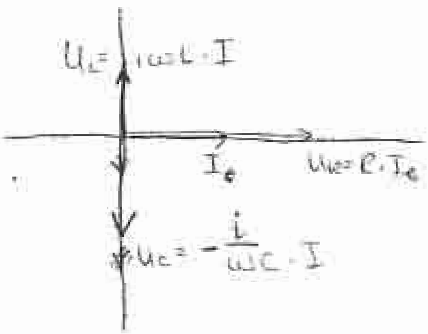
$\Rightarrow I = C\,\frac{dU}{dt}$

$U = U_0 - IR \;/\; \frac{d}{dt}$

$\frac{dU}{dt} = -R\,\frac{dI}{dt} \Rightarrow$ mit $I = C\,\frac{dU}{dt} \Rightarrow \underline{I = -CR\,\frac{dI}{dt}}$

32) Serienschaltung v. R, L, C

Alle Widerstände haben den gemeinsamen Strom I →
Die Sp. am ohmschen Wid. ist immer in Phase m. dem Strom → Am Kondensator eilt der Strom der Sp. voraus. d.h. d. Sp. ist hinten nach → In d. Spule läuft d. Sp. dem Strom voraus.



$U = U_R + U_L + U_C$

$\underline{\underline{U}} = i\omega L \cdot I + R \cdot I - \frac{i}{\omega C} \cdot I = \underline{\underline{I\left(i\omega L + R - \frac{i}{\omega C}\right)}}$

$R = 50\,\Omega \quad \Omega = \frac{V}{A}$

$C = 1\,\mu F$

$F = \frac{C}{V}$

$L = 3 \cdot 10^{-4} H \quad H = \frac{Vs}{A}$

$U = I\left(i\omega\, 3 \cdot 10^{-4}\, H + 50\,\Omega - \frac{i}{\omega \cdot 10^{-6} F}\right)$

$= I\left(i\omega \frac{1}{s}\, 3 \cdot 10^{-4}\, \frac{Vs}{A} \cdot 50 \frac{V}{A} - \frac{i\,10^{6}}{\omega}\, \frac{sV}{As}\right)$

$= I\left(\frac{i\omega^2\, 3 \cdot 10^{-4} + 50\omega - i \cdot 10^{6}}{\omega}\right) =$

$= I\left(\frac{50\omega + i(\omega^2\, 3 \cdot 10^{-4} - 10^{6})}{\omega}\right)$

(34) $\nu = 0{,}5\,\mathrm{MHz}$; $g \cdot 10^{5}\,s^{-1}$

$T = \frac{1}{\nu}$ $\omega T = 2\pi \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$ $2\pi\nu = \omega$

$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega^2 C}$

$A(t) = A_0 \cdot e^{\left(-\frac{Rt}{2L}\right)}$

$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - R^2}$

$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$

$\frac{1}{3} A_0 = A_0 \cdot e^{\left(-\frac{R t_{20}}{2L}\right)}$

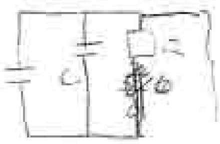
$\frac{1}{3} = e^{-\frac{R t_{20}}{2L}}$

$\ln\frac{1}{3}\, 2L = -t_{20} R$

$R = -\frac{\ln\frac{1}{3}\, 2L}{t_{20}} = 3{,}479\,\Omega$

$t = 2{,}5 \cdot 10^{-5}\,s$

$L = 3{,}9 \cdot 10^{-5}\,H$

(35) 

U_c

$Z_C = \frac{1}{\omega C}$

$I_{ges} = I_C + I_R = \frac{U_C}{Z_C} + \frac{U_C}{R}$

$I = U_C\,\omega C + \frac{U_C}{R}$ $\sqrt{U_C^2\left(\omega C + \frac{1}{R}\right)^2}$

$= 0{,}9\,A$

$P = U_C \frac{U_C}{R} \underbrace{\cos\varphi}_{1} = \frac{U_C^2}{R} = 4{,}5 \cdot 10^{-3}\,W$

36a) $f = 150\,cm$

Mond - Erde $3{,}8 \times 10^8\,m$

$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

$b = \frac{gf}{g-f}$ $\quad b_{Mond} = 150{,}\ldots$

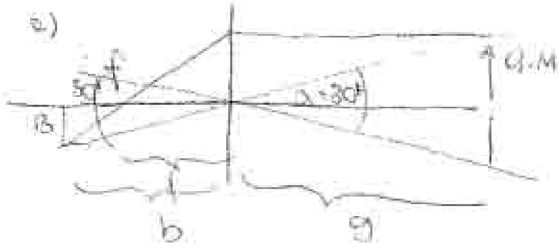
für Stern $g \to \infty$ $\quad b_{Stern} = 150$

Differenz ist $60\,\mu m$

b) Satelit → $b_S \approx 150\,cm$

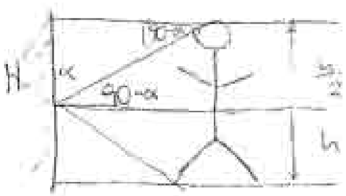
Diff Sat - Stern ≈ 4,5 cm

c)



$B = b \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ $\quad b = \tan(35')$

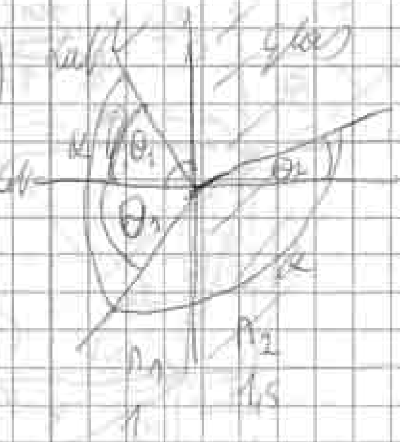
37)



$\left.\begin{array}{l} \tan(90° - \alpha) = \frac{h}{2d} \\ \tan(90° - \alpha) = \frac{H}{d} \end{array}\right\} \Rightarrow H = \frac{h}{2}$

38) Lochkameraprinzip. Kleine Löcher zw. den Blättern. Dadurch kommt Sonnenlicht. Am Boden wird d. Sonne abgebildet → runde Kringel. D. Form der Blätter hat keinen Einfluss, da es um kleine Löcher zw. den Blättern geht. Bei einer partiellen Sonnenfinsternis haben die Kringel die Form von dem Sonnenstück, das nicht verdeckt ist, nur verkehrt herum. re - li vertauscht

42)



$$\alpha = 90° - \theta_1 + 90° + \theta_2 = 180° - \theta_1 + \theta_2$$

$$\alpha = 2 \cdot \theta_1$$

$$2\theta_1 = 180° - \theta_1 + \theta_2$$

$$3\theta_1 = 180° + \theta_2$$

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$

$$\theta_2 = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2} \sin(\theta_1)\right)$$

$$3\theta_1 - \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2} \cdot \sin(\theta_1)\right) = 180°$$

$$f(\theta_1) = 3\theta_1 - \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2} \cdot \sin(\theta_1)\right) - 180° = 0$$

$$f'(\theta_1) = 3 - \frac{\frac{n_1}{n_2} \cos(\theta_1)}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \sin^2(\theta_1)}}$$

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

$x_0 = 75°$

$x_1 = 73{,}22922428$

$x_2 = 73{,}22134527$

$x_3 = 73{,}22134512°$

$$\theta_1 \approx 73{,}2213°$$

$$\sin(x) = \sqrt{\frac{3n+1}{4}}$$

$\sin(\theta_1) = n \sin(\theta_2)$ 1)

$\tan(\theta_2) = \frac{d}{1}$ $\Rightarrow$ $d = 1 \cdot \tan(\theta_2)$

$d = 1 \cdot \frac{\sin(\theta_2)}{\sqrt{1-\sin^2(\theta_2)}}$

Lot

30 mm

$n = 1$ $n = 1{,}5$ $n = 1$

4) $\frac{d_n}{1 s \left(\frac{1}{\sqrt{1-s^2}} - \frac{1}{\sqrt{n^2-s^2}}\right)} = \sqrt{1-s^2}$

$\Rightarrow \frac{d_n}{1 s \left(1 - \sqrt{\frac{1-s^2}{n^2-s^2}}\right)} = 1$

4b) FALSCH

$\tan(\theta_1) = \frac{x}{1} \Rightarrow$

6 mm = b

$x = 1 \frac{\sin(\theta_1)}{\sqrt{1-\sin^2(\theta_2)}} = \frac{1 s}{\sqrt{1-s^2}}$ 1)

$d = 1 \cdot \frac{\frac{\sin(\theta_1)}{n}}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2(\theta_1)}{n^2}}}$

$1 - \frac{d_n}{1 s} = \sqrt{\frac{1-s^2}{n^2-s^2}}$ $n = 1{,}5$ $n = 1$

$n_2 \sin(\theta_1) = n_1 \sin(\theta_2)$

$s = \sin(\theta_1)$

$\Rightarrow \left(1 - \frac{d_n}{1 s}\right)^2 = \frac{1-s^2}{n^2-s^2} \Rightarrow$ 30 mm

$\tan(\theta_3) = \frac{b}{d}$

$d = \frac{1 s}{\sqrt{n^2-s^2}}$

$\boxed{s^3 - \left(\frac{d_n^2}{1^2} - n^2 + 1\right)\frac{s^2}{2 d_n} - n^2 s + \frac{d_n n^2}{2 \cdot 1} = 0}$

$\theta_1 = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1} \sin(\theta_2)\right)$

Zahlen einsetzen
lösen

$\theta_1 = \arcsin(s) = 31{,}78^\circ$

$\theta_1 = 31{,}39^\circ$ $s = 0{,}51186$

$\theta_1 = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1} \sin\left(\arctan\left(\frac{b}{d}\right)\right)\right)$

4) $x - d = 1 s \left(\frac{1}{\sqrt{1-s^2}} - \frac{1}{\sqrt{n^2-s^2}}\right) = \frac{d_n}{x-d} = \frac{d_n}{1 s \left(\frac{1}{\sqrt{1-s^2}} - \frac{1}{\sqrt{n^2-s^2}}\right)}$

3) $\frac{d_n}{x-d} = \cos(\theta_1)$

FALSCH

$n = 1{,}75$

1,46

$\sin^{-1}\left(\frac{1{,}46}{1{,}75}\right) = 56{,}54^\circ = \theta$

$\frac{d_n}{x-d} = \sqrt{1-s^2}$

90° Winkel

$1 \cdot \sin(\alpha) \cdot n = 1{,}75 \sin(\theta)$

Öffnungswinkel
$\omega = 2\alpha$

$\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{1{,}75 \cdot \sin(56{,}54^\circ)}{n}\right)$

$\omega = 2 \cdot \sin^{-1}\left(\frac{1{,}75 \sin(56{,}54^\circ)}{n}\right)$

n	ω	
1	~~> 180°~~	149°
1,33	~~> 180°~~	93,5°
1,48	161,12	81,38°

wenn n klein zu groß

bei zu großen Werten nicht alles definiert

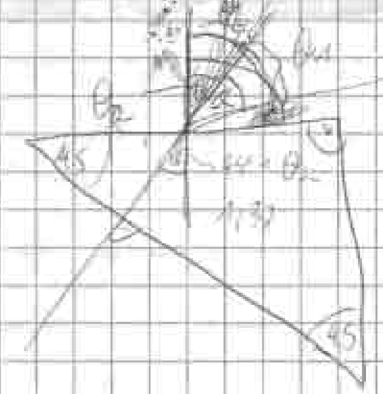
SEHR GEEHRTER HERR PROFESSOR

ICH KANN AM FREITAG NICHT IN DIE RECHENÜBUNGEN KOMMEN, DOCH ICH HABE DIE BEISP's GERECHNET.

MFG

CHRISTOPH SAULDER
MATR.NR. 0400949
GRUPPE FR. 09:30 - 11:00

45)



$\sin(\theta_1)\cdot 1 = 1{,}33 \cdot \sin(\theta_2)$

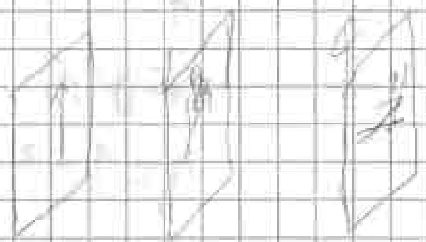
$\theta_1 = \arcsin(1{,}33 \cdot \sin(\theta_2)) = 70{,}9276^\circ$

tot. Reflexion: $48{,}75^\circ$

$\alpha = -\theta_2 + \theta_1 = 25{,}9276^\circ$

Ablenkung

46)



$I = I_0 \cos^2(\theta)$

$I_2 = I_0 \cos^2(\theta)$ $\qquad \eta = 90^\circ - \theta$

$I_3 = I_2 \cos^2(\eta) = I_2 \cdot \sin^2(\theta)$

a) $\boxed{I = I_0 \cos^2(\theta)\sin^2(\theta)}$

b) $\frac{dI}{d\theta} = 0 = I_0\left(-2\cos(\theta)\sin(\theta)\sin^2(\theta) + \cos^2(\theta)\, 2\sin(\theta)\cos(\theta)\right)$

$= I_0\, 2\cos(\theta)\sin(\theta)\left(-\sin^2(\theta) + \cos^2(\theta)\right)$

$= I_0 \sin(2\theta)\cos(2\theta) = I_0 \frac{1}{2}\sin(4\theta) = 0$

$\sin(4\theta) = 0$ aus Symmetriegründen $\theta \in [0; 90^\circ]$

$0^\circ, 90^\circ \rightarrow$ Minimum $I = 0$

bei 45° Maximum

Extrema bei $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$

$\boxed{\frac{1}{4} I_0 = I_{max}}$

also I_{max}

47)

a) $\tan(\Theta_p) = \frac{n_2}{n_1}$

$\Theta_p = \arctan\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$

bei Luft, Medium n $\quad \Theta_p = \arctan(n)$

b) $n_1 = 2,4 \Rightarrow \Theta_p = \arctan\left(\frac{1}{n}\right) = 22,6198°$

$n_1 = 1,5 \Rightarrow \Theta_p = 33,6901°$

$n_1 = 1,33 \Rightarrow \Theta_p = 36,9388°$

48)

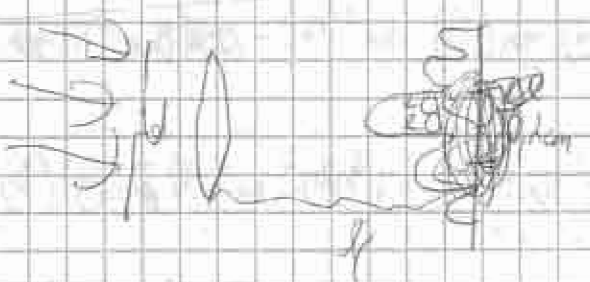
$R = \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{b}\right)$

$a \cdot \sin(\Theta) = m \cdot \lambda$

0,1 cm

$\sin(\Theta) = \frac{y}{l}$

49)



$l = 0,5 m$

$\lambda = 589 nm$

$\tan(\Theta) = \frac{e}{f}$

$\sin(\Theta) = \frac{\lambda}{d}$

49)

$$\lambda' = \frac{\lambda}{n} = 354{,}83\ \text{nm}$$

$$\frac{2s}{\lambda'} \cdot 360 = 180$$

$$= s = \frac{\lambda'}{4}$$

$$s = 88{,}707677\ \text{nm}$$

alternative Dicken s_a

$$s_a = s + 2s \cdot a = s(1+2a) \quad a \in \mathbb{N}$$

alternative Wellenlängen λ_a

$$\lambda_a = \frac{\lambda}{a} \quad a \in \mathbb{N}$$

50)