1.a) Kraftwirkung auf einen geladenen Körper, Kraftwirkung auf einen ungeladenen Körper durch Influenz  
b) \* abstoßende Kraft auf einen gleichartig geladenen Körper oder anziehende Kraft auf einen ungleichartig geladenen Körper,  
\* an einer Glimmlampe leuchtet immer die negative Seite (Kathode) auf  
  
2. Es wirkt auf einen geladenen Probekörper in der gleichen Entfernung die gleiche Kraft (Def. elektr. Feldstärke)  
  
3. Die Elektronen werden von der Kugel angezogen und wandern nach oben, damit sind auf dem Zeiger weniger Ladungen und der Ausschlag wird kleiner (Influenz).  
Null ist möglich, auch eine positive Ladung ist möglich.  
  
4. Bei Annäherung tritt Influenz auf und die neutrale Kugel wird auf der Seite der negativen Kugel positiv. Damit wirken hier Anziehungskräfte und die neutrale Kugel bewegt sich. Auf die negativen Ladungen auf der anderen Seite der neutralen Kugel wirken Abstoßungskräfte, die aber auf Grund der größeren Entfernung kleiner sind als die Anziehungskräfte.  
Bei der Berührung erfolgt ein Ladungsträgeraustausch und die neutrale Kugel wird ebenfalls negativ und abgestoßen.  
  
5.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | C | |
| Lösung: |  | | | Einheitenbetrachtung: |
| Antwort: | Durch die Lampe werden in einer halben Stunde 500 C transportiert. | | | |

6. Im Kasten befindet sich ein Strom durchflossener Draht, der senkrecht zu den Magnetnadeln im Kasten nach oben verläuft.  
  
7. Das Verhältnis von elektrischer Energie zu mechanischer Energie beträgt 90 : 100 oder 0,9. 10% der aufgewandten Energie gehen „verloren“ (Reibung -> Wärmeenergie).  
  
8. z.B. Magnet in einer Spule hin und her bewegen. Mechanische Energie in elektrische Energie.  
  
9. Schalter zu -> Strom durch Spule 1 -> Magnetfeld -> Blattfeder wird angezogen -> Stromkreis wird geöffnet -> kein Magnetfeld -> Blattfeder geht nach oben -> Stromkreis geschlossen -> Magnetfeld...  
Da sich das Magnetfeld ständig ändert und Spule 2 sich in diesem Magnetfeld befindet, wird in Spule 2 eine Wechselspannung induziert.  
  
10. mechanisch -> elektrisch : Dynamo,   
elektrisch -> mechanisch: Motor  
  
11.Das Verhältnis von Primär- zu Sekundärwicklung muss wie 6:1 sein

Damit sind möglich:

|  |  |
| --- | --- |
| Primärspule | Sekundärspule |
| 3000 | 5000 |
| 1500 | 250 |

12.

|  |  |
| --- | --- |
| Verhältnis N1/N2 | 26,1 |
| Kurzschluss-Strom I2 | 2,6 A |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e12)  
  
13.   
  
Aus dem Verhältnis der spezifischen elektrischen Widerstände ergibt sich: der Widerstand wird um den Faktor 1,6 kleiner.  
  
14. Da der Widerstand proportional zur Länge des Drahtes ist, gilt: R1 = 3 R2  
  
15. a) kleinere Stromstärke -> größerer Widerstand ->spezifischer elektrischer Widerstand ist größer geworden   
b) gleicher spezifischer elektrischer Widerstand  
c) größere Stromstärke -> kleinerer Widerstand -> spezifischer elektrischer Widerstand ist kleiner geworden  
  
16.

|  |  |
| --- | --- |
| Widerstand der Lampe 14/3 | 65 Ohm |
| Spannung an jeder Lampe | 13,75 V |
| Strom | 0,21 A |
| Widerstand der Lampe 14/5 | 39 Ohm |
| Gesamtwiderstand der Kette | 1019 Ohm |
| neuer Strom | 0,22 A |
| Spannung an der Lampe 14/5 | 8,5 V |
| Rest | 211,5 V |

diese teilt sich auf die 15 Lampen auf

|  |  |
| --- | --- |
| Spannung an Lampe | 14,1 V |

=> Lampen brennen heller  
aber: die 5W-Lampe wird nur mit 8V betrieben => kälter als vorgesehen => Widerstand noch kleiner => es fällt noch weniger Spannung ab => die anderen Lampen haben noch mehr Spannung => eine wird durchbrennen.  
  
17. z.B. Aufladen von Schallplatten, Aufladen von Papier bei der Papierherstellung, Aufladen von Plastik => zieht Staub an  
  
18. Die Punkte 2, 4 und 5 sowie 3, 6 und 8 haben das gleiche Potential. Sie sind jeweils über die gleiche Anzahl Widerstände mit der Spannungsquelle verbunden. Das heißt, zwischen diesen Punkten besteht keine Spannung und sie können als leitend verbunden betrachtet werden.  
Damit ergibt sich zur Berechnung des Gesamtwiderstandes folgende Formel:  
Rges = 1/3R + 1/6R + 1/3R = 5/6R  
und es fließt ein Strom von 1,2A.  
[vollständi](vlsgeleh.docx" \l "e18)[ge Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e18)

19. kleinste, nicht mehr teilbare negative Ladung, Ladung eines Elektrons  
  
20. gerichtete Bewegung von geladenen Teilchen, die Stromstärke gibt an, wie viel Ladungen je Zeit durch einen vorgegeben Querschnitt fließen.   
  
21.   
  
22. Kraft auf Eisen, Kobalt, Nickel, andere Magnete und stromführende Leiter  
  
23. Durch das Magnetfeld werden die Elementarmagnete in der Büroklammer ausgerichtet. Damit wird aus der vorher unmagnetischen Büroklammer selbst ein Magnet, der wiederum andere Eisenkörper anziehen kann.  
  
24. Anwendungen: Motor, Klingel, Tonkopf im Recorder, Ablenkung des Elektronenstrahl in der Fernsehbildröhre, Lautsprecher, Halterung von Schranktüren...  
  
25. Ein magnetischer Stab ist in der Mitte nicht magnetisch. Ein Ende eines Stabes an die Mitte des anderen halten. Bei Anziehung ist das Ende des Stabes magnetisch, also der Stabmagnet. Wenn nicht ist der andere der Stabmagnet.  
  
26. Die induzierte Spannung ist die Windungszahl mal der Änderungsgeschwindigkeit des magnetischen Flusses.  
In einem Leiter wird eine Spannung induziert, wenn sich das Magnetfeld, das den Leiter durchsetzt, ändert.  
Versuch: Spule an einem Dauermagneten vorbei bewegen. Ein an der Spule angeschlossener Spannungsmesser zeigt einen Ausschlag.  
  
27. Trafo: Zwei Spulen (Primär- und Sekundärspule), die auf einem gemeinsamen, geschlossenen Eisenkern sitzen.  
Wirkungsweise: An die Primärspule wird eine Wechselspannung angelegt => Wechselstrom => um die Spule bildet sich ein magnetisches Wechselfeld aus, das die Sekundärspule durchsetzt => in der Sekundärspule wird eine Wechselspannung induziert.  
Anwendung: Netztrafo, wandelt Netzspannung in Niederspannung um,  
Punktschweißen  
  
28.

|  |  |
| --- | --- |
| Sekundärspule | 13 Windungen |
| Primärstrom | 2,6 mA |
| Widerstand | 60 Ohm |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e28)  
  
29. Kern wird abgehoben, Magnetfeld der Spule wird kleiner, Induktionsspannung in der Spule, fließender Strom wirkt der Ursache der Induktion entgegen, Richtung des Stromes entspricht der Richtung des ursprünglichen Stromes, Lämpchen brennt kurzzeitig heller.  
  
30. Voraussetzungen: Spannung als Antrieb, freibewegliche Ladungsträger  
Leitungsvorgang: gerichtete Bewegung elektrisch geladener Teilchen  
Energieumwandlungen: elektrische Energie => Wärmeenergie, mag. Energie, chem. Energie  
  
31. reines Wasser: enthält so wenige freibewegliche Ladungsträger, dass nahezu kein Strom fließt  
Kochsalzlösung: NaCl löst sich auf in Na+ und Cl-. Die Natriumionen wandern zur negativen Elektrode, nehmen dort ein Elektron auf und werden zu Natrium. Die Chlorionen wandern zur positiven Elektrode, geben dort ein Elektron ab und werden ebenfalls neutral.  
  
32. Mit R=U/I erhält man

|  |  |
| --- | --- |
| Widerstand | 40 Ohm |
| Widerstand | 28 Ohm |

Ursache: Unterschiedliche Temperaturen. Bei einer höheren Stromstärke ist die Temperatur größer, die Teilchen im Metall schwingen schneller, behindern die Elektronen stärker und damit wächst der Widerstand.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 33. | lse33 | |
| Heizung, Katode | | durch Glühemmision werden freie Elektronen erzeugt |
| Wehneltzylinder | | negativ gespannt, wird zur Strahlerzeugung und Helligkeitsreglung verwendet |
| Anode | | durch die hohe positive Spannung werden die Elektronen stark beschleunigt |
| Ablenkplatten | | durch Spannungen wird der Elektronenstrahl abgelenkt und kann jeden Punkt auf dem Leuchtschirm erreichen |
| Leuchtschirm | | leuchtet auf, wenn er von Elektronen getroffen wird |

|  |  |
| --- | --- |
| 34. Es sind die beiden Stromrichtungen eingezeichnet, die durch den Wechselstrom entstehen. Durch die GRAETZ-Schaltung wird der Strom so gelenkt, dass er immer in der gleichen Richtung durch den Widerstand fließt. Damit wird aus dem Wechselstrom ein pulsierender Gleichstrom, der dann durch einen Kondensator noch geglättet werden kann. | lse34 |

35. Ändert sich der Basisstrom um einen bestimmten Wert so ändert sich der Kollektorstrom um der 200fachen Wert. (In den Grenzen der Transistorkenngrößen)  
  
36. a) Der metallische Leiter ist ein Kaltleiter, weil er bei niedrigen Temperaturen besser leitet als bei hohen Temperaturen. Der Widerstand steigt mit wachsender Temperatur.

Beim Halbleiter ist es umgekehrt. Sein Widerstand wird mit höherer Temperatur immer kleiner.

b) Beim Halbleiter schwingen wie bei einem Metall die Gitterbausteine bei Temperaturerhöhung ebenfalls stärker und behindern die Elektronen.

Aus den Atomen werden aber bei Erwärmung immer mehr Elektronen losgelöst und können sich frei im Gitter bewegen. Sie sind verantwortlich für den größeren Strom, also kleineren Widerstand.

c) Arsen ist ein fünfwertiges Element, hat also 5 Außenelektronen. Silizium als vierwertiges Element kann sich mit vier Elektronen des Arsen verbinden, ein Elektron bleibt aber frei und ist jetzt ein freier Ladungsträger.

Der Halbleiter ist n-leitend und leitet den Strom wesentlicher besser als ein reiner Halbleiter.

37. Silizium, Kohlenstoff, Germanium  
  
38.

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | Trafo |
| 2 | Diode |
| 3 | Kondensator |

|  |  |
| --- | --- |
| - wandelt Wechselspannung in pulsierende Gleichspannung um | 2 |
| - kann eine hohe Spannung in eine niedrige umwandeln | 1 |
| - wandelt elektrische Energie in Lichtenergie um |  |
| - wandelt mechanische Energie in elektrische Energie um |  |
| - nutzt das Induktionsgesetz aus | 1 |
| - glättet den pulsierenden Gleichstrom | 3 |
| - ist ein Halbleiterbauelement | 2 |
| - zeigt an, wie stark der Strom fließt |  |

|  |  |
| --- | --- |
| 39. p-Gebiet: positive Ladungsträger (Defektelektronen, Löcher) wandern in die Sperrschicht n-Gebiet: negative Ladungsträger (Elektronen) wandern in die Sperrschicht, Die an freien Ladungsträgern arme Sperrschicht wird mit freien Ladungsträgern aus den p- und n-Gebieten überschwemmt: Leitungsvorgang ist möglich. | lse39 |

40.

|  |  |
| --- | --- |
| Auf das Teilchen wirken zwei Kräfte: die nach unten wirkende Gewichtskraft FG und die nach oben wirkende Kraft es elektrischen Feldes Fe. | lse40 |

b) Es wirkt die Gewichtskraft nach unten und die elektrische Kraft nach oben.   
  
Bewegung: Sind die beiden Kräfte gleich groß, herrscht Kräftegleichgewicht und auf das Teilchen wirkt keine äußere Kraft. Nach dem Trägheitsgesetz befindet es sich dann in Ruhe oder in einer gleichförmigen Bewegung. Es bewegte sich also gar nicht oder mit gleicher Geschwindigkeit nach oben oder nach unten.  
Falls eine Kraft größer als die andere ist, ist die resultierende Kraft auf das Teilchen größer Null. Damit führt es eine beschleunigte Bewegung aus, bewegt sich also immer schneller werdend nach oben oder nach unten.  
c) Nach dem Newtonschen Grundgesetz ist die Beschleunigung:  
  
Die Kraft wurde schon in a) hergeleitet, also:  
  
d)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | Fges |
| Lösung: | Die Kraft berechnet sich nach der in b) hergeleiteten Gleichung  Die unbekannte Feldstärke E berechnet sich mit  und eingesetzt: | | |
| Antwort: | Auf das Teilchen wirkt eine Kraft von 107nN. | | |

e)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | t |
| Lösung: | Es ist eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung, also gelten die entsprechenden Gesetze:  Die erste Gleichung wird nach t umgestellt:  Die Beschleunigung kann mit dem Wert aus d) berechnet werden:  Damit wird dann: | | |
| Antwort: | Das Teilchen erreicht in 52 ms die andere Platte. | | |

f) 

|  |  |
| --- | --- |
| Bewegungsenergie | 4,8\*10-9 J |

g)

|  |  |
| --- | --- |
| Kraft | 5,25\*10-7 N |
| Beschleunigung | 164 m/s² |
| Zeit | 23 ms |

41.anspruchsvolle Aufgabe!  
die Längen der Seiten sind proportional zur Größe der Widerstände => es sind die Widerstände zu berechnen  
 







Das Verhältnis der beiden Widerstände:  


42.a) Beispiele: Glätten von pulsierender Gleichspannung, Sieben von Gleich- und Wechselstrom, Schwingkreis  
b) elektrisches Feld: Zustand des Raumes um geladene Körper, erkennbar durch Kraftwirkung auf andere geladene Körper  
elektrische Feldstärke: Aussage über der Größe der Kraft auf einen Probekörper  
c)

|  |  |
| --- | --- |
| Kapazität | 115 pF |
| Ladung | 2,3\*10-7 C |

d) Kapazität steigt, da sich die Dielektrizitätskonstante vergrößert, Luft=1  
e)

|  |  |
| --- | --- |
| Vollständig | 575 pF |
| Halb | 345 pF |

f) Fläche vergrößern oder Abstand verkleinern  
g)

|  |  |
| --- | --- |
| Ladung | 1,15\*10-7C |

[Vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e42)  
43. 

|  |  |
| --- | --- |
| a) Kapazität | 35 pF |

b)   
sin (Winkel)=tan (Winkel) für Winkel < 10°

|  |  |
| --- | --- |
| Beziehung |  |
| s | Auslenkung |
| m | Kugelmasse |
| l | Fadenlänge |
| Kraft | 1,962\*10-4 N |

c) 

|  |  |
| --- | --- |
| Feldstärke | 98,1\*103 V/m |

d) 

|  |  |
| --- | --- |
| Spannung | 19 620 V |

e)

1. U = konst., E = U/d, F = E\*Q  
Wenn d verdoppelt wird, halbiert sich E. Damit halbiert sich auch die wirkende Kraft. Da nach b) die Auslenkung s proportional zur Kraft ist, halbiert sich die Auslenkung.  
2. Q = konst., E = U/d, U = Q/C, wird d verdoppelt, halbiert sich C -> E bleibt konst.  
Auslenkung bleibt konstant  
[vollstän](vlsgeleh.docx" \l "e43)[dig](vlsgeleh.docx" \l "e43)[e Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e43)

44.a)



|  |  |
| --- | --- |
| Geschwindigkeit | 17\*106m/s |

b) 

|  |  |
| --- | --- |
| Zeit | 5,6\*10-9s |

45. Ziel: Bestimmung der Elementarladung.  
Öltröpfchen werden aufgeladen und in waagerecht stehende Kondensatorplatten gegeben. Die Ladung eines Tröpfchens wird bestimmt, indem man es durch ein elektrisches Feld in der Schwebe hält oder gleichmäßig auf- und absteigend lässt. Ergebnis: Alle Tröpfchen haben ganzzahlige Vielfache einer bestimmten Ladung, der Elementarladung  
  
46. a) auf die Elektronen wirkt die Lorentzkraft. Sie steht senkrecht zur Richtung der Elektronenbewegung und der Richtung des Magnetfeldes. Damit wirkt sie als Radialkraft.  
b)

|  |  |
| --- | --- |
| Radius | 6,96 mm |

c)da m größer wird, wird auch r größer  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e46)  
47.

a) Die magnetische Flussdichte einer langen Spule berechnet sich mit



N ist die Windungszahl, I die Stromstärke und  die Länge der Spule.

µ0 ist die magnetische Feldkonstante. Sie wird praktisch von der Natur vorgegeben und verbindet Zahlen- und Einheitenmäßig die beiden Seiten der Gleichung. Da die Spule luftgefüllt ist, beträgt µr etwa 1. Im Vakuum beträgt der Wert genau 1, ist aber in Luft nur unwesentlich höher (1,0006).



Da auf der rechten Seite alle Größen in Grundeinheiten angegeben wurden, ergibt sich auf der linken Seite Tesla als Einheit für die magnetische Flussdichte.

b) Der Wert µr heißt Permeabilitätszahl und stellt den Verstärkungsfaktor dar, den ein Stoff im Magnetfeld bewirkt.

Da er hier mit 1000 angegeben wird, ist das Magnetfeld durch den Eisenkern 1000 mal stärker als vorher. Es beträgt demnach 0,42 T.

48.

|  |  |
| --- | --- |
| Induktivität | 2,0 H |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e48)  
  
49.

|  |  |
| --- | --- |
| Windungszahl | 520 |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e49)  
  
50. a) Sind nur positive Ladungsträger vorhanden, wirkt die Lorentzkraft in die entgegen gesetzte Richtung. Da sich die positiven Ladungsträger aber auch in die entgegen gesetzter Richtung der negativen Ladungsträger bewegen, bringt das auch eine Umkehrung der Kraftrichtung mit sich. Im Ergebnis bewegen sich die positiven ladungsträger in die gleiche Richtung wie die negativen Ladungsträger. Damit entsteht durch die andere Ladung eine im Vergleich zu den negativen Ladungsträgern entgegen gesetzte Spannung.  
b) Da sich beide Ladungsträgersorten in die gleiche Richtung bewegen, entsteht durch den Ausgleich keine Spannung.  
  
51.

|  |  |
| --- | --- |
| Spannung | 0,5V |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e51)  
  
52. Anwachsen von 0 auf einen Maximalwert; Abfallen auf 0; genau 0, wenn der Magnet in Höhe des Leiters ist, danach wieder Anwachsen der Spannung in umgekehrter Polarität, Maximalwert jetzt höher als beim Annähern (Geschw. ist größer), dann Abfallen auf 0  
Magnet wird abgebremst  
  
53 Lösung c ist richtig.  
1. Wie groß sind die Widerstände der Lampen  
R=U²/P  
220V-Lampe 807 Ohm  
6V-Lampe 7 Ohm  
Gesamtwiderstand: 814 Ohm  
Gesamtstrom: I=U/R=0,27 A  
2. Wie groß sind die Spannungen an den Lampen?  
U=R\*I  
220V-Lampe 218 V  
6V-Lampe 1,9 V  
Ergebnis: Die 220V-Lampe leuchtet normal, die 6V-Lampe nur ganz schwach. Durch sie müßte ein viel größerer Strom fließen, damit sie auch hell leuchtet. (etwa 0,8 A)  
Man kann sagen, dass die 220V-Lampe mit ihrem großen Widerstand die kleine Lampe vor einem zu großen Strom schützt.  
Bei der Berechnung wurde die Temperaturabhänigkeit des Widerstandes der Lampen nicht berücksichtigt.  
  
 54. Auf einen geladenen Probekörper in der Mitte wirken zwei Kräfte, die beide in die gleiche Richtung zeigen.   


|  |  |
| --- | --- |
| Feldstärke | 44,9 N/C |

55. a) C = Q/U

|  |  |
| --- | --- |
| Ladung | 4,43\*10-8 C |

b) E = U/d

|  |  |
| --- | --- |
| Feldstärke | 100 000 V/m |

c) U = konst.

|  |  |
| --- | --- |
| Feldstärke | 666 66 V/m |
| Ladung | 2,95\*10-8 C |

d) Ladungen ändern sich nicht

|  |  |
| --- | --- |
| Feldstärke | 100 000 V/m |
| Spannung | 600 V |

[vollst](vlsgeleh.docx" \l "e55)[ä](vlsgeleh.docx" \l "e55)[ndi](vlsgeleh.docx" \l "e55)[ge Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e55)  
  
56. F = m\*a, F = e\*U/d

|  |  |
| --- | --- |
| Spannung | 5,6\*10-13 V |

57. a) Die Spule stellt im stromdurchflossenen Zustand einen Magneten dar, der die Nadel ablenkt.  
Nadel dreht sich nach links  
b) B = (µ\*N\*I)/l

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I in A | 0 | 0,035 | 0,07 | 0,13 | 0,23 | 0,5 |
| B in T | 0 | 5,5\*10-6 | 1,1\*10-5 | 2\*10-5 | 3,6\*10-5 | 7,9\*10-5 |

d) tan Alpha = BS/BE

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BS in T | 0 | 5,5\*10-6 | 1,1\*10-5 | 2\*10-5 | 3,6\*10-5 | 7,9\*10-5 |
| BE in T |  | 2,05\*10-5 | 1,9\*10-5 | 2\*10-5 | 2,08\*10-5 | 2,1\*10-5 |

|  |  |
| --- | --- |
| Mittelwert | 2,03\*10-5 T |

58. a) U = -dΦ/dt   
dΦ - Änderung des magnetischen Flusses, Φ = A\*B, A - Fläche, B - mag. Flussdichte  
in einem Leiter wird eine Spannung induziert, wenn sich der magnetische Fluss ändert.  
Änderung des mag. Flusses kann sein:  
1. Änderung der mag. Flussdichte  
‚2. Änderung der Fläche des Leiters, die vom Magnetfeld durchsetzt wird.  
b) Trafo: Aufbau: Primärspule, Sekundärspule, Kern  
in der P-Spule fließt ein Wechselstrom -> das Magnetfeld, das die Spule umgibt, ändert sich ständig, es durchdringt die S-Spule -> es wird eine Spannung induziert.  
Generator: Spule dreht sich im Magnetfeld -> A ändert sich ständig -> in der Spule wird eine Spannung induziert.  
c) dA/dt >0  
d)Induktionsgesetz,

|  |  |
| --- | --- |
| Zeit | 0,046 s |
| Flächenänderung | 3,025\*10-3 m² |
| Flussdichte | 0,12 T |

e) Kraft = Lorentzkraft  
im Leiter fließt ein Strom, ist Ursache der Induktion entgegengesetzt => Kraft

|  |  |
| --- | --- |
| Kraft | 7,26\*10-6 N |

f) U=0, weil homogenes Magnetfeld dB und dA = 0  
g) auf geladene Teilchen wirkt die Lorentzkraft  
da unterschiedliche Ladungen => unterschiedliche Richtungen  
=> Ladungen setzen sich auf Platten ab => Spannung  
h) Sind auf den Platten eine bestimmte Anzahl Ladungen, wirken auf die Teilchen abstoßende Kräfte,  
=> nach gewisser Zeit abstoßende Kräfte = Lorentzkraft => Spannung bleibt konstant  
i)F=Q\*V\*B=U/s\*Q

|  |  |
| --- | --- |
| Flussdichte | 0,12 T |

j)

|  |  |
| --- | --- |
| Kapazität | 63,6 pF |
| Fläche | 0,216 m² |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e58)

59. Leerlauf: Am Sekundärkreis ist kein Widerstand angeschlossen: im Sekundärkreis fließt kein Strom,   
Kurzschluss: Die beiden Anschlüsse an der Sekundärspule sind direkt verbunden, im Sekundärkreis ist der Widerstand Null  
normal: An der Sekundärspule ist ein Widerstand angeschlossen, der größer Null ist. Damit wird der Transformator zwischen den beiden anderen Zuständen betrieben.   
  
60. Wirkungsgrad = Leistung im Sekundärkreis / Leistung im Primärkreis  
Messen von U und I in beiden Kreisen unter verschiedenen Belastungen (Sekundärwiderständen)  
  
61. Ansatz: I1 = 2\*I2Daraus wird 2\*Z1 = Z2  
Z = Wurzel(R²+(1/C)²)  
 = 2Pi\*f

|  |  |
| --- | --- |
| Frequenz | 17,9 Hz |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e61)

|  |  |
| --- | --- |
| 62. a) Schaltskizze Versuch: Kondensator aufladen, Kondensator entladen, dabei Zeit laufen lassen, nach bestimmter Zeit die Stromstärke ablesen, Versuch mehrmals mit verschiedenen Zeiten wiederholen. b) Diagramm: exponentielle Abnahme des Stromes c) Stromstärke 1,2 mA d) Zeitkonstante 5 s | lse62 |

63.

|  |  |
| --- | --- |
| Dielektrizitätskonstante | 11 |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e63)

64.

|  |  |
| --- | --- |
| Schaltung: | lse64 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| b) U in V | 0 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| I in mA | 0 | 154 | 234 | 310 | 392 | 468 | 546 |
| U/I |  | 13 | 12,8 | 12,9 | 12,76 | 12,8 | 12,8 |

Der Quotient aus U und I ist konstant, also ist U proportional zu I (Ohmsches Gesetz).   
c) Durch Mittelwertbildung der Quotienten U/I erhält man:

|  |  |
| --- | --- |
| Widerstand | 12,8  |

d)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | l |
| Lösung: |  | | |
| Antwort: | Die Länge des Drahtes beträgt 18 m. | | |

e)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | I |
| Lösung: |  | | |
| Antwort: | Der Strom beträgt 1,56 A. | | |

65. Schaltplan: Reihenschaltung Widerstand, Glühlampe

|  |  |
| --- | --- |
| Widerstand | 28 Ohm |

[Vollstän](vlsgeleh.docx" \l "e65)[dige Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e65)

66.  
Der Widerstand berechnet sich mit:  


|  |  |
| --- | --- |
| Widerstand | 50  |
| Widerstand | 328,6  |

Ursache : Bei einem größeren Strom fließen mehr Elektronen durch den Draht. Dadurch kommt es zu einer Zunahme der Berührungen zwischen Elektronen und Gitterbausteinen des Metalls, die nun stärker schwingen. Nach außen ist das durch eine Temperaturerhöhung erkennbar. Da die Teilchen stärker schwingen, Behindern sie nun aber den Elektronenfluss, so dass der Widerstand des Drahtes steigt.  
  
67. Der Strommesser zeigt einen Strom von 0,66 A an. Durch den Widerstand R2 fließen 0,29 A.  
[voll](vlsgeleh.docx" \l "e67)[stä](vlsgeleh.docx" \l "e67)[ndi](vlsgeleh.docx" \l "e67)[ge Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e67)  
  
68. a) 1. Parallelschaltung von R2 und R3: R23 = 11,1  
2. Reihenschaltung von R1 und R23: R123 = 36,1 

|  |  |
| --- | --- |
| Strom | 0,33 A |

b) Die Spannung an R1 ist 8,25 V, damit ist die Spannung an R2 = 3,75 V

|  |  |
| --- | --- |
| Strom | 0,22 A |

69. Die Glühlampe hat eine Leistung von 1,2 W. Sie verrichtet dabei 8,4 Wh Arbeit.  
[voll](vlsgeleh.docx" \l "e69)[stä](vlsgeleh.docx" \l "e69)[ndige Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e69)  
  
70.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | I |
| Lösung: | Die Leistungen der beiden Geräte addieren sich und ergeben die Gesamtleistung. | | |
| Antwort: | Die Sicherung muss für mindestens 12,2 A ausgelegt sein. Üblich sind aber 16 A, so dass man beide Geräte ohne Probleme betreiben kann. | | |

71.

|  |  |
| --- | --- |
| Strom 1 = Strom 2 | 500 mA |

72. R = U/I, R = spez. Wid. \*l/A

|  |  |
| --- | --- |
| Widerstand | 13,8 Ohm |
| Länge | 5,5 m |

73. der Kunststoff dient als Isolation. Bei Überlandleitungen ist eine Berührung nicht möglich, deshalb benötigt man keine Isolation.   
  
74. a) Die Lamettafäden stoßen sich gegenseitig ab.  
b) Da sie gleichartig geladen sind, wirken zwischen ihnen abstoßende Kräfte.  
c) Die Lamettafäden gehen wieder zusammen.  
d) Schallplatte, Mensch beim Aussteigen aus dem Auto, Mensch auf Fußbodenbelag.  
  
75.

|  |  |
| --- | --- |
| A | S1 unten, S2, S3 egal |
| B | S1 oben, S2 unten, S3 unten |
| C | S1 oben, S2 oben, S3 unten |
| D | Geht nicht |

|  |  |
| --- | --- |
| 76. | lse76 |

77. c ist richtig.  
Höhere Leistung bei gleicher Spannung bedeutet nach P = U\*I und R=U/I eine kleineren Widerstand. Der Gesamtwiderstand der Schaltung wird dadurch kleiner und der Strom wird größer. Über den beiden anderen Lampen fällt eine größere Spannung ab. Damit werden die beiden anderen Lampen heller, können unter Umständen sogar durchbrennen.  
  
78. c ist richtig.  
Die Fernleitung wirkt als Widerstand, an dem eine Spannung abfällt (Verlustspannung) UV = I\*R. Diese Verlustspannung bewirkt eine Verlustleistung PV  = UV \* I . Setzt man die Verlustspannung ein, erhält man eine quadratische Abhängigkeit der Verlustleistung von der Stromstärke. D.h., wird die Stromstärke halbiert, sinkt die Verlustleistung auf ein Viertel des ursprünglichen Wertes.  
Beispiel: Ein E-Werk soll 440 MW Leistung abgeben. Die Verlustleistung im Netz darf aus wirtschaftlichen Gründen 10% nicht übersteigen, also 44 MW.  
Lässt man den Strom bei einer Spannung von 220 V fließen, sind das immerhin 2 Mill. A. Um die 10% Verlust nicht zu überschreiten, darf der Widerstand der Leitung max. R=P/I² =10-5 Ohm betragen. Nimmt man für eine 100 km lange Leitung Kupfer, so muss die Leitung einen Querschnitt von 340 m² haben. Der Durchmesser der Leitung wäre dann 21 m!   
Erhöht man die Spannung auf die üblichen 220 kV, reduziert sich der Strom auf 2 kA und die Leitung darf einen 1 Mill. mal höheren Widerstand haben. Der Querschnitt kann dann auf 3,4 cm² gesenkt werden.  
  
79.

|  |  |
| --- | --- |
| Querschnitt | 2,04 mm² |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e79)  
  
80. Die Ladung ändert sich nicht, da nach dem Abtrennen der Spannungsquelle keine Ladungen transportiert werden.  
Kapazität wird um Faktor 2,1 größer => U wird um Faktor 2,1 kleiner

|  |  |
| --- | --- |
| Spannung | 38,1 V |

81. Der Kondensator muss eine Kapazität von 1100 µF haben.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e81)  
  
82.parallel

|  |  |
| --- | --- |
| Bahnform | geradlinig |
| Bewegung | gleichm. beschleunigt |

Beispiel: Elektronenstrahlröhre  
Die Elektronen durchfliegen den Raum zwischen Kathode und Anode. Sie werden von der Anode angezogen und gewinnen durch die gleichmäßig wirkende Kraft an Geschwindigkeit.  
  
senkrecht

|  |  |
| --- | --- |
| Bahnform | Parabel |
| Bewegung | Gleichm. beschleunigt |

Beispiel: Elektronen zwischen den Ablenkplatten einer Elektronenstrahlröhre im Oszilloskop.  
Auf das Elektron wirkt beim Eintritt eine konstante Kraft senkrecht zur Bewegungsrichtung. Das Elektron führt eine Bewegung ähnlich dem waagerechten Wurf aus.  
  
83. Durch die Spule fließt ein Strom von 44 mA.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e83)

84. Der Kondensator ist mit 2,8 mC geladen.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e84)  
  
85.

|  |  |
| --- | --- |
| Geschwindigkeit | 13,3\*106 m/s |
| Geschwindigkeit | 15,7\*106 m/s |
| Gleichung | F=E\*Q+B\*e\*v |
| elektrische Feldstärke | 159,1\*103 V/m |

[Vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e85)  
  
86. Der Kondensator hat eine Kapazität von 470 nF.  
Die Spannungen an den beiden Bauteilen sind gleich groß und beträgt 30,1 V.

Wir ein Widerstand von 200 Ohm in Reihe geschaltet, sinkt der Strom von 32 mA auf 23 mA  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e86)  
  
87.

**a)**

**b)** Bei den tiefen Frequenzen hat der Kondensator einen sehr großen Widerstand und die Spule praktisch nur ihren ohmschen Widerstand (sehr klein). Der Gesamtwiderstand der Schaltung wird also durch den hohen kapazitiven Widerstand bestimmt.

Bei den hohen Frequenzen lässt der Kondensator den Strom gut durch. Dafür hat nun die Spule einen großen induktiven Widerstand, so dass der Gesamtwiderstand der Schaltung wieder sehr groß ist.

**c)** Der Scheinwiderstand der Schaltung berechnet sich mit



Zu dem ohmschen Widerstand wird der Blindwiderstand addiert. Sind der induktive Widerstand und der kapazitive Widerstand gleich groß, heben sie sich in der Differenz auf und der Wert für den Blindwiderstand ist 0. Damit wirkt nur noch der ohmsche Widerstand.

**d)** Das Minimum des Scheinwiderstandes ist bei 50 Hz erreicht. Bei dieser Frequenz wird der Scheinwiderstand nur noch vom ohmschen Widerstand gebildet.

Der setzt sich aber aus der Reihenschaltung des eingebauten ohmschen Widerstandes und dem ohmschen Widerstand der Spule zusammen.

Da der Scheinwiderstand 50 Ohm und der eingebaute Widerstand 10 Ohm beträgt, muss der ohmsche Widerstand der Spule 40 Ohm groß sein.

e). Bei der Frequenz von 50 Hertz, also dem Minimum des Scheinwiderstandes, sind kapazitiver Widerstand und induktiver Widerstand gleich groß:



Damit kann die Kapazität berechnet werden.



f)



88.Teilströme:

|  |  |
| --- | --- |
| Widerstand | 0,2 A |
| Spule | 0,33 A |
| Kondensator | 0,12 A |
| Gesamtstrom | 0,28 A |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e88)  
  
89. Vorteil: keine Wärmeentwicklung -> hoher Wirkungsgrad

|  |  |
| --- | --- |
| Lampenwiderstand | 63 Ohm |
| Gesamtwiderstand der Schaltung | 2300 Ohm |
| Kapazität | 1,38 µF |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e89)  
  
90. In Wechselstrommotoren wird ein Teil der durch die Leitung transportierten Energie zum Aufbau der Magnetfelder benötigt. Brechen die Magnetfelder beim Wechsel der Stromrichtung wieder zusammen, fließt auf Grund der Selbstinduktion Energie durch die Leitung wieder zurück. Das ist der Blindstrom, der die Leitung zusätzlich belastet. Der Leistungsfaktor gibt an, wieviel Energie zusätzlich transportiert wird, je größer er ist, um so weniger.   
Der parallele Kondensator kann durch einen Ausgleich der Phasenverschiebung diesen Leistungsfaktor steigern, da er eine entgegen gesetzte Phasenverschiebung zu Spule hat. Er kann elektrische Feldenergie aufnehmen, wenn die Spule magnetische abgibt um umgekehrt.

91. Bei Dunkelheit ist die Spannung zwischen Basis und Emitter groß, so dass der Transistor durchsteuert. (die große Spannung liegt immer am großen Teilwiderstand). Fällt Licht auf den Fotowiderstand, verkleinert sich sein Widerstand und damit auch die Spannung zwischen Basis und Emitter, der Transistor sperrt.  
  
92. elektrisches Feld: Kraft auf elektrisch geladene Teilchen als Nachweis,   
Beschreibung: elektrische Feldlinien, Richtung von plus nach minus, Dichte der Feldlinien ist proportional der elektrischen Feldstärke E, keine geschlossenen Feldlinien = haben Anfang (+) und Ende(-)  
magnetisches Feld: Kraft auf andere Magnete als Nachweis (Eisen, Magnete, stromdurchflossene Leitungen)  
Beschreibung: magnetische Feldlinien, Dichte der Feldlinien ist proportional der magnetischen Feldstärke H, Richtung von Nord nach Süd oder bei einem senkrecht stehenden Leiter, in dem der Strom von unten nach oben fließt, entgegen der Uhrzeigerrichtung, keine offenen Feldlinien  
  
93. (nichtrelativistische Betrachtung)  
e\*U = m/s\*v²

|  |  |
| --- | --- |
| Geschwindigkeit | 7,26\*107 m/s |

94. a) Spannung 26,8 V

b) Aus der Gleichung der magnetischen Flussdichte für eine lange Spule kann man entnehmen:  
1. Die Stromstärke kann verdoppelt werden (entspricht einer Spannungsverdopplung, da I~U)

2. Die Windungszahl kann verdoppelt werden.  
3. Die Länge der Spule kann halbiert werden.  
4. In die Spule kann ein Stoff mit µ = 2 eingeführt werden.  
Bei jeder der 4 Möglichkeiten bleiben die anderen Größen konstant.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e94)  
  
95. Strahl darf nicht parallel zu den Feldlinien fliegen,  
Kraft = Lorentzkraft = Produkt aus Ladung der Ionen, Geschwindigkeit, mag. Flussdichte und dem Sinus des Winkels zwischen den beiden letzten Größen.  
  
96. Fadenstrahlrohr: Elektronen werden durch ein senkrecht zur Flugrichtung ausgerichtetes Magnetfeld auf eine Kreisbahn gezwungen.   
Gleichung: e/m=(2\*U)/(B²\*r²)  
U Beschleunigungsspannung  
B magn. Flussdichte des Feldes, das die Elektronen auf die Kreisbahn zwingt, konst.  
r Radius der Kreisbahn der Elektronen  
  
97.

|  |  |
| --- | --- |
| Feldstärke | 11,3\*103 V/m |
| Zeit | 2,5\*10-9 s |

[Vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e97)  
  
98. Da das Magnetfeld senkrecht zur Bewegungsrichtung der Protonen wirkt, werden die Protonen auf eine Kreisbahn gezwungen. Die dafür notwendige Radialkraft wird von der Lorentzkraft aufgebracht.



99. Versuchsanordnung: gekreuzte elektrische und magnetische Felder: Ein elektrisches und ein magnetisches Feld sind so angeordnet, dass die Feldlinien senkrecht aufeinander stehen. Der Ionenstrahl tritt senkrecht zu den Feldlinien ein. Beide Felder üben eine entgegengesetzt gerichtete Kraft aus. Bei Gleichheit der Kräfte fliegen die Ionen ungestört hindurch.  
Geschwindigkeitsgleichung:   
Fel = FmagQE = QvB  
v = E/B  
Gleiche Anordnung kann für positive Teilchen verwendet werden, da die Ladung nicht in der Gleichung vorkommt.  
  
100. Eine Änderung der kinetischen Energie bedeutet, dass sich der Betrag der Geschwindigkeit ändert. Da die Kräfte auf ein geladenes Teilchen in einem homogenen Magnetfeld immer senkrecht zum Geschwindigkeitsvektor stehen, bewirken diese Kräfte nur eine Richtungsänderung, aber keine Geschwindigkeitsänderung. Ein homogenes Magnetfeld kann also die kinetische Energie eines geladenen Teilchens nicht ändern.  
  
  
101. Bedingung: Lorentzkraft = Zentrifugalkraft (= Radialkraft), Geschwindigkeit muss senkrecht zu den magnetischen Feldlinien stehen  
Da die Kraft stets senkrecht zur Flugrichtung wirkt, sie also als Radialkraft wirkt, entsteht eine Kreisbahn.  
Radialkraft = Lorentzkraft  
  
Ist die Geschwindigkeit zu klein, reicht die Lorentzkraft für die Radialkraft nicht mehr aus. Es entsteht eine Parabelbahn.  
  
102. Gewichtskraft = elektrische Kraft des Feldes (Feldstärke)

|  |  |
| --- | --- |
| Ladung | 1,47\*10-15 C |

[Vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e102)  
  
103. Die beiden Widerstände sind gleich.   
[Vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e103)  
  
104. R2/3 = 429 , R4/5 = 600 , R2345 = 250 , Rges = 750 

|  |  |
| --- | --- |
| Stromstärke | 8 mA |

[Vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e104)  
105. R2/3 = 355 , R4/5 = 600 , R2345 = 223 , Rges = 473 

|  |  |
| --- | --- |
| Stromstärke | 0,02 A |

106. Durch den verminderten Druck werden die Ionen und Elektronen eine relativ große Strecke beschleunigt, da sie mit weniger Atomen zusammenstoßen. Dadurch bekommen sie mehr kinetische Energie und können durch Stoßionisation weitere Atome ionisieren.  
  
107. Erst bei hohen Spannungen werden die Ionen und Elektronen so stark beschleunigt, dass sie durch Stoßionisation weitere Atome ionisieren können.  
  
108. Stoff erwärmen und Strom durch den Stoff messen. Wird er größer -> Halbleiter, wird er kleiner -> Metall.  
  
109. Lösung von Zinksalz, Metall hinein, Metall an negativen Pol, Gegenelektrode in Lösung, positive Zinkionen lagern sich am Metall an  
  
110. negative Ladungen (Elektronen) sind freibewegliche Ladungsträger, Halbleiter ist mit höherwertigen Atomen dotiert, Halbleiter ist nach außen neutral  
  
111. siehe entsprechende Physiklehrbücher

112. I = U/R, R ist der kapazitive Widerstand des Kondensators

|  |  |
| --- | --- |
| Strom | 0,022 A |
| Strom | 0,028 A |
| Strom | 0,018 A |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e112)

113. a) Gleichstrom: nur ohmscher Widerstand  
Wechselstrom: ohmscher und induktiver Widerstand, der durch Selbstinduktion in der Spule entsteht  
b)

|  |  |
| --- | --- |
| Induktivität | 1,8 H |

c)

|  |  |
| --- | --- |
| Phasenverschiebung | 84,3° |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e113)  
  
114. Spule = Reihenschaltung ohmscher und induktiver Widerstand  
es werden die Scheinwiderstände Z berechnet und ins Verhältnis gesetzt

|  |  |
| --- | --- |
| a) Verhältnis | 9,5:1 |
| b) Verhältnis | 10:1 |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e114)

115. I=U/Z, Z = 479,7 Ohm

|  |  |
| --- | --- |
| Strom | 41,7 mA |
| Phasenverschiebung | 78° |
| U Widerstand | 4,17 V |
| U Spule | 26,2 V |
| U Kondensator | 6,6 V |

Strom hat ein Maximum, wenn XC = XL

|  |  |
| --- | --- |
| Frequenz | 25,2 Hz |

dann ist Z = R

|  |  |
| --- | --- |
| Strom | 200 mA |
| U Widerstand | 20 V |
| U Spule | 63 V |
| U Kondensator | 63 V |

116. f = 1/(2Pi\*Wurzel(L\*C))

|  |  |
| --- | --- |
| Frequenz | 17,7, Hz |
| Kapazität | 4 µF |

117.

|  |  |
| --- | --- |
| Abfall am Widerstand | 90 V |
| Strom durch Lampe | 0,77 A |
| Leistung im Vorwiderstand | 69 W |

Wieviel kWh kosten 0,30 €? 2 kWh.

|  |  |
| --- | --- |
| Nach | 29 Stunden |

Reihenschaltung ohmscher und kapazitiver Widerstand

|  |  |
| --- | --- |
| ohmscher Widerstand | 286 Ohm |
| Kapazität | 13,8µF |

118. Der parallel geschaltete Kondensator muss eine Kapazität von 35 µF haben.  
[vo](vlsgeleh.docx" \l "e118)[llständige Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e118)  
  
119.

|  |  |
| --- | --- |
| Spannung | 630 V |
| Zeit | 0,305 µs |
| Feldstärke | 12\*103 V/m |
| Geschw. in y | 7,8\*104 m/s |
| Geschwindigkeit | 182\*103 m/s |
| Winkel | 25,6° |

[Vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e119)  
  
120. a) Pro Sekunde werden 37,2 Liter Wasser gehoben. (Und fallen dann nach unten). Die Fallzeit beträgt 0,64 s, das Wasser kommt mit einer Geschwindigkeit von 6,3 m/s unten an.  
b)

|  |  |
| --- | --- |
| Dicke des Drahtes | 2 mm |

c) Heute wird mit einer wesentlich höheren Spannung gearbeitet. Dadurch ist die Stromstärke kleiner. Der Verlust ist proportional zum Quadrat der Stromstärke.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e120)  
  
121. Man werfe den Kerl hinaus.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | 1. Welche Energie (Wärme) ist notwendig, um die angegebene Wassermenge um z.B. 60 K zu erwärmen (von 15°C auf 75°C) ?  2. Welche elektrische Energie kann die Leitung bei maximal 10 A liefern?  Mit dieser Energie kann man die 8l Wasser um gerade 4 K erwärmen. | | |
| Antwort: | Es ist mit den angegebenen Werten nicht möglich, das Wasser in dieser kurzen Zeit zu erwärmen. | | |

122. Strom = gleichförmige Bewegung der freien Elektronen. Durch Strom erwärmt sich der Draht, die Atome schwingen stärker und behindern die Elektronen. Damit steigt der Widerstand beim Betrieb der Lampe.  
I-U-Diagramm: I und U steigen, Anstieg wird aber kleiner, da durch den wachsenden Widerstand der Strom nicht mehr proportional zur Spannung wächst.   
R-U-Diagramm: R und U steigen, Anstieg wird aber größer.  
  
123. **Spule:** Widerstand im Gleich- und Wechselstromkreis messen. Wechselstromwiderstand ist auf Grund der Selbstinduktion größer als der Gleichstromwiderstand.  
**Thermistor:** Spannung erhöhen und den dazugehörigen Strom messen. Der Strom steigt stärker an als die Spannung, da der Heißleiter mit wachsender Stromstärke heißer wird und immer besser leitet. Es werden durch die Erwärmung zusätzliche Ladungsträger frei.  
**Halbleiterdiode:** Strom und Spannung messen, Black-Box umdrehen und noch mal messen. Einmal fließt Strom, das andere Mal keiner. Die Diode lässt den Strom nur in einer Richtung durch.  
  
124. Die Elektronen bewegen sich mit 0,83 mm/s.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e124)  
  
125.

|  |  |
| --- | --- |
| Volumen | 0,6 cm³ |
| Masse | 6,3 g |
| Ladung | 5635 C |
| Zeit | 7040 s |
| Zeit | 1,96 h = 1h 57 min |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e125)  
  
126. 600 Millionen kWh wäre die insgesamt abgebbare Energie, bei einer Leistung von 600 Millionen W wäre diese Energie in 1000 h = 42 Tage verbraucht. Der Fehler steckt bei der Tagesschau.

127.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) Elektrischer Strom sind fließende elektrische Ladungen. Die Stromstärke ist die Anzahl der Ladungen, die pro Sekunde durch den Querschnitt des Leiters fließen. 75 Ah bedeutet also 75 C/s in einer Stunde. Das sind dann   b)   c) Das Aufladen der Batterie kostet 0,09 €. | | |

128.

|  |  |
| --- | --- |
| Zeit | 116 s = 1min 56s |

[Vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e128)  
  
129

|  |  |
| --- | --- |
| Widerstand des Drahtes | 1\*10-4 Ohm |
| Teilströme verhalten sich wie | 107 :1 |
| Strom durch den Vogel | 0,1 mA |
| Spannung zwischen den Beinen | 0,1 V |

130.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Gesamtwiderstand | Stromstärke |
| Reihenschaltung  lse130_1 |  |  |
| Parallelschaltung  lse130_2 |  |  |
| zwei parallel, einer in Reihe dazu  lse130_3 | Die beiden parallelen Widerstände stellen zusammen einen 1 Ohm Widerstand dar. Dazu ist in Reihe der 2 Ohm Widerstand geschaltet. Das sind zusammen 3 Ohm. |  |
| zwei in Reihe, einer parallel dazu  lse130_4 | Die beiden in Reihe stellen einen 4 Ohm Widerstand dar. Dazu 2 Ohm parallel: |  |

131. kin. Energie des Elektrons = elektrische Energie des Feldes

|  |  |
| --- | --- |
| Spannung | 1137 V |
| Zeit | 1\*10-9 s |

[Vollständige Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e131)  
  
132.a)

|  |  |
| --- | --- |
| Spannungsbereich | -142V bis 142V |

b)

|  |  |
| --- | --- |
| Geschwindigkeit | 2,1\*106m/s |

c)

|  |  |
| --- | --- |
| Winkel | 6° |

d) Die Geschwindigkeit aus b) steht senkrecht zu den mag. Feldlinien. Damit zwingt die Lorentzkraft die Elektronen auf eine Kreisbahn, deren Ebene senkrecht zu B steht. v0 bewirkt eine Bewegung entlang der Feldlinien => die Elektronen schrauben weiter.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e132)  
  
133. siehe Physik-Lehrbuch  
  
134. a) Die Leuchtstärke bleibt konstant, da der Ohmsche Widerstand von der Frequenz unabhängig ist.  
b) Die Lampe leuchtet immer heller, bis sie eventuell durchbrennt. Der Scheinwiderstand des Kondensators ist umgekehrt proportional zur Frequenz.  
c) Die Lampe leuchtet immer schwächer. Der Scheinwiderstand der Spule ist proportional zur Frequenz.  
d) Die Leuchtstärke nimmt ab. In der Umgebung der Resonanzfrequenz verlöscht die Lampe ganz. Danach leuchtet sie wieder mit zunehmender Helligkeit.  
  
135.

|  |  |
| --- | --- |
| Scheitelspannung | 325 V |

136. Der Kondensator muss eine Kapazität von 2,33 µF haben. Der Lötkolben setzt jetzt eine Leistung von 19,2 W um.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e136)

137.

|  |  |
| --- | --- |
| Spannung | 4000 V |

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e137)

138.

[Messwerte und Diagramm](e138.xls)

Achseneinteilung: logarithmische Einteilung  
  
139. Wechselstromwiderstände:

|  |  |
| --- | --- |
| Kondensator | 265  |
| Spule | 94  |

Scheinwiderstand der Reihenschaltung

|  |  |
| --- | --- |
| Impedanz | 263  |
| Gesamtstrom | 38 mA |

|  |  |
| --- | --- |
| Teilspannungen Widerstand | 7,6 V |
| Kondensator | 10,07 V |
| Spule | 3,57 V |
| Phasenwinkel | - 40° |

140. Ursache: Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung, Spannung eilt durch die Selbstinduktion in der Spule dem Strom voraus  
Das bewirkt, das ein Teil der Energie aus der Spule in die Spannungsquelle zurückfließt. Die gesamte, hin und her transportierte Leistung ist die Scheinleistung. Sie berechnet sich aus den Messwerten von Strom und Spannung.  
Die Spule selbst leistet weniger, nämlich nur die Wirkleistung. Sie ist um so kleiner, je größer der Phasenwinkel ist. Bei der idealen Spule ist dieser 90° groß und die Spule leistet gar nichts.  
  
141.

|  |  |
| --- | --- |
| hintereinander | 3V, die Spannungen addieren sich |
| gegeneinander | 0V, die Spannungen subtrahieren sich |
| parallel | 1,5V, die Spannung ändert sich nicht, dafür kann ein höherer Strom entnommen werden |

142.

|  |  |
| --- | --- |
| Gesamtspannung | 4,5V |

Durch die Parallelschaltung steigt die Lebensdauer der Batterien, da jede Reihe zum Gesamtstrom nur die Hälfte liefern muss.  
  
143. Im normalen Betrieb fließen durch den Staubsauger 5,2 A. Bei einem Kurzschluss fließen 153 A. Da die Sicherung nur einen Strom von maximal 16 A zulässt, brennt sie zum Glück durch. Ansonsten könnte die bei diesem Strom entstehende Wärme schnell zu einem Brand führen.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e143)  
  
144.Spannungsmessung: Der Vorwiderstand wird in Reihe zum Messwerk geschaltet. Über das Messwerk fallen 3,3 V ab, damit müssen über den Vorwiderstand 996,7 V abfallen. Bei einem Strom von 100 mA ergibt das einen Widerstand von 9967 Ohm.  
Strommessung: Der Vorwiderstand wird parallel zum Messwerk geschaltet. Durch den Vorwiderstand muss bei einer Spannung von 3,3 V ein Strom von 9,9 A fließen. Der Widerstand ist 0,33 Ohm groß.  
  
145.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  | |
| Lösung: | Es liegt eine Reihenschaltung von zwei Widerständen vor: die Batterie mit dem bekannten Innenwiderstand und der Anlasser des Autos. Der Anlasser hat einen im Vergleich zur Batterie großen Widerstand, damit fällt über ihm die größte Spannung ab.  Die Klemmenspannung ist die Quellenspannung minus der Spannung, die über der Batterie abfällt.  Man sieht: je kleiner der Innenwiderstand der Batterie, um so größer wird die Klemmenspannung. | | | e145 |
| Antwort: | Die Klemmenspannung beträgt 6 V. | | | |

146. Die fließenden Ströme betragen bei  
Parallelschaltung mit Außenwiderstand 0,15 A  
Parallelschaltung und Kurzschluss 15 A  
Reihenschaltung mit Außenwiderstand 0,52 A  
Reihenschaltung und Kurzschluss 3,75 A   
[Vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e146)  
  
147.

|  |  |
| --- | --- |
| Kurzschlussstrom | 1200 A |

148. Beim Annähern der positiven Kugel werden durch Influenz die Ladungen auf der ungeladenen Kugel K getrennt. Da sich ungleichnamige Ladungen anziehen und gleichnamige abstoßen, sammeln sich die Elektronen auf der Kugel K gegenüber der angenäherten positiven Kugel an, während sich die positiven Ladungen auf der abgewandten Seite sammeln.   
Glimmlampen leuchten stets an der Kathode, also muss die Glimmlampe auf der von K abgewandten Seite aufleuchten.  
  
149. Al: p-Leiter, P: n-Leiter  
  
150. IE = IC + IB151. Es gilt das Induktionsgesetz U = -N d(Phi)/dt  
d(Phi) = dA\*dB  
B = konst.  
U = -NBdA/dt  
A ändert sich periodisch, die projizierte Fläche ergibt sich aus A\*cos(Alpha), Alpha = Drehwinkel  
U=-NBAd(cos(Alpha))/dt  
Alpha = Winkelgeschwindigkeit  \* t  
U = -NBAd(cos( \*t))/dt  
differenziert liefert das  
U = -NBA sin( \*t) = Wechselspannung.  
  
152. Der ohmsche Widerstand der Spule beträgt 6,8 Ohm, der induktive 33,1 Ohm. Die Phasenverschiebung ist 78,6° und die Wirkleistung 309 W.   
Damit die Phasenverschiebung auf 50° zurückgeht, muss ein Kondensator mit 124 µF in Reihe geschaltet werden.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e152)  
  
153. B einer Spule ist proportional zu I  
I ändert sich ständig => B ändert sich ständig => Induktionsspannung  
Erwünscht: z.B. Starten von Leuchtstofflampen  
Störend: Ausschaltvorgänge = Abrissfunken an Schaltern  
  
154. a) Parallelschaltung von 2 100 Ω-Widerständen: Gesamtwiderstand = 50 Ω, Gesamtstrom = 0,2 A,  
Teilströme = 0,1 A, Spannung an einem Widerstand = 10 V  
b) Ergebnisse wie bei a), da der Widerstand R3 durch den Schalter S2 kurzgeschlossen wird und keine Wirkung hat.  
c) Gesamtwiderstand = 150 Ω, Gesamtstrom = 67 mA, Teilströme: I1 = I2 = I3/2 = 33 mA, I3 = 67 mA, Spannungen an den Widerständen: U1 = U2 = 50Ω \* 67 mA = 3,35 V, U3 = 100Ω \* 67 mA = 6,7 V   
  
155.

|  |  |
| --- | --- |
| Widerstand | Kombination |
| 1Ω | Parallelschaltung 2 \* 2Ω |
| 2Ω | Einzelwiderstand 2Ω |
| 3Ω | Parallelschaltung 2 \* 2Ω in Reihe mit einem 1 Einzelwiderstand 2Ω |
| 4Ω | Reihenschaltung 2 \* 2Ω |
| 5Ω | Reihenschaltung 2 \* 2Ω in Reihe mit Parallelschaltung 2 \* 2Ω |
| 6Ω | Reihenschaltung 3 \* 2Ω |
| 7Ω | Reihenschaltung 3 \* 2Ω in Reihe mit Parallelschaltung 2 \* 2Ω |
| 8Ω | Reihenschaltung 4 \* 2Ω |
| 9Ω | geht nicht mit nur 5 Widerständen |
| 10Ω | Reihenschaltung 5 \* 2Ω |

156. Aufbau: Reihenschaltung von Spule und Kondensator  
Wirkungsweise: der aufgeladene Kondensator enthält sich über die Spule, elektrische Energie -> Magnetfeldenergie, durch Selbstinduktion in der Spule fließt bei entladenem Kondensator der Strom weiter und lädt den Kondensator in entgegen gesetzter Richtung auf, Magnetfeldenergie -> elektrische Energie  
gleichzeitig wird Wärmeenergie frei, so dass eine gedämpfte Schwingung auftritt  
  
157. Widerstand im Gleichstromkreis: sehr hoch  
Widerstand im Wechselstromkreis: geringer  
Erklärung: durch die Wechselspannung wird der Kondensator ständig umgeladen, der Ladungstransport in den Leitungen ist als elektrischer Strom messbar, je größer dieser Strom ist, um so kleiner ist der scheinbare Widerstand  
Kapazität wird größer -> es können mehr Ladungen auf den Kondensator gebracht werden -> größerer Strom -> kleinerer Widerstand  
  
158. geladenen Probekörper in das Feld hängen, über die Auslenkung bestimmt man die Kraft F, die auf den Probekörper wirkt, Ladung Q des Probekörpers muss bekannt sein -> E = F/Q  
  
159. Primärwindung << Sekundärwindung, damit wird in der Sekundärwindung eine sehr große Spannung erzeugt. Für die Bildröhre ist nur ein relativ kleiner Strom notwendig, deshalb stört die Verkleinerung der möglichen Stromstärke nicht.  
  
160. Wirkleistung = 450 W  
Scheinleistung = =583 W  
Leistungsfaktor cos ϕ = 0,77  
Phasenwinkel ϕ= 39,5°  
Blindleistung = 370,7 W

[volls](vlsgeleh.docx" \l "e160)[tän](vlsgeleh.docx" \l "e160)[dige Lö](vlsgeleh.docx" \l "e160)[sung](vlsgeleh.docx" \l "e160)  
161. a) Widerstand = 2,24 Ω  
b) Reihenschaltung von Klingel und Draht als Widerstand, Gesamtwiderstand = 12,24 Ω  
Gesamtstrom = 0,49 A  
Spannung am Draht = 1,1 V  
Spannung an der Klingel = 4,9 V  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e161)  
  
162. Widerstand Alu = 5,6 Ω  
Widerstand Kupfer = 3,4 Ω  
Änderung 2,2 Ω  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e162)  
  
163. a) Strom durch die Lampe = Strom durch Vorwiderstand = 2,5 A  
Spannung am Vorwiderstand = 9 V  
Vorwiderstand = 3,6 Ω  
b) Leistung am Vorwiderstand = 22,5 W

|  |  |
| --- | --- |
| 164. Kreuzschalter: wenn 1 zu 4 und 2 zu 3 führt, sind nach dem Schalten die Verbindungen 1 zu 3 und 2 zu 4 gültig. Die Leitungen werden also über Kreuz verbunden. | lse164 |

165. D +, A = B, A ≠ C, C = D => C +, A -, B -  
  
166. a) Kapazität: 1,2 pF  
b)1. Abstand der Platten verkleinern  
2. Dielektrikum einführen  
3. Platten aufrauen -> größere Oberfläche  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e166)

167. a) Durch die Wechselspannung wird die Ladung der Platten ständig geändert. Das heißt, es müssen Ladungen auf die Platten rauf und runter transportiert werden. Diesen Ladungstransport misst man als Strom.  
b) Die Stromstärke wird größer, da mehr Ladungen transportiert werden müssen.  
  
168.a) Gesamtkapazität = 1/3 der Einzelkapazität  
b) Gesamtkapazität = 3 \* Einzelkapazität.  
  
169. Da beide Lampen gleich sind, fließt durch beide Lampen auch der gleiche Strom (Parallelschaltung). Die beiden Strommesser zeigen jeweils den Gesamtstrom von 500 mA an.  
  
170. Die Glühlampe ist parallel zu der darüberliegenden Lampe geschaltet. Damit liegt an ihr die gleiche Spannung an.  
Spannung 3 V  
  
171. d = 20 m   
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e171)  
  
172. a)  
b) Energie = 0,045 J  
Stromstärke = 0,3 A  
c) Periodendauer = 12,4 ms

Spannung am Kondensator zu 4 ms = -66 V  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e172)  
  
173. a)Mit I=U/R erhält man einen Anfangsstrom von 3,4 mA.  
b) [Excel-Diagramm](e178.xls)  
Die Ladung ist das Produkt aus Stromstärke und Zeit. Da sich die Stromstärke ändert, muß die Fläche unter der Kurve berechnet werden. Dazu kann man den grafischen Taschenrechner zu Hilfe nehmen. Es lässt sich die Kurve auch zeichnen und die Fläche auszählen.   
Q = 14,84 \* 10-3 C.  
Mit C = Q/U erhält man als Kapazität C = 82 µF.

174. b ist richtig. A   
Die Gruppenschaltung aus den 4 gleichartigen Widerständen im oberen Stromzweig hat den Ersatzwiderstand einer Lampe. Insofern sind die beiden Parallelzweige elektrisch gleichartig, d.h. der elektrische Strom durch Lampe A ist genauso groß wie jener durch Lampe B. Das bedeutet, dass die umgesetzte Leistung in Lampe A gleich ist jener in Lampe B (P = I\*I\*R). Somit leuchten die beiden Lampen A und B gleich hell.

175. Die Ladung einer Kugel beträgt 5,91 ⋅ 10-9 C.

[vollständi](vlsgeleh.docx" \l "e175)[ge Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e175)

176. Die Schaltung muss in einzelne, berechenbare Teile zerlegt und dafür die Ersatzwiderstände berechnet werden.

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Reihenschaltung der drei hinteren Widerstände lse176_1 | 2. Parallelschaltung lse176_2 |
| 3. Reihenschaltung lse176_3 | 4. Parallelschaltung lse176_4 |

177. Die Lorentzkraft wird der Radialkraft gleichgesetzt und nach r umgestellt. Die Geschwindigkeit der Teilchen erhält man aus deren Masse und kinetischer Energie. r = 0,29 m  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e177)

178. Die spezifische Ladung für das Elektron beträgt 1,8 \* 1011 C/kg.  
Das Elektron fliegt mit einer Geschwindigkeit von 7,35\*106 m/s und benötigt 4,10 \*10-8 s für einen Umlauf.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e178)  
  
179.   
Mit dem Coulombschen Gesetz und dem Hookschen Gesetz erhält man eine Ladung für eine Punktmasse von 2,36 nC. Die andere Punktmasse hat die gleiche Ladung.  
  
[vollständi](vlsgeleh.docx" \l "e179)[ge](vlsgeleh.docx" \l "e179)[Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e179)  
  
180. Mit dem Coulombschen Gesetz erhält man einen Faktor von 64:  
  
  
181. Nach der Berührung besitzt jede Kugel eine Ladung von 50 nC. Damit ergibt sich eine Kraft von 2,25 \* 10-3 N.  
  
182. Beschreibung: Die Kugeln hängen zusammen, der PVC-Stab wird angenähert, ohne die Kugeln zu berühren. Durch die Influenz werden die Ladungen verschoben -> eine Kugel ist positiv, die andere ist negativ. Die Kugeln werden getrennt -> Kugeln sind geladen.  
  
183. An den Ablenkkondensator darf eine Spannung von maximal 10,6 V angeschlossen werden.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e183)  
  
184. Da das Teilchen auf einer Kreisbahn fliegt, sind die Radialkraft und die Lorentzkraft gleich groß:   
Stellt man diese Gleichung nach v und setzt in die Gleichung der kinetischen Energie ein, erhält man:  


185. Bei einer Spannung von 230 V und einem Widerstand von 10  würde nach I=U/R ein Gleichstrom von 230 V / 10  = 23 A fließen. Damit würde die Spule durchbrennen. Im Wechselstromkreis kommt aber zum Gleichstromwiderstand zusätzlich noch der Wechselstromwiderstand dazu (Selbstinduktion), so dass der fließende Strom deutlich kleiner wird.  
Wechselstromwiderstand: Der fließende Strom ist ein Wechselstrom. Dadurch wechselt ständig die Polung des Magnetfeldes der Spule. Sie befindet sich also in ihrem eigenen veränderlichen Magnetfeld und induziert selbst eine Spannung. Diese Spannung ist so gerichtet, dass sie der Ursache der Induktion, dem fließenden Wechselstrom, entgegenwirkt (Lenzsche Regel). Dadurch ist der Wechselstrom immer kleiner als der Gleichstrom.  
  
186. d) ist richtig. I1 wird größer, I2 wird kleiner.

Wird der Eisenkern geöffnet, sinkt der Wechselstromwiderstand und damit wird der Strom im Primärkreis größer. Da damit die magnetische Kopplung zur Sekundärspule kleiner wird, sinkt die Stromstärke im Sekundärkreis.  
  
187. Wirkungsgrad = 0,83.  
[Vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e187)   
  
188. a) Die Effektivstromstärke beträgt 0,26 A.   
b) Der Phasenwinkel beträgt +80,2°.  
c) Die Wirkleistung hat einen Wert von 9,8 W.  
d) Es wird eine Wärme von 588 J abgegeben.   
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e188)

189. 1. Wie groß ist der Widerstand bei geöffnetem Schalter? R1 und R2 sind in Reihe, als 2 R. R3 und R4 bilden zusammen ebenfalls 2R, also ergeben die oberen 4 Widerstände zusammen R. Der ist zu R5 parallel geschaltet, so dass zusammen ein Widerstand von 0,5 R herauskommt.  
 Wird der Schalter geschlossen, sind R1 und R3 parallel verknüpft. Damit bilden Sie einen Widerstand von 0,5 R. Das selbe passiert bei R2 und R4. Diese beiden Parallelschaltungen sind in Reihe geschaltet, so dass die oberen vier Widerstände zusammen R ergeben. Dazu wird R5 parallel geschaltet und der Gesamtwiderstand beträgt wieder 0,5 R.   
  
190. Über dem Kondensator liegt eine Spannung von 50,4 V an.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e190)  
  
191. Die Spannung beträgt 168,3 V.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e191)  
  
192. a) Die Schaltung ist ein Hochpass. Die Spule hat für niedrige Frequenzen einen kleinen Widerstand. Damit fällt die meiste Spannung am Widerstand ab. Für hohe Frequenzen ist der Spulenwiderstand groß, es fällt eine große Spannung ab.

Oder: Die Spule sperrt für hohe Frequenzen den Strom zurück zur Quelle.  
b) Die Schaltung stellt eine Reihenschaltung von R und L dar. Der Strom ist an allen Stellen gleich, die Spannungen müssen vektoriell addiert werden. Der Phasenwinkel zwischen Eingangsspannung (Gesamtspannung) und Ausgangsspannung (Spannung über der Spule) ist genau dann 45°, wenn beide Bauteile den gleichen Wechselstromwiderstand haben.  
  
  
  
193. Lösung: a ist richtig.  
Durch Influenz werden die negativen Ladungsträger aus dem Anschluss des Elektrometers ins Innere gedrängt. Dort kompensieren sie die positiven Ladungen (Elektronenmangel) und die abstoßenden Kräfte werden kleiner.  
  
194. c) ist richtig.  
Infolge der großen Feldstärke an der Spitze treten Elektronen aus, die als elektrischer Wind Moleküle aus der Luft ionisieren. Diese jetzt negativen Ionen werden von der Spitze abgestoßen und blasen die Kerzenflamme von der Nadel weg.  
  
195. a) ist richtig, s wird kleiner.

Eine Erhöhung der Beschleunigungsspannung führt zu einer Vergrößerung der Geschwindigkeit der Elektronen.

Die Ablenkung der Elektronen durch den Magneten erfolgt durch die Lorentzkraft, deren Betrag sich aus F = e\*v\*B ergibt. Damit wirkt auf schnellere Elektronen eine größere Kraft. Die Lorentzkraft wirkt senkrecht zur Flugrichtung der Elektronen, sie zwingt sie als Radialkraft auf eine Kreisbahn. Für die Beträge gilt: Lorentzkraft = Radialkraft, e\*v\*B = m\*v²/r und nach r umgestellt r= m\*v/e\*B.

Eine größere Geschwindigkeit entspricht bei sonst konstanten Größen einem größeren Radius, d.h. einer geringeren Ablenkung.

196. Zu Beginn ist der Ball neutral und die Platten entgegengesetzt geladen. Im Ball werden Ladungen verschoben (Influenz), so dass auf ihn schon Kräfte wirken, diese sind aber entgegengesetzt gleich groß und heben sich auf. Der Ball bleibt ruhig hängen.  
Wird der Ball z.B. mit der negativen Platte in Berührung gebracht, übernimmt er einen Teil der überschüssigen Elektronen. Damit wirken auf ihn aber von dieser Platte aus abstoßende Kräfte und von der anderen Platte anziehende Kräfte. Er bewegt sich also zur gegenüberliegenden Platte.   
Dort übergibt er seine überschüssigen Elektronen und schwächt damit die positive Ladung der Platte. Danach übergibt er weitere Elektronen und wird selbst positiv. Da die Platte positiv geladen ist, wird er von dieser abgestoßen und von der anderen angezogen. Er fliegt demnach wieder zurück.   
An der negativen Platte angekommen, füllt er zu erst seinen Elektronenmangel auf und nimmt dann noch weitere Elektronen auf. Er wird wieder negativ und fliegt zur positiven Platte.  
Der Tischtennisball transportiert bei diesem Versuch Elektronen von der negativen zur positiven Platte. Dadurch werden die Ladungen der Platten ausgeglichen. Nach einer gewissen Zeit sind die Kräfte auf den Ball zu schwach, um ihn noch zu bewegen, das Experiment kommt zum Stillstand.  
  
197.

|  |
| --- |
| lse197 |
| Bild1: Das Elektroskop ist neutral, die Anzahl der positiven und negativen Ladungsträger ist gleich. Bild2: Durch Influenz werden die Ladungsträger im Elektroskop getrennt, die Elektronen werden durch Abstoßung nach unten gedrängt, oben herrscht Elektronenmangel. Bild 3: Durch Berührung fließen die Elektronen ab.  Bild 4: Im unteren Bereich des Elektroskopes ist die Anzahl der positiven und negativen Ladungsträger wieder gleich: neutral. Bild 5: Die Elektronen aus dem unteren Bereich fließen in den oberen Bereich. Da durch die Hand Elektronen entnommen wurden, reicht es nicht aus, das gesamte Elektroskop neutral zu machen. Das Elektroskop ist positiv geladen. |

198. Diese Schaltung ist eine Selbsthalteschaltung. Wird der Taster im Steuerstromkreis geschlossen, schließen die beiden Kontakte des Relais, die Glühlampe leuchtet. Beim Öffnen des Tasters überbrückt der eine Kontakt diesen und das Relais hält weiterhin. Die Schaltung merkt sich also das Schließen des Tasters auch über diesen Vorgang hinaus (Speicherwirkung). Gelöscht werden kann der Speicher nur durch Unterbrechen der Stromzufuhr in Steuerstromkreis.  
  
199. Mit dieser Schaltung lässt sich die Drehrichtung des Motors mit einem Tastendruck umdrehen. Durch die Relaiskontakte wird die Richtung des Stromes durch den Motor umgekehrt.  
  
200.

|  |  |
| --- | --- |
| Der Motor kann auch in Reihe zur Lampe geschaltet werden. | e200 |

201.   
1. Große Windungszahl  
2. Kurze Baulänge  
3. Eisenkern  
4. Dicker Draht -> großer Strom  
  
202. Der Stator besteht aus zwei Elektromagneten, die durch den Kommutator nicht umgepolt werden. Damit stellt die eine Spule dauerhaft einen Nordpol und die andere einen Südpol dar.  
  
203.   
Jeder Versuch muss gewährleisten, dass die rechte Spule ein sich änderndes Magnetfeld spürt. Nur dann wird in ihr eine Spannung induziert.  
1. Der Schalter wird geschlossen und geöffnet. Beim Schalten wird eine Spannung induziert, da das Magnetfeld von Null auf einen Maximalwert ansteigt und beim Ausschalten wieder abfällt.  
  
2. Am Potentiometer wird gedreht. Dabei ändert sich der Strom durch die linke Spule und das Magnetfeld ändert seine Größe. Beim Drehen wird eine Spannung induziert.  
  
3. Die linke oder die rechte Spule werden bewegt. Dabei verändert sich der Abstand beider Spulen und die rechte Spule spürt ein wachsendes oder abnehmendes Magnetfeld. Dabei wird Spannung induziert.  
  
204.   
a) Die Induktionsspule erzeugt ein sich ständig änderndes Magnetfeld. Dadurch wird im Topfboden eine Spannung induziert, die Wirbelströme hervorruft. Diese Ströme erwärmen den Topfboden und damit den Inhalt des Topfes.  
b) In z.B, Glastöpfen würde keine Spannung induziert werden, also kein Strom fließen und es erwärmt sich nichts.  
c) Die Energie wird direkt auf den Topf übertragen. Es muss sich nichts zusätzlich erwärmen (Heizplatte, Keramikfeld). Damit erzielt man einen höheren Wirkungsgrad.  
Befindet sich kein Metalltopf auf dem Herd, wird auch nichts erwärmt. Damit ist eine solche Platte relativ sicher.  
d) Die Induktionsspanung ist umso höher, je schneller sich das Magnetfeld ändert. Mit steigender Frequenz arbeitet ein Induktionsherd also effektiver und benötigt relativ wenig Materialeinsatz. Z.B. kann bei einer solch hohen Frequenz auf den Eisenkern zur magnetischen Kopplung verzichtet werden.  
  
205.   
Die Schaltung stellt eine Spule dar, durch die ein Strom fließt. Fährt ein Auto über die Spule, wirkt das Eisen des Autos auf die Spule verstärkend. Dadurch ändert sich das Magnetfeld der Spule und es kommt zur Selbstinduktion, in der Spule wird also eine zusätzliche Spannung erzeugt. Damit ändert sich aber auch die Stromstärke, was registriert werden kann.  
  
206.   
a) hohe Spannung: die Sekundärspule muss deutlich mehr Windungen haben als die Primärspule  
hohe Stromstärke: die Sekundärspule muss deutlich weniger Windungen haben als die Primärspule  
  
b) Nach a) kann ein Trafo entweder nur für hohe Spannungen oder nur für hohe Stromstärken gebaut werden, da sich beide Typen von Trafos grundsätzlich in ihrem Verhältnis der Windungszahlen unterscheiden.  
  
Der Energieerhaltungssatz erlaubt keinen Trafo, der beiden Anforderungen gerecht wird. Ein Trafo hat zwei Spulen, an denen Spannung und Strom gemessen werden kann. Damit läßt sich eine Eingangsleistung P1 und eine Ausgangsleistung P2 bestimmen. Es kann nur gelten: P1 > P2, da im Transformator auch Leistung in Wärme umgesetzt wird.  
Hohe Spannung bedeutet nun, dass die Ausgangsspannung deutlich höher ist als die Eingangsspannung. Da sich die Leistung nach P=U\*I berechnet, kann damit aber der Ausgangsstrom nur deutlich unter dem Eingangsstrom liegen, sonst würde der Energieerhaltungssatz verletzt.   
Das bedeutet, man kann am Ausgang keine Last anschließen, die einen hohen Strom zieht, also einen kleinen Widerstand hat. Die Ausgangsspannung würde sofort absinken und damit wäre der Zweck dieses Trafos nicht erfüllt.  
Hohe Stromstärke bedeutet, dass im Ausgangskreis deutlich mehr Strom fließen kann als im Eingangskreis. Damit muss die Ausgangsspannung deutlich unter der Eingangsspannung liegen. Man kann also an einem solchen Trafo auch einen sehr kleinen Widerstand anschließen und einen hohen Strom durch diesen hindurchfließen lassen.  
  
  
207.   
erwünscht: Tacho, durch einen rotierenden Magneten werden in einer Scheibe Wirbelströme erzeugt, die die Scheibe in Drehung versetzen. Eine Feder verhindert, dass die Scheibe rotiert.  
unerwünscht: Trafo, Wirbelströme würden im Eisenkern des Trafos Wärme erzeugen, was den Wirkungsgrad herabsetzt. Deshalb sind Trafokerne ausdünnen, voneinander isolierten Blechen hergestellt. In diesen Blechen können nur noch schwache Wirbelströme fließen.

208.   
a) elektrische Energie -> magnetische Energie -> Bewegungsenergie + Wärmeenergie  
b) Bewegungsenergie -> elektrische Energie + Wärmeenergie  
c) elektrische Energie -> magnetische Energie -> elektrische Energie + Wärmeenergie  
  
209.   
Das Verhältnis von Ausgangsleistung und Eingangsleistung beträgt 0,99. Das heißt, es wird fast die gesamte Energie, die in den Trafo hineingeht auch wieder als elektrische Energie herausgelassen. Nur 1 % der Energie wird in Wärme umgewandelt. Das ist ein verdammt guter Wert.  
  
210.   
a) Der Schweißtrafo hat eine große Primärwicklung und eine kleine Sekundärwicklung. Die Leistungen in beiden Wicklungen sind nach dem Energieerhaltungssatz ungefähr gleich. Damit wird im Sekundärkreis eine kleine Spannung erzeugt, die aber einen großen Strom fließen lassen kann.  
Im Primärkreis ist eine hohe Spannung vorhanden, es fließt aber durch den großen Widerstand der Spule (hohe Windungszahl) nur ein relativ kleiner Strom.  
Also: Primärseite große Spannung und kleiner Strom, Sekundärseite kleine Spannung und großer Strom.  
  
b) In Sekundärkreis fließt ein Strom von 12,1 A.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e210)

211.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | v |
| Lösung: | a) Die Masse eines Heliumkern ist die Masse eines Heliumatoms (4u) minus der Masse von zwei Elektronen. Die Energie des Heliumkernes entspricht seiner kinetischen Energie.  b) Nach de Broglie kann man jeden bewegten Teilchen eine Wellenlänge zuordnen:  Das entspricht einer Wellenlänge im Gamma-Bereich. | | |
| Antwort: | Die Geschwindigkeit der Heliumkerne beträgt etwa 47 Mill. Kilometer pro Stunde. Die entsprechende de-Broglie-Welle hat eine Länge von 7,67⋅10-15 m. | | |

212.   
Galvanisieren mit Hilfe der Elektrolyse: Das zu beschichtende Werkstück wird als negative Elektrode in einen Elektrolyten gebracht, der das abzuscheidende Chrom in Form eines gelösten Chromsalzes enthält. Das Salz hat sich durch Dissoziation in positive Metallionen und negative Salzbildner-Ionen geteilt. Die Metallionen wandern zu der negativen Elektrode, nehmen Elektronen auf, bis sie neutral sind und lagern sich an der Oberfläche ab.  
  
213.   
Durch die Energie von Licht können aus einer Metalloberfläche Elektronen herausgelöst werden.  
Ist diese Elektrode mit dem negativen Pol einer Spannungsquelle verbunden, werden die heraus gelösten Elektronen abgestoßen. Fängt man sie an einer zweiten Elektrode auf, die mit dem positiven Pol verbunden ist, kann man einen Strom messen, der von der Intensität des einfallenden Lichtes abhängig ist.  
Eine Anwendung dieser Fotozelle ist z.B. das Lichttonverfahren beim Kino.  
  
214. Gemeinsamkeiten: Ein Stromfluss ist nur möglich, wenn freibewegliche Ladungsträger erzeugt werden.  
Unterschiede:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Gase | Flüssigkeiten |
| freibewegliche Ladungsträger | positive Ionen und Elektronen | positive und negative Ionen |
| Ladungsträgererzeugung | Ionisation  1. Energiezufuhr in Form von Wärme oder radioaktiver Strahlung 2. Stoßionisation durch schnelle Ionen und Elektronen, die in einem elektrischen Feld beschleunigt wurden. | Dissoziation  In Lösungen oder Schmelzen von Salzen, in Säuren und Basen liegen Ionen vor. |

215. 29 V  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e215)  
  
216. Ein Dauermagnet besteht aus Elementarmagneten, die alle gleich ausgerichtet sind. Mit der Zeit ändern diese Magnete ihre Richtung und tragen nicht mehr zum Gesamtmagnetfeld bei, schwächen es sogar.  
Man kann das Magnetfeld durch ein starkes, äußeres Magnetfeld wieder verstärken, da dadurch die Elementarmagnete wieder ausgerichtet werden und diese Ausrichtung auch beibehalten.  
  
217.   
a) E = 9,1\*102 V/m  
  
b) B = 0,64 mT  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e217)  
  
218. Die Teilchen fliegen mit einer Geschwindigkeit von 14,5 \* 106 m/s. Ihre kinetische Energie beträgt 4,4 MeV.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e218)  
  
219.   
Die Spannung beträgt 40µV.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e219)  
  
220. a) Die Ionen verlassen mit 43,4 km/s die Sonde.   
b) Auf die Ionen wirkt eine Kraft von 90 mN.  
c) Die Sonde erreicht nach 41,7 h eine Geschwindigkeit von 100 km/h.  
[voll](vlsgeleh.docx" \l "e220)[s](vlsgeleh.docx" \l "e220)[tä](vlsgeleh.docx" \l "e220)[n](vlsgeleh.docx" \l "e220)[dige Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e220)

221. Die Parallelschaltung aus den beiden Sicherungen brennt bei 6,25 A durch.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e221)  
  
222. Der gesuchte Kondensator hat eine Kapazität von 4 µF.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e222)

223. Der neue Vorwiderstand ist 12 Ohm groß.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e223)  
  
224. Der Kurzschluss befindet sich 12,5 km vom Punkt A entfernt.  
  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e224)

225.

|  |  |
| --- | --- |
| **1.** Reihenschaltung mit 2 Glühlampen und einem Schalter.  lse225_1 | **2.** Parallelschaltung mit 2 Glühlampen und einem Schalter. Der Schalter soll beide Lampen gleichzeitig ein- und ausschalten.  lse225_2 |
| **3.** Parallelschaltung mit 2 Glühlampen und einem Schalter. Der Schalter soll nur eine Glühlampe ein- und ausschalten.  lse225_3 | **4.** Parallelschaltung mit 2 Glühlampen und zwei Schaltern. Ein Schalter soll eine Glühlampe ein- und ausschalten. Der zweite Schalter soll beide Lampen schalten.  lse225_4 |
| **5.** Schaltung mit 2 Glühlampen. Ein Wechselschalter soll eine Lampe ein- und die andere ausschalten.  lse225_5 | **6.** UND-Schaltung mit einer Glühlampe und zwei Schaltern: Die Glühlampe soll leuchten, wenn der eine UND der andere Schalter geschlossen sind.  lse225_6 |
| **7.** ODER-Schaltung mit einer Glühlampe und zwei Schaltern: Die Glühlampe soll leuchten, wenn der eine ODER der andere Schalter geschlossen ist.lse225_7 | **8.** Flurbeleuchtung: Eine Schaltung mit einer Glühlampe und zwei Wechselschaltern. Die Lampe soll von jedem Wechselschalter ein- und ausgeschaltet werden.  lse225_8 |

226. Der Leiter muss in 10 gleich Teile zerlegt werden. Jedes Einzelteil hat dann einen Einzelwiderstand von 10 .  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e226)  
  
227. Durch das Messgerät fließt ein Strom von 0,09 mA. Dieser Strom muss bei einer gleichzeitigen Strommessung berücksichtigt werden wenn man Spannungsrichtig misst, das Messgerät also direkt parallel zum Gerät schaltet.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e227)

228.   
Es gilt das Ohmsche Gesetz: Spannung und Stromstärke sind zueinander proportional. Die Stromstärke steigt im gleichen Maße wie die Spannung. Und der Quotient aus Spannung und Stromstärke sind für einen Leiter immer gleich.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Leiter 1 | | Leiter 2 | |
| **U in V** | **I in A** | **U in V** | **I in A** |
| 10 | 0,4 | 20 | 0,4 |
| 40 | 1,6 | 5 | 0,1 |
| 30 | 1,2 | 10 | 0,2 |
| 50 | 2,0 | 15 | 0,3 |

229.  
a) Die Stromstärke ist etwas kleiner. Der Strommesser wirkt als zusätzlicher Widerstand, behindert den Strom also auch. Damit sinkt der Gesamtstrom.  
b) Der berechnete Wert ist etwas größer als der wahre Wert. Die Messung täuscht einen kleineren Strom vor. Es scheint so, als ob bei der anliegenden Spannung der Strom stärker behindert wird, der Widerstand dem zufolge größer ist.  
Schlussfolgerung: Bei der Messung eines Widerstandes muss der Einfluss des Messgerätes berücksichtigt werden.   
Da Strommesser aber einen sehr kleinen Innenwiderstand haben, spielt das bei den meisten Messungen keine Rolle.  
  
  
230. Es gilt:   


|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **a** | **b** | **c** | **d** | **e** |
| bei einer Spannung von | 12 V | 24 V | 1,5 V | 230 V | 380 V |
| fließt ein Strom von | 3 A | 2 A | 0,5 A | 10 A | 10 A |
| Widerstand | 4 Ohm | 12 Ohm | 3 Ohm | 23 Ohm | 380 Ohm |

231.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| R | U | 20 V | 40 V | 80 V |
| 5 Ohm | | 4 A | 8 A | 16 A |
| 10 Ohm | | 2 A | 4 A | 8 A |
| 20 Ohm | | 1 A | 2 A | 4 A |

**Zeile:** Bei gleichem Widerstand ist die Stromstärke von der anliegenden Spannung abhängig. Verdoppelt sich die Spannung, verdoppelt sich auch die Stromstärke. Spannung und Stromstärke sind zueinander proportional.  
**Spalte:** Bei gleicher Spannung ist die Stromstärke vom Widerstand abhängig. Verdoppelt sich der Widerstand, halbiert sich die Stromstärke. Widerstand und Stromstärke sind zueinander umgekehrt proportional.  
**Diagonale:** Vergrößert man gleichzeitig Spannung und Widerstand im gleichen Maße, bleibt die Stromstärke konstant.

232. Das Ohmsche Gesetz ist eine allgemeingültige Aussage, die durch Experimente gefunden wurde und überall gültig ist (auch bei den noch zu findenden Außerirdischen).   
Die Widerstandsdefinition ist eine Beschreibung eines physikalischen Sachverhaltes. Jeder Stoff behindert den Strom beim fließen. Die Widerstandsdefinition gibt an, wie groß diese Behinderung ist, sie verleiht dem Widerstand einen Zahlenwert zur besseren Vorstellung.  
Dieser Zahlenwert ist abhängig von den gewählten Einheiten der Spannung und Stromstärke und hat nur in unserem SI-System die entsprechenden Größen. Jene Außerirdischen könnten den Widerstand, ausgehend vom Ohmschen Gesetz, ganz anders definieren.   
Aus dem Ohmschen Gesetz lässt sich auch die Größe Leitwert ableiten: G=I/U. Sie beschreibt, wie gut ein Stoff den Strom leitet und hat die Einheit Siemens.

233. Es gilt: 

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | a | b | c | d |
| Widerstand | 20 Ohm | 50 Ohm | 200 Ohm | 100 Ohm |
| max. Stromstärke | 1 A | 6 A | 0,5 A | 2 A |
| Spannung | 20 V | 300 V | 100 V | 200 V |

234.   
a) Reihe 1 gehört zur Spule, Reihe 2 zur Glühlampe.  
Begründung:

Bei Reihe 1 besteht zwischen Spannung und Stromstärke direkte Proportionalität. Es gilt das Ohmsche Gesetz, die Temperatur des Bauteils bleibt konstant. Das ist bei Spulen üblich. (Jedenfalls bei kurzer Betriebsdauer und kleinen Strömen)

Bei Reihe 2 besteht keine Proportionalität zwischen Spannung und Stromstärke. Die Stromstärke wächst bei kleineren Spannungen stärker als bei größeren Spannungen. Das heißt, der Widerstand des Bauelements verändert sich während des Experimentes, er wird größer. (Anstieg der Kurve wird flacher)  
Bei einer Glühlampe steigt bei größer werdender Spannung und Stromstärke die Temperatur, sie wird heiß und leuchtet. Der Widerstand eines Bauelements vergrößert sich mit wachsender Temperatur. Damit kann die 2. Kurve nur zu einer Glühlampe gehören.  
  
b)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Reihe 1 | Reihe 2 |
| 20 V | 500 Ohm | 200 Ohm |
| 100 V | 500 Ohm | 450 Ohm |
| 140 V | 500 Ohm | 540 Ohm |

235. b ist richtig, sie ziehen sich an. Da die Ströme in gleicher Richtung fließen, sind die kreisförmigen Magnetfelder im gleichen Drehsinn gerichtet. Damit treffen sich in der Mitte zwischen den beiden Leitungen entgegengesetzte Richtungen, also Nord und Süd. Es kommt zur Anziehung.  
  
236. Der spezifische Widerstandes des Metalls ist 1,1 Ohm mm²/m.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e236)

237. Der Draht muss 157 cm lang sein.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e237)  
  
238. Der Leiter mit dem kleinen Widerstand (Leiter 1) hat eine doppelt so große Masse wie der Leiter mit dem großen Widerstand (Leiter 2)  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e238)

239. Der Kupferdraht muss um den Faktor 0,78 kleiner, also nur etwa ¾ des Aluminiumdurchmessers dick sein.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e239)  
  
240.

|  |  |
| --- | --- |
| Gesamtwiderstand=9,2 Ohm  Die Schaltung ist eine etwas ungewöhnliche Darstellung einer Parallelschaltung von 3 Widerständen. Damit gilt: 1/Rges=1/R1+1/R2+1/R3 | lse240_1 |

241.

|  |  |
| --- | --- |
| a) In einer veränderten Darstellung sieht man, dass beim Anschluss der Spannungsquelle an A und B die Lampe L1 direkt an der Spannung anliegt und Lampen L2 und L3 als Reihenschalung mit A und B verbunden sind. Damit leuchtet L1 am hellsten und L2 und L3 gleich hell. Der Anschluss C spielt keine Rolle. b) Im zweiten Fall liegt L3 direkt an der Spannungsquelle und die Lampen L1 und L2 in Reihe an der Spannung. Damit leuchtet jetzt L3 am hellsten und L1 und L2 gleich hell. | lse241_1 |

242. Durch das Wasserkraftwerk können im Laufe eines Tages 1468 t Steinkohle eingespart werden. Wenn in einem Waggon etwa 60 t Kohle transportiert werde können, entspricht das rund 25 Waggons.  
  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e242)

243. Durch die Energiesparlampen werden am Tag 0,073 € eingespart. Das sind in einem Jahr 26,80€.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e243)

244. Die optimale Antenne für ein D-Netz-Handy ist 8,7 cm lang.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e244)

245.  
a) ist richtig, die Auslenkung der Kugel wird stärker.   
Die Kraft auf die Kugel entsteht durch die Ladungen auf den Platten, die eine Platte zieht die Kugel an, die andere stößt sie ab.  
Wird ein nichtleitender Körper zwischen die Platten geschoben, richten sich in diesem Körper die Atome aus, es erfolgt eine Polarisation. An der Oberfläche des Körpers entstehen Polarisationsladungen. Diese zusätzlichen Ladungen bewirken, dass zusätzliche Ladungen auf die Platten des Kondensators fließen. Das ist möglich, da die Spannungsquelle angeschlossen bleibt.  
  
246. Die elektrostatische Kraft ist um den Faktor größer als die Gravitationskraft!  
[Vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e246)  
  
247.

|  |  |
| --- | --- |
| Die beiden Kugeln sind neutral und hängen so dicht beieinander, dass sie sich berühren. Neutral heißt, dass die Atome in den beiden Kugeln die gleiche Anzahl Elektronen und Protonen haben. Die Ladungen sind ausgeglichen. | lse247_1 |
| Der negative Stab wird in die Nähe der Kugeln gebracht. Ein Teil der negativen Ladungen der Kugel, die dem Stab am nächsten ist, wandern auf die andere Kugel. (Influenz) | lse247_2 |
| Entfernt man nun die linke Kugel, ohne den PVC-Stab wegzunehmen, ist die linke Kugel negativ geladen (Elektronenüberschuss) und die rechte Kugel positiv geladen (Elektronenmangel) Der PVC-Stab ändert seine Ladung dabei nicht. Die Arbeit zur Ladungstrennung wird beim Auseinanderziehen der Kugeln aufgebracht. | lse247_3 |

248. Durch den Widerstand fließen 45 mA. Es sind 4,05 mN notwendig, um den Stab gleichförmig durch das Magnetfeld zu bewegen.  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e248)

249. In der Leitung fließen 7,5 A.   
(Fließen ist eigentlich nicht richtig. Da es Wechselstrom ist, ruckeln die Elektronen nur hin- und her)  
  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e249)  
  
250. Die Spule hat einen Leistungsfaktor von 0,08.  
  
[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e250)  
  
251. Die Verluste vermindern sich um 1/3.  
  
[Vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e251)

252. Die Grenzfrequenz beider Schaltungen liegt bei 133 Hz. Da ist auch im Diagramm zu erkennen, es ist der Schnittpunkt der beiden Kurven. Das Spannungsverhältnis aus Ausgangs- und Eingangsspannung hat für beide Schaltungen den Wert 0,71. Das heißt, beim Hochpass werden ab dieser Frequenz 0,71\*U1 oder mehr der Eingangsspannung durchgelassen. Der Tiefpass lässt bis zu dieser Frequenz 0,71\*U1 oder mehr der Eingangsspannung durch.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e252)

253. Die Grenzfrequenz der Schaltung liegt bei 1592 kHz.  
  
[vollst](vlsgeleh.docx" \l "e253)[än](vlsgeleh.docx" \l "e253)[dige](vlsgeleh.docx" \l "e253) [Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e253)

254.

|  |
| --- |
| lse254 |
| [vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e254) |

255.

|  |
| --- |
| Es reichen zwei Relais, die jeweils zwei Umschaltkontakte haben. Die Lampe kann nur leuchten, wenn das eine oder das andere Relais anzieht. Sind beide geschaltet, geht die Lampe wieder aus. |
| lse255 |

256. Auf den ersten Blick würde man sagen, a) ist richtig, 3 V und 6 V ergeben zusammen 9 V, also bekommt jede Lampe die Spannung, die sie braucht.

So geht es aber nicht. Die Gesamtspannung von 9 V teilt sich entsprechend der Widerstände der Lampen auf und nicht nach den vorgegebenen Angaben. 3V/1,5W heißt, dass die Lampe bei einer Spannung von 3 V eine Leistung von 1,5W abgibt und dass sie keine höhere Spannung verträgt.  
  
Die Widerstände werden berechnet:

  
Der Strom I muss aus der Leistung und der Spannung berechnet werden:  
  
Damit wird aus der ersten Gleichung durch einsetzen:  
  
und die Widerstände der Lampen lassen sich berechnen:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Der Widerstand der 6V-Lampe ist 4 mal größer als der Widerstand der 3V-Lampe. Damit liegt an der 3V-Lampe nur ein viertel von der Spannung an, die an der 6V-Lampe gemessen wird. Die Gesamtspannung teilt sich also in 5 Fünftel auf, von denen 4 Fünftel an der 6V-Lampe anliegen und 1 Fünftel an der 3V-Lampe. Damit spürt die 3V-Lampe eine Spannung von 1,8V, was ihr sicher nicht schadet. Die 6V-Lampe bekommt aber 7,2V ab und das ist deutlich mehr, als ihr gut tut. Sie wird leider durchbrennen.

Lösung b) ist richtig.

257. a) Jede Lampe hat einen Widerstand von 540,2 Ohm. Durch die Kette fließt ein Strom von 60,9 mA.

b) Die Lampe aus der 10er-Kette hat einen Widerstand von 264,5 Ohm.

c) Durch das Einsetzen der falschen Lampe erhöht sich der Strom auf 65,6mA.

d) An der falschen Lampe entsteht eine Leistung von 1,1W.

e) Ersetzt man die kaputte Lampe durch eine Lampe aus der 10er-Kette, leuchtet diese Lampe schwächer als die anderen. Die anderen Lampen leuchten heller als vorher, da sie eine größere Leistung umsetzen. Da sie dafür aber nicht gebaut sind, wird recht schnell eine weitere Lampe durchbrennen. Deshalb ist diese Lösung nicht besonders sinnvoll.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#m257)

258. Sind alle drei Lampen in Betrieb, liegt an jeder Lampe eine Spannung von 224 V an. Der Unterschied zu 230 V ist unmerklich.

Bei zwei Lampen liegen 226 V an und bei 10 Lampen noch 211 V.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e258)

259.

Lösung c) ist richtig. Der Magnet im Kupferrohr kommt später an.

Begründung: Durch das Fallen des Magneten spüren die Teile der Rohre, in denen der sich der Magnet gerade befindet, ein sich veränderndes Magnetfeld. Im Kupferrohr wird durch die Leitfähigkeit des Metalls eine Spannung induziert, die einen Strom fließen lässt. Dieser Strom erzeugt selbst ein Magnetfeld, das nach der Lenzschen Regel die Ursache der Induktion bremst. Die Ursache der Induktion ist das Falles des Magneten, der durch das induzierte Magnetfeld in seiner Bewegung deutlich gebremst wird.

260.

|  |  |
| --- | --- |
| a) Legt man an einen n-leitenden Halbleiter eine Spannung an, bewegen sich die freibeweglichen Elektronen vom Minus-Pol zum Plus-Pol. Es findet ein normaler Stromfluss statt. | lse260_1 |
| Bringt man den Halbleiter zwischen zwei Helmholtz-Spulen, so dass vorn der Nordpol und hinten der Südpol ist, werden die bewegten Elektronen durch die Lorentzkraft nach oben abgelenkt.  lse260_3  Die Richtung der Geschwindigkeit der Elektronen v steht senkrecht zur Richtung des Magnetfeldes B. Die wirkende Kraft auf die Elektronen steht senkrecht zu den beiden und zeigt entsprechend der Rechten-Hand-Regel nach oben.  Die Elektronen werden also nach oben abgelenkt. Damit verstärken sich die elektrostatischen Abstoßungskräfte zwischen ihnen. Diese Kräfte wirken der Lorentzkraft entgegen, so dass ein Gleichgewicht entsteht. | lse260_2 |
| Da im oberen Teil des Halbleiters ein Elektronenüberschuss und im unteren Teil ein Elektronenmangel herrscht, kann man von außen an diesen Stellen eine Spannung messen: oben ist der Minus-Pol und unten der Plus-Pol.    b) Ausgangspunkt für den Nachweis der Proportionalität ist das Kräftegleichgewicht zwischen der Lorentzkraft und dem elektrischen Feld, welches durch die Ladungstrennung entsteht und ja die oben erwähnte Hallspannung erzeugt. d ist die Dicke des Halbleiters.    Da v und d konstant sind, folgt:    Da kann man z.B. in Magnetfeldmessgeräten ausnutzen. Die Spannung, die man misst, ist nur von der Stärke des Magnetfeldes abhängig. | lse260_4 |

261. a) Wenn die Spule in das Magnetfeld eintaucht, bewegen sich die Elektronen der unteren Seite des Rechtecks senkrecht zu den Magnetfeldlinien. Dabei spüren sie die Lorentzkraft.

Mit der Linke-Hand-Regel kann die Richtung der Kraft bestimmt werden:  
Daumen = Richtung der Elektronen = nach unten

Zeigefinger = Magnetfeld = in die Zeichenebene hinein

Mittelfinger = Richtung der Kraft = links

Damit entsteht am Anschluss A ein Elektronenüberschuss, also Minus und am Anschluss B ein Elektronenmangel, also Plus.

Die Elektronen in den senkrechten Teilen der Spule spüren zwar auch die Lorentzkraft und bewegen sich nach links, da das aber quer zum Draht erfolgt, tragen sie zur Spannung nicht bei.

Wenn die Spule vollständig eingetaucht ist, bewegen sich die Elektronen im oberen, waagerechten Teil der Spule auch nach links und heben den Effekt des unteren Teils auf. Damit verschwindet die Spannung wieder.

b) Die Flussdichte kann mit 0,45 T berechnet werden.

c)

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e261)

262.

a) Für die Bahnkurve ergibt sich die Gleichung:  


b) Bei 5,7\*107 m/s treffen die Elektronen genau auf die Kante. Kommen sie schneller, fliegen sie über die Kondensatorplatten hinweg.

c) Die Elektronen durchlaufen die Platten auf geradem Wege, wenn sich die Kräfte aufheben. Die elektrischen Kräfte ziehen die Elektronen nach oben, also muss das Magnetfeld so gerichtet sein, dass es eine Kraft nach unten erzeugt. Nach der Linken-Hand-Regel muss das Magnetfeld in die Zeichenebene hineingerichtet sein. (Daumen: Elektronen nach rechts, Mittelfinger: Kraft auf Elektronen nach unten,-> der Zeigefinger zeigt nach hinten.

e) Wenn die Elektronen langsamer fliegen, ändert sich die elektrische Kraft nicht. Die magnetische Kraft wird jedoch geringer, so dass die Elektronen nach oben abgelenkt werden.

Die schnelleren fliegen nach unten, so dass wirklich nur die durchkommen, die die entsprechende Geschwindigkeit haben. Die Anlage funktioniert als Geschwindigkeitsfilter.

f) Die Elektronen treffen nicht auf die Platte, wenn sie mit einer Geschwindigkeit größer als 2,1\*107 m/s oder kleiner als 2,9\*106 m/s in das Magnetfeld einfliegen.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e262)

263.

e) ist richtig, die Flussdichte ändert sich nicht.

Verbale Begründung: Durch die doppelte Windungszahl verdoppelt sich der Widerstand des Drahtes. Da die Spannung konstant bleibt, sinkt der fließende Strom auf die Hälfte. Die Stärke des Stromes und die Windungszahl bestimmen die Stärke des Magnetfeldes. Wird die Windungszahl aber erhöht, steigt gleichzeitig der Widerstand der Leitung. Das hat zur Folge, dass der Strom kleiner wird und die Wirkung der Erhöhung der Windungszahl zunichte gemacht wird.

Formelmäßige Begründung:

|  |  |
| --- | --- |
| Der magnetische Fluss im Innern einer Spule berechnet sich mit:  µr ist durch die Luftfüllung 1 und kann wegfallen.    Der Widerstand wird ersetzt:    Die Länge des Drahtes wird ersetzt:    Kürzen:    Die Windungszahl ist rausgefallen!  Die Flussdichte hängt von Größen ab, die sich bei dieser Versuchsbeschreibung nicht ändern! | Der Strom kann ersetzt werden:    Der Widerstand kann ersetzt werden:  Die Fläche kann ersetzt werden:  Damit wird der Widerstand:  Die Länge des Drahtes kann ersetzt werden: |

264. Der Gesamtwiderstand beträgt 214,7 Ohm.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e264)

265.

|  |  |
| --- | --- |
| b) ist richtig. Der Strom kann nur in einer Richtung durch die Diode hindurchfließen. Schalter S2 wird von der Diode überbrückt, Schalter S1 ist geschlossen. Die Lampe L2 wird nicht durchflossen, da die parallele Diode in Durchlassrichtung ist und wie ein über die Lampe geschalteter Draht wirkt. Der Strom sucht sich den leichtesten Weg und meidet die Lampe.  Durch Lampe L1 fließt er hindurch, da die Diode den Strom sperrt. | lse265 |
| Auf dem Rückweg würde der Strom zwar durch die Lampe L2 fließen, aber der Schalter S2 wird zu einem unüberwindbaren Hindernis. Er selbst ist offen und die parallele Diode ist in Sperrrichtung. Damit ist der Stromkreis an dieser Stelle offen und es leuchtet keine Lampe. | lse265_2 |
| Wenn die Dioden nicht sichtbar in die Schaltung eingebaut werden, scheint es so, als wenn der Schalter S1 die Lampe L1 an- und ausschaltet und Schalter S2 die Lampe L2. Das ist in einer Reihenschaltung schon ungewöhnlich. |  |

266. Die Elektronen haben eine Geschwindigkeit von 64,9 \*106 m/s. Nach dem Durchlaufen der Beschleunigungsspannung hat das Elektron eine Energie von 12 keV.  
Innerhalb des Magnetfeldes fliegt das Elektron auf einem Kreis mit 18,5 mm Radius.

Der Radius der Kreisbahn ist proportional zur Wurzel der Beschleunigungsspannung.

Bei einer Beschleunigungsspannung von 7915 V tritt der Elektronenstrahl senkrecht aus dem Magnetfeld aus.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e266)

267.



268

|  |
| --- |
| a) Die Stromstärke kann maximal 4,71 A betragen.  b) Die Stromstärke erreicht nach 1,8 ms erstmals den Wert von 2,50 A. |
| lse268 |

[vollstä](vlsgeleh.docx" \l "e268)[n](vlsgeleh.docx" \l "e268)[dige Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e268)

269.

|  |  |
| --- | --- |
| b) Die Anordnung muss einen Scheinwiderstand von 920 Ohm haben. Die Induktivität der Spule beträgt 2,57 H. An der Spule fällt eine Spannung von 202 V ab.  c) Die Spannung eilt der Stromstärke um 61,4° voraus.  d) Die Spule hat einen ohmschen Widerstand, der sehr klein ist. Dadurch entsteht keine oder nur sehr wenig Verlust durch Wärme.  Die strombremsende Wirkung entsteht durch die Eigeninduktion der Spule. Dieses Verfahren ist energiesparend im Vergleich zum reinen ohmschen Widerstand. | lse269 |

[vollst](vlsgeleh.docx" \l "e269)[ändige Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e269)

270.

a)

Kurve A: Das ist eine Resonanzkurve. Die Stromstärke steigt von einem Minimalwert auf einen Maximalwert an um dann wieder abzufallen. Nur bei einer Frequenz fließt großer Strom, bei kleineren und größeren Frequenzen treten deutlich kleinere Ströme auf.

Ein solches Verhalten zeigt ein Schwingkreis, hier ein Serienschwingkreis. In dieser Black Box befindet sich eine Reihenschaltung aus Spule und Kondensator.

Kurve B: Bei diesem Versuch sind die Stromstärke und die Frequenz proportional zueinander. Bei der Frequenz 0, also Gleichstrom, fließt kein Strom, mit steigender Frequenz wird er größer. Das gesuchte Bauteil ist ein Kondensator.  
Die Proportionalität ergibt sich aus:  


Kurve C:

Die Stromstärke wird mit größer werdender Frequenz kleiner. Bei Gleichstrom fließt ein bestimmter Strom.

Das heißt, ein Widerstand begrenzt bei Gleichstrom den fließenden Strom. Bei steigender Frequenz wird der Widerstand größer. In der Box ist eine Spule, die in Reihe mit einem Widerstand geschaltet ist.

Kurve D:

Mit steigender Frequenz wird die Stromstärke größer und strebt einem Maximalwert zu. Damit muss sich in der Black Box ein Kondensator in Reihe mit einem ohmschen Widerstand befinden.

b) Der ohmsche Widerstand ist 80 Ohm groß. Der Kondensator hat eine Kapazität von 53,1 µF.

[voll](vlsgeleh.docx" \l "e270)[stän](vlsgeleh.docx" \l "e270)[dige Lösung](vlsgeleh.docx" \l "e270)

271. Der Kondensator hat eine Kapazität von 150 µF, die Spule eine Induktivität von 7,51 mH und einen ohmschen Widerstand von 150 Ohm.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e271)

272.

N1 = 5000 Wdg.

N2 = 522 Wdg.

[vollständige Lösung](vlsgeleh.docx#e272)

273. a) Die Sekundärspannung verdoppelt sich.

b) Die Sekundärspannung vervierfacht sich.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e273)

274. Der Sender sendet mit einer Wellenlänge von 3,1 m. Der Dipol muss 1,55 m lang sein.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e274)

275. Der Drehkondensator muss einen Bereich von 33 pF bis 235 pF überstreichen.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e275)

276.

a)

Begründung für das Steigen der Spannung:

Wird durch das Öffnen des Schalters S die Spannungsquelle abgeklemmt, ist die Anzahl der Ladungen auf dem Kondensator konstant, es können keine Ladungen hinzukommen oder abfließen. Es gilt also: Q = konst.

Durch das Entfernen der Kunststoffscheibe verkleinert sich die Dielektrizitätszahl des Materials im Kondensator, denn nun befindet sich Luft zwischen den Platten.

Die Kapazität eines Kondensators ist definiert als  


Daraus wird



Da die Ladung Q konstant bleibt, muss auch das Produkt aus Kapazität und Spannung konstant bleiben. Wenn aber durch Entfernen der Kunststoffscheibe die Kapazität kleiner wird, muss die Spannung größer werden.

Die Kapazität des Kondensators mit der Kunststoffscheibe beträgt 7,7 pF.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e276)

b) Ist der Schalter geschlossen, kann der Strom über die Spule fließen. Da deren ohmscher Widerstand vernachlässigt wird, liegt praktisch ein Kurzschluss vor.

Durch die Diode, die in Sperrrichtung betrieben wird, liegt am Kondensator keine Spannung an.

Die Spule hat durch den fließenden Strom ein Magnetfeld aufgebaut.

Wird der Schalter geöffnet, bricht das Magnetfeld zusammen, da ja nun kein Strom mehr fließt. Durch dieses zusammenbrechende Magnetfeld entsteht aber in der Spule kurzzeitig eine Selbstinduktionsspannung, die nach der Lenzschen Regel so gepolt ist, dass sie die Ursache der Induktion aufhalten will. Die Ursache der Induktion ist das Verschwinden der Spannung von der Spannungsquelle. Die Spule erzeugt also eine Spannung, die versucht, den Strom weiter in der bisherigen Richtung fließen zu lassen.

Der Kondensator wird auf der linken Seite negativ geladen.

Herleitung der Gleichung:

Da die elektrische Energie im Kondensator aus der magnetischen Energie in der Spule kommt, können beide Energien gleichgesetzt werden:



277.

Der Dieselmotor hat einen Wirkungsgrad von 30%, von den hineingesteckten 100% Energie gehen als 70% verloren.  
Diese 30%, die der Motor liefert, sind für den Generator aber 100% Eingangsenergie. Von diesen gehen weitere 65% verloren.  
Damit ist der Wirkungsgrad der gesamten Anlage kleiner als 30%.

Wie groß ist er nun genau?  
Es muss berechnet werden, wie viel 65% von 30% sind.  


Lösung: Der Gesamtwirkungsgrad ist 19,5% groß.

278.

|  |  |
| --- | --- |
| Damit ein Gesamtwiderstand von 3 Ohm zustande kommt, muss zu dem 2 Ohm-Widerstand ein 1 Ohm-Widerstand in Reihe geschaltet werden. Eine Parallelschaltung würde nichts bringen, da bei ihr der Gesamtwiderstand immer kleiner ist als der größte Einzelwiderstand. Den 1 Ohm-Widerstand erhält man aus der Parallelschaltung der beiden anderen 2-Ohm-Widerstände. Damit ergibt sich folgende Schaltung: | e278 |

279.

|  |  |
| --- | --- |
| Reihenschaltung  lse279 | Parallelschaltung  lse279_1 |

1. Bei der Parallelschaltung leuchten die Lampen heller.

2. Reihenschaltung: die andere Lampe geht aus, Parallelschaltung: die andere Lampe leuchtet weiter,

3. Reihenschaltung: ein Weg, Parallelschaltung: zwei Wege

4. Reihenschaltung: Lichterkette (Vorsicht: nicht jede Lichterkette ist eine Reihenschaltung!), Dimmer zum Regeln der Helligkeit einer Glühlampe

Parallelschaltung: Lampen in der Wohnung

280.

b ist richtig.

Nähert sich der Magnet mit seinem ersten Pol der Spule, wird eine ansteigende Spannung induziert. Ist die Mitte des Magneten in der Spule, ändert sich das Magnetfeld für einen kurzen Moment nicht, so dass die Spannung auf Null absinkt. Danach fliegt der andere Pol durch die Spule, so dass wieder eine Spannung mit entgegen gesetzten Vorzeichen entsteht.

Da der Magnet schneller wird, ist der Betrag der zweiten Spannungsspitze höher als der ersten Spitze. Gleichzeitig ist sie schmaler geworden.

281. c) ist richtig, die Leuchtdioden verändern abwechselnd ihre Helligkeiten.

Durch den regelbaren Widerstand wird der Strom entweder zu der einen oder zu der anderen Leuchtdiode gelenkt. Damit ist entweder die eine oder die andere an der Spannung angeschlossen und leuchtet.

282.

|  |  |
| --- | --- |
| Lösung: c) ist richtig.  Nach dem gängigen Modell gesteht ein Magnet aus einer Unzahl von Elementarmagneten, die alle gleich ausgerichtet sind. Die Summe der einzelnen Magnetkräfte bilden dann die Gesamtmagnetkraft. Wird der Magnet zerteilt, hat man in jedem Stück wieder eine Menge von Elementarmagneten, so dass jedes Stück einen Magneten bildet. | lse282 |

283. a) ist richtig.

Der Strommesser wird in Reihe zu dem Gerät geschaltet, durch das die Stromstärke gemessen wird. Dabei soll das Messgerät die Messung so wenig wie möglich beeinflussen, den Strom also selber nicht abschwächen. Das ist aber nur möglich, wenn er einen möglichst kleinen eigenen Widerstand hat. Ein gutes Strommessgerät hat also einen möglichst kleinen Innenwiderstand.

284.

|  |  |
| --- | --- |
| Der Trafo besteht aus zwei Spulen und einem Eisenkern, der beide Spulen magnetisch koppelt. Damit wird das magnetische Wechselfeld der Primärspule so beeinflusst, dass es die Sekundärspule optimal durchsetzt und dort die gewünschte Spannung induziert.  Bei dem abgebildeten Trafo sind die beiden Spulen auf einen Kern gewickelt und in der Abbildung in der Mitte des Eisenkernes zu erkennen. Zum Schutz sind die Spulen mit einer Schutzschicht umwickelt. | lse284_1 |
| Da der Kern aus Eisen besteht, das ja auch elektrischen Strom leitet, wird in dem Kern ebenfalls eine Spannung induziert, die dort einen Stromfluss hervorruft. Dabei entsteht Wärme, die aber nicht erwünscht ist. Man will ja mit dem Trafo nicht heizen, sondern Spannungen oder Ströme umformen.  Um diesen unerwünschten Stromfluss zu verhindern, wird der Kern aus dünnen, lackierten Eisenblättern hergestellt. Damit ist er zwar immer noch aus Eisen, der Strom kann aber zwischen den isolierten Blättern nicht mehr so stark fließen. Das verhindert eine starke Erwärmung des Trafos und sein Wirkungsgrad steigt.  Die Ströme im Eisenkern sind sogenannte Wirbelströme. | lse284_2 |

285.

|  |  |
| --- | --- |
| Lösung a ist richtig.  Da sich der Rotor im Magnetfeld des Stators dreht, spürt er ein sich ständig änderndes Magnetfeld. Das erzeugt in der Rotorspule eine Induktionsspannung, die nach der Lenzschen Regel der Ursache der Induktion entgegenwirkt. Damit wird der ursprüngliche Strom kleiner. | e285_2 |

286. Das erste Tröpfchen hat eine Ladung von, was 2 Elementarladungen entspricht. Das zweite Tröpfchen trägt die doppelte Ladung wie das erste.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e286)

287.

|  |
| --- |
| lse287 |
| a) ist richtig.  Durch Influenz werden in der Kugel Ladungen verschoben. Wenn z.B. die Platte positiv aufgeladen ist, bewegen sich die negativen Ladungen auf der Kugel zur Platte hin. Damit wirkt auf die Kugel eine anziehende Kraft, denn auf die negativen Ladungen wirkt auf Grund des geringeren Abstandes zur Platte eine größere Kraft. Berührt die Kugel die Platte, kommt es zum Ladungsaustausch und die Kugel ist jetzt positiv geladen. Damit wird sie von der Platte abgestoßen. |

288. c ist richtig.   
Die vom elektrischen Strom erzeugte Wärme wird vom Draht vor allem durch Wärmestrahlung abgegeben. Beim gewickelten Teil des Drahtes wird die abgestrahlte Energie einer Windung von der benachbarten Windung teilweise wieder absorbiert, so dass sich die Windungen gegenseitig heizen. Beim geraden Drahtstück hingegen wird die Wärme in die umgebende Luft abgestrahlt. Dadurch hat die Drahtwendel gegenüber dem geraden Drahtstück einen geringeren Wärmeverlust und somit bei gleicher Stromstärke eine höhere Temperatur, so dass sie bei niedrigen Strömen zu glühen beginnt als der gerade Teil des Drahtes.

289.

c) Die Lampe A leuchtet heller als Lampe B.

Wenn die restlichen Glühlampen Widerstände wären, würden die beiden Lampen gleich hell leuchtet, denn die vier Widerstände im oberen Teil der Schaltung haben einen Ersatzwiderstand, der so groß wie ein Widerstand ist.

Eine Glühlampe ändert aber mit der Temperatur ihren Widerstand. Je größer die Temperatur um so höher der Widerstand.

Die oberen vier Lampen leuchten nicht so hell wie die eine im unteren Teil. Deshalb ist deren Widerstand auch deutlich kleiner als der einer hell leuchtenden Lampe.

290.

|  |  |
| --- | --- |
| Zwischen die Platten eines Kondensators wird ein negativ geladenes Öltröpfchen gebracht. Ohne eine anliegende Spannung sinkt das Tröpfchen unter dem Einfluss der Schwerkraft nach unten, es wirkt die Gewichtskraft FG. Gleichzeitig wirkt in der Luft die Auftriebskraft FA nach oben. In der Summe bewirken diese beiden Kräfte eine Bewegung nach unten.  Bei jeder Bewegung tritt eine Reibungskraft FR auf, die der Bewegung immer entgegenwirkt. Beim nach unten sinkenden Öltröpfchen wirk sie also nach oben.  Im ersten Teilexperiment wird nun eine Spannung angelegt, die das Tröpfchen entgegen zur Gewichtskraft nach oben zieht. Da die Reibungskraft von der Geschwindigkeit abhängt, steigt sie immer weiter an und wird so groß, dass die Summe aller auf das Tröpfchen wirkenden Kräfte Null ist. Das heißt, es steigt mit konstanter Geschwindigkeit nach oben. Diese kann gemessen werden.  Im zweiten Teilversuch wird nun die Spannung umgepolt, die Größe aber unverändert gelassen.  Jetzt wirkt die Kraft des elektrischen Feldes zur Gewichtskraft hinzu und das Tröpfchen bewegt sich mit einer konstanten Geschwindigkeit nach unten. diese Geschwindigkeit ist größer als die ohne Feld und kann wieder gemessen werden. | e290 |
| Damit können für beide Teilversuche die Kräftebilanzen aufgestellt werden. In beiden Fällen ist die Summe aller Kräfte Null. Die positive Kraftrichtung zeigt nach oben.  zu 1., Steigen:    zu 2., Sinken    Nun kommt eine ziemlich aufwendige Umstellerei, damit letztendlich eine Gleichung entsteht, in der auf der einen Seite die gesuchte Ladung und auf der anderen Seite die gegebenen Messgrößen stehen.  Als erstes werden beide Gleichungen nach QE umgestellt: | |
| Sinken | Steigen |
| Zur weiteren Umformung werden die beiden Gleichungen subtrahiert und addiert.  Subtraktion    Das Tröpfchen hat eine Kugelform, so dass für das Volumen    geschrieben werden kann.    Mit dieser Gleichung kann nun der Radius des Tröpfchens angegeben werden:    Addition    der Radius kann nun eingesetzt werden und man erhält eine Gleichung, in der nur noch die Ladung als unbekannte Größe steht: | |
| c) Die ersten beiden Öltröpfchen waren jeweils mit einer Elementarladung versehen und das dritte  Tröpfchen trug zwei Elementarladungen.  [vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e290) | |

291. b ist richtig.

Durch Influenz kommt es in der Hand zur Ausrichtung von Ladungen, die den Ballons zugewandten Seiten der Hand werden positiv. Damit werden beide Ballons von der Hand angezogen.

292. Die Kapazität des CD-Kondensators beträgt 400 pF.   
Durch die zusätzliche Folienschicht wird der Abstand der Platten größer. Damit halbiert sich die Kapazität.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e292)

293.

Es wird aus den Messwerten ein Diagramm gezeichnet:

|  |
| --- |
| [Messwerte in Excel](e_ex_7.xls) |
| e_ex_7 |

Der Widerstand, über dem entladen wurde, ergibt sich aus der anliegenden Ladespannung und dem Maximalstrom zu Beginn des Entladevorgangs:



Die Kapazität berechnet sich mit



Die Spannung ist bekannt, die Ladung auf dem Kondensator muss bestimmt werden. Sie entspricht der Fläche unter der Strom-Zeit-Kurve. Durch Auszählen der Kästchen erhält man etwa 50 mC, die grafische Integration in einem Taschenrechner 49 mC. Damit kann die Kapazität berechnet werden:



294.

|  |  |
| --- | --- |
| Die drei Kondensatoren sind in Reihe geschaltet. Es gilt: |  |
| In der Parallelschaltung werden die Kapazitäten einfach addiert: | lse294_2 |
| Zwei Kondensatoren sind parallel geschaltet und ergeben eine Kapazität von 1,5 nF. Dazu wird der dritte Kondensator in Reihe geschaltet. Das ergibt: | lse294_3 |
| Kondensator C1 und C2 sind nur vertauscht worden. Die Parallelschaltung ergibt nun 1,3 nF und diese in Reihe mit C2 361 pF. | lse294_4 |
| In dieser Schaltung ergibt die Parallelschaltung einen Wert von 0,8 nF. In Reihe mit dem dritten Kondensator erhält man 444 pF. | lse294_5 |
| In dieser Schaltung sind C1 und C2 in Reihe geschaltet und ergeben zusammen    Der dritte Widerstand ist dazu parallel geschaltet und liefert eine Gesamtkapazität von 1,1875 nF. | lse294_6 |
| Die Schaltung wird wie die vorhergehende berechnet. Die Reihenschaltung liefert 333 pF und parallel mit dem dritten Kondensator 633 pF. | lse294_7 |
| Als letzte Möglichkeit der Zusammenschaltung erhält man in der Reihenschaltung 231 pF und insgesamt 731 pF. | lse294_8 |

295.

Es lassen sich 14 verschiedene Widerstandswerte realisieren.

**1.** Reihenschaltung von 2 Widerständen:



3 Widerstandswerte

**2.** Parallelschaltung von 2 Widerständen



3 Widerstandswerte

**3.** Reihenschaltung aller 3 Widerstände



1 Widerstandswert

**4.** Parallelschaltung aller 3 Widerstände



1 Widerstandswert

**5.** Zwei Widerstände parallel und der dritte in Reihe dazu (alle Widerstände in )

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| lse295_1 | | | |
| R1 | R2 | R3 | Rges |
| 1,8 | 5,1 | 8,2 | 4,9 |
| 5,1 | 1,8 | 8,2 | 6,6 |
| 8,2 | 5,1 | 1,8 | 9,5 |

3 Widerstandswerte

6. Zwei Widerstände in Reihe und der dritte parallel dazu

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| lse295_1 | | | |
| R1 | R2 | R3 | Rges |
| 1,8 | 5,1 | 8,2 | 3,7 |
| 5,1 | 1,8 | 8,2 |  |
| 8,2 | 5,1 | 1,8 |  |

296. a) Das Elektron bekommt im elektrischen Feld der Beschleunigungsstrecke kinetische Energie.



b) Die Heliumkerne fliegen auf einem Radius mit 18 m Radius.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e296)

297. Der zweite Kondensator hat eine Kapazität von 2,6 µF.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e297)

298. Die gesamte Anlage hat im Stand-by-Betrieb eine Leistung von



Mit dieser Leistung läuft sie am Tag 21 Stunden, im Jahr mit 365 Tagen also 7665 Stunden. Das ergibt eine elektrische Arbeit von



Da die kWh 15 Cent kostet, muss man für den Stand-by-Betrieb im Jahr 31,73 Euro, also rund 32 Euro bezahlen.

299.

|  |  |
| --- | --- |
| Der ohmsche Widerstand ändert beim Erhöhen der Frequenz seinen Widerstand nicht, die Kurve verläuft parallel zur Frequenzachse. Der Kondensator hat bei einer Frequenz von 0 Hz einen theoretisch unendlich großen Widerstand. In der Praxis entspricht der Widerstand dem des Isolators zwischen den Platten. Es fließt kein Strom. Mit steigender Frequenz wird der Widerstand kleiner und der Strom größer.  Die Spule hat bei 0 Hz nur den ohmschen Widerstand des Drahtes. Mit steigender Frequenz wird durch die Selbstinduktion der Widerstand größer und die Stromstärke sinkt. | lse299 |

300. c ist richtig.

Bei einer Frequenz von 0Hz (Gleichstrom) hat der Kondensator einen sehr großen Widerstand. Damit kann kein Strom fließen, die Stromstärke ist also Null.

Bei steigender Frequenz wird der Widerstand des Kondensators kleiner, der Strom steigt.

Bei höheren Frequenzen steigt der Widerstand der Spule an, so dass der Strom wieder kleiner wird.

301.

a) Auf das Ion wirken zwei Kräfte: die Kraft des elektrischen Feldes (Coulombkraft) und die Kraft des magnetischen Feldes (Lorentzkraft). Da sich das Ion geradlinig bewegt, wirken diese beiden Kräfte so, dass sie sich aufheben, die Summe der beiden Kräfte also Null ist.

Die Coulumbkraft wirkt in dieser Anordnung senkrecht in Richtung der negativen Platte, die Lorentzkraft wirkt senkrecht zur Richtung der Magnetfeldlinien und senkrecht zur Bewegungsrichtung des Ions.

Die Geschwindigkeit der Bewegung bleibt konstant, da sich die Kräfte aufheben. Nach dem Newtonschen Grundgesetz wirkt damit keine Beschleunigung.

Die Ionen haben eine Geschwindigkeit von.

b) Da die Spannung abgeschaltet wurde, wirken auf die Ionen nur noch die Lorentzkraft, die sie auf eine Kreisbahn zwingen. Die Lorentzkraft ist die dafür notwendige Radialkraft:



Damit lässt sich die Masse eines Ions berechnen:



Das entspricht der vierfachen atomaren Masseneinheit, ist also Heliumion.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e301)

302. a) Die Frequenz berechnet sich mit der Thomsonschen Schwingungsgleichung:



Die Werte für die Induktivität und die Kapazität können aus der Schaltung entnommen werden:



303.

Der Widerstand zwischen den Klemmen A und B ist 12 Ohm groß.

[volls](vlsgeleh2.docx" \l "e303)[tändi](vlsgeleh2.docx" \l "e303)[ge Lösung](vlsgeleh2.docx" \l "e303)

304. Diagramm b) beschreibt den Spannungsverlauf am besten. Mit steigender Beleuchtungsstärke steigt die Spannung, kann aber einen materialtypischen Wert nicht überschreiben. Bei Silicium liegt dieser Wert bei etwa 0,6 V. Will man höherer Spannungen erhalten, muss man mehrere Solarzellen in Reihe schalten. Bei 10 Zellen erreicht man dann schon 6 V.

305. An der Spannungsquelle muss eine Spannung von 18 V anliegen.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e305)

306. Der Draht hat einen Widerstand von 2,7 Ohm.

Die Flussdichte der Spule beträgt 837 mT.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e306)

307. Der ohmsche Widerstand der Spule ist 40 Ohm groß. Die Spule hat eine Induktivität von 2,0 H. Der ohmsche Widerstand kann vernachlässigt werden.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e307)

308. Im ersten Fall wird eine Spannung von 0,192mV induziert, im zweiten Fall 0,166 mV.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e308)

309. Im Sekundärkreis fließt ein Strom von 3,2 A.

[vollst](vlsgeleh2.docx" \l "e309)[ä](vlsgeleh2.docx" \l "e309)[ndige Lösung](vlsgeleh2.docx" \l "e309)

310. a) Der Kondensator muss eine Kapazität von 2,7 pF haben.

b) Spule: Die Induktivität einer Spule berechnet sich nach der Gleichung. Die Größen bedeuten:

L Induktivität

µ0 magnetische Feldkonstante

µr Permeabilität

N Windungszahl

A Fläche, die die Spule umschließt

 Länge der Spule

µ0 ist eine Konstante und demnach unveränderbar. µr ist für Luft rund 1 und kann mit einem anderen Stoff praktisch nicht verkleinert werden. N und A sollten möglichst klein und  möglichst groß. Die Spule muss also wenige Windungen, sehr klein im Durchmesser und sehr lang sein.

Kondensator: Die Kapazität eines Kondensators berechnet sich nach der Gleichung: . Die Größen bedeuten:

C Kapazität

 elektrische Feldkonstante

 Dielektrizitätszahl

A Fläche der Platten

d Abstand der Platten

ist eine Konstante und demnach unveränderbar. ist für Luft klein. Es eignen sich aber auch Papier oder Porzellan, die für die Stabilität des Kondensators besser geeignet sind als Luft. Die Fläche A der Platten sollte kleine sein und der Abstand groß.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e310)

311.

a)

Die Elektronen erhalten beim Durchlaufen des elektrischen Feldes zwischen Katode und Anode eine kinetische Energie. Die ist so groß wie die Energie des elektrischen Feldes. Es kann also geschrieben werden:



und nach v umgestellt:



Setzt man ein, erhält man die angegebene Geschwindigkeit.

|  |  |
| --- | --- |
| Bevor die Elektronen in die Ablenkplatten eintauchen, bewegen sie sich geradlinig gleichförmig mit der eben berechneten Geschwindigkeit.  Zwischen den Ablenkplatten (Kondensator) herrscht ein homogenes elektrisches Feld. Die Elektronen spüren eine konstante Kraft in Richtung der oberen Platte, die positiv geladen ist.  Die Bahn ist nun ähnlich wie beim waagerechten Wurf, nur eben nach oben. Da eine konstante Kraft in Richtung positive Platte wirkt, entsteht zwischen den Platten eine parabelförmige Bahn.  Verlässt das Elektron das Feld zwischen den Platten, bewegt es sich geradlinig weiter. | lse311_1 |

|  |  |
| --- | --- |
| Der Elektronenstrahl wird durch die an den Platten angelegte Spannung so abgelenkt, dass er um die Strecke y nach oben verschoben wird. Diese Verschiebung ist gesucht.  Es ist zu erkennen, dass. | lse311_2 |

y1 kann aus der Berechnung der Flugbahn der Elektronen durch den Kondensator bestimmt werden. In waagerechter Richtung bewegen sich die Elektronen gleichförmig, in senkrechter Richtung nach oben gleichmäßig beschleunigt. Letzteres gilt, weil in einem homogenen elektrischen Feld eine konstante Kraft wirkt. Damit ist die Bewegung nach oben mit dem freien Fall zu vergleichen.

Die Elektronen bewegen sich gleichmäßig beschleunigt in Richtung der oberen Platte. Also kann man schreiben:

.

Leider sind weder die Beschleunigung a noch die Zeit t bekannt. Beides muss noch berechnet werden.

Die Beschleunigung ergibt sich aus dem Newtonschen Grundgesetz:



me ist die Elektronenmasse. Und die Kraft? Die kann man über die angelegte Spannung berechnen:



Damit erhält man für die Beschleunigung:



Das ist eine ziemlich große Beschleunigung. Die Elektronen sind aber auch verdammt leicht.

Die Zeit errechnet sich aus der Länge der Platten und der Eintrittsgeschwindigkeit.



In dieser kurzen Zeit durchfliegen die Elektronen die 4 cm Plattenlänge und spüren die Kraft.

Nun kann der Weg der Ablenkung berechnet werden:



Damit wäre die eine Strecke berechnet.

Die andere Strecke kann aus der Geschwindigkeit der Elektronen nach oben und der Entfernung zwischen dem Plattenende und dem Leuchtschirm berechnet werden. Verlassen die Elektronen das elektrische Feld zwischen den Ablenkplatten, haben sie eine Geschwindigkeit nach oben. Da nun keine weitere Kraft auf sie wirkt, behalten sie diese Geschwindigkeit bei. Es ist also eine gleichförmige Bewegung nach oben.

Wie lange brauchen sie aber bis zur Leuchtschicht. Das kann aus der waagerechten Geschwindigkeit und der Entfernung zur Leuchtschicht berechnet werden:



Das ist die Zeit, die die Elektronen nach der Beschleunigung bis zum Leuchtschirm brauchen.

Nun noch die Geschwindigkeit in senkrechter Richtung. Da sie zwischen den Platten gleichmäßig beschleunigt wurden, kann man die Gesetze dieser Bewegungsform anwenden. Es gilt:



Die Beschleunigung und die Zeit wurden schon für die Ablenkung in y-Richtung berechnet und werden jetzt einfach eingesetzt:



Mit dieser Geschwindigkeit fliegen die Elektronen nach oben. Damit kann der Weg berechnet werden:



Damit kann nun endlich die gesamte Strecke berechnet werden.



Der Strahl trifft 32 mm über dem Punkt M auf dem Schirm auf.

Magnetfeld:

Die Elektronen werden durch das elektrische Feld nach oben abgelenkt. Ein Magnetfeld muss also eine zusätzliche Kraft nach unten aufbringen, damit die Elektronen geradlinig durch die Platten fliegen.

Ein Magnetfeld wirkt über die Lorentzkraft auf die Elektronen. Diese Kraft ist immer senkrecht zur Bewegungsrichtung der Elektronen und senkrecht zur Richtung der Feldlinien des Magnetfeldes gerichtet. Das heißt, das Magnetfeld muss senkrecht zur Richtung des elektrischen Feldes stehen, damit es die gewünscht Wirkung hat.

Es gilt nun die Linke-Hand-Regel:

Daumen: Bewegung der Elektronen, nach rechts

Mittelfinger: Richtung der Kraft, nach unten

Zeigefinger: Richtung des Magnetfeldes, in die Zeichenebene hinein.

Das Magnetfeld muss also so gerichtet sein, dass vorn der Nordpol und hinten der Südpol steht.

Die Größe berechnet sich über eine Betrachtung zur Kraft. Damit die Elektronen geradlinig durch die Platten fliegen könne, muss die resultierende Kraft Null sein, sie dürfen also keine Kraft spüren.

Das geht aber nur, wenn die Kraft des elektrischen Feldes gleich der Kraft des magnetischen Feldes, also der Lorentzkraft, ist:



Daraus wird dann:



Das Magnetfeld muss eine Stärke von 0,24 mT haben.

b)

|  |  |
| --- | --- |
| Bei einer negativen Spannung fließt kein Strom. Nähert sich die Spannung der Nullmarke, wird der fließende Strom größer.  Bis etwa 20 V steigt die Stromstärke etwa proportional an. Ab etwa 30 V ist kein weiteres Ansteigen der Stromstärke zu verzeichnen.  [Excel-Tabelle](e311.xls) | lse311_3 |

Erklärung: Ein Strom fließt immer dann, wenn die Elektronen die Katode verlassen können und zur Anode gelangen.

Negative Spannung bedeutet, dass an der Katode der Pluspol und an der Anode der Minuspol anliegt. Bei positiver Spannung ist es umgekehrt und entspricht der Polung des ersten Versuches.

Wieso können Elektronen die Katode verlassen, wenn sie positiv geladen ist? Durch die Temperatur bildet sich um die Katode eine Wolke aus Elektronen (Raumladungswolke). Jedes Elektron hat eine bestimmte kinetische Energie und damit auch eine Geschwindigkeit. Auf Grund dieser Geschwindigkeit können einzelne Elektronen die Katode verlassen, auch wenn sie durch die positive Ladung die Elektronen an sich heran zieht. Sie reißen einfach aus.

Geht die Spannung gegen Null, gelingt das immer mehr Elektronen und der Strom wird größer.

Bei etwa 30 V werden alle Elektronen, die die Katode verlassen, sofort zur Anode gesaugt. Ein weiteres Ansteigen des Stromes ist nicht möglich, da keine Elektronen mehr zur Verfügung stehen. Alle Elektronen beteiligen sich am Stromfluss, mehr geht nicht.

c) Wenn die Katode nicht mehr beheizt wird, können eigentlich keine Elektronen mehr austreten. Durch das Licht werden aber Elektronen aus dem Metall herausgelöst und könne wieder einen Stromfluss hervorrufen. (äußerer lichtelektrischer Effekt)

Jedes auftreffende Photon (Lichtteilchen) hat die Energie. Diese Energie überträgt es vollständig auf ein Elektron. Ein Teil davon wird zum Herauslösen des Elektrons aus dem Metall verwendet. Der Rest dient zur Beschleunigung des Elektrons.

Die schnellsten Elektronen haben dann die Energie



Sie können gerade noch gegen die Spannung von 1 V anlaufen und das elektrische Feld mit ihrer Energie überwinden.



Setzt man beides gleich, erhält man



Die Frequenz des Lichtes erhält man aus der Wellenlänge:



Damit wird



Wird blaues Licht verwendet, erhalten die Elektronen nach dem Herauslösen mehr kinetische Energie und fliegen schneller. Um sie von der Anode fern zu halten ist deshalb eine höhere Spannung notwendig. Die Gleichung aus der vorherigen Lösung muss nach U umgestellt werden. Man erhält dann eine Spannung von 1,7 V.

Ein Fotoeffekt tritt dann auf, wenn die Energie des eingestrahlten Lichtes gerade so groß ist wie die Austrittsarbeit der Katode. genau dann werden nämlich Elektronen aus dem Metall herausgelöst und können abgesaugt werden.

Selber besitzen sie dann noch keine kinetische Energie. Damit kann man schreiben:



und eine Wellenlänge von 1,1 µm berechnen.

312.

a) Aus der Gleichung für die Kapazität eines Kondensators kann für jeden Messwert die Kapazität berechnet werden. Für den ersten Wert sieht das so aus:



|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Plattenabstand in cm | 3,00 | 3,50 | 4,00 | 5,00 | 6,00 | 7,00 |
| Ladung in nC | 2,97 | 2,55 | 2,23 | 1,78 | 1,48 | 1,27 |
| Kapazität in pF | 9,28 | 7,97 | 6,97 | 5,56 | 4,63 | 3,97 |

b) Wie zu erkennen ist, nimmt die Kapazität mit wachsendem Plattenabstand ab. Zur Bestimmung des genauen Zusammenhanges kann ein Diagramm gezeichnet werden. Man kann aber auch erst mal schauen, ob sich der Zusammenhang nicht so erkennen lässt. Der Plattenabstand wird z.B. von 3,50 cm auf 7,00 cm vergrößert. Dabei sinkt die Kapazität von etwa 8 pF auf etwa 4 pF. Der Abstand wird verdoppelt und die Kapazität halbiert sich dadurch. Das sieht nach einer indirekten Proportionalität aus.

Das kann man leicht prüfen, in dem man die Produkte der beiden Größen für alle Messungen berechnet.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Plattenabstand in cm | 3,00 | 3,50 | 4,00 | 5,00 | 6,00 | 7,00 |
| Kapazität in pF | 9,28 | 7,97 | 6,97 | 5,56 | 4,63 | 3,97 |
|  | 27,8 | 27,9 | 27,9 | 27,8 | 27,8 | 27,8 |

Das Produkt ist für alle Messungen annähernd gleich, also liegt zwischen dem Plattenabstand und der Kapazität eine indirekte Proportionalität vor.

c) Für die Kapazität des Kondensators gilt die Gleichung:



ist für Luft 1 und braucht nicht weiter betrachtet zu werden. Man erhält also für die gesuchte Größe:



Das Produkt wurde schon in der letzten Aufgabe berechnet und liefert als Mittelwert 

Der Flächeninhalt der Kondensatorplatte kann mit



berechnet werden.

Damit wird nun



313. Der elektrische Strom fließt von Plus nach Minus (technisch). Dabei kommt er nur durch die Diode hindurch, wenn er in Pfeilrichtung fließt, also zur Spitze des Dreiecks hin.

|  |  |
| --- | --- |
| lse313_1 | lse313_2 |
| lse313_3 |  |

314.

a) ist richtig.

Das Messgerät zeigt den effektiven Wert des Stromes an, also den Mittelwert des fließenden Stromes. Die Diode erzeugt aus der Wechselspannung eine pulsierende Gleichspannung. Das heißt, dass am Widerstand die anliegende Spannung und damit der Strom bis zu einem Maximalwert wachsen, dann auf Null abfallen und eine halbe Periode in diesem Zustand verharren.

Wird der Kondensator parallel geschaltet, speichert er während der Halbwelle Ladungen, die er wieder abgibt, wenn die Spannung auf Null ist. Damit kann auch dann ein Strom noch durch den Widerstand fließen, wenn von der Spannungsquelle nichts mehr kommt.

Das heißt, der Kondensator wirkt als Puffer und liefert Ladungen in der spannungslosen Zeit.

315. Die Spule hat eine Induktivität von 0,19 H.

Bei einer Reihenschaltung von ohmschen und induktiven Widerstand stehen die beiden Widerstände auf Grund der Phasenverschiebung senkrecht aufeinander. In dem entstehenden Rechteck ist die Diagonale der Scheinwiderstand.

[vollstä](vlsgeleh2.docx" \l "e315)[nd](vlsgeleh2.docx" \l "e315)[ige Lösung](vlsgeleh2.docx" \l "e315)

316.

|  |  |
| --- | --- |
| b) ist richtig. Es zeigt den gleichen Wert wie im 1. Experiment an. | lse316 |

317. a) Maximale Stromstärke bedeutet minimaler Widerstand. Der Widerstand einer Reihenschaltung aus Spule und Kondensator im Wechselstromkreis ist ein Scheinwiderstand, Z der sich aus dem ohmschen Widerstand R der Spule und den Wechselstromwiderständen X von Spule und Kondensator zusammensetzt. Durch die Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom kann man die aber nicht einfach addieren, sondern es gilt:



Für den Wechselstromwiderstand gilt:



Da mit steigender Frequenz der Wechselstromwiderstand der Spule immer größer und der des Kondensators immer kleiner wird, gibt es eine Frequenz, bei der die beiden Widerstände gleich groß sind. Da sie in der Gleichung aber voneinander abgezogen werden, ist bei Gleichheit der beiden Widerstände der Gesamtwiderstand Null.

In allen anderen Fällen ist er entweder positiv oder negativ. In der Gleichung für den Scheinwiderstand wird das Quadrat dieses Blindwiderstandes addiert. Damit dieser Teil immer positiv und erhöht den Scheinwiderstand. Der Scheinwiderstand ist also am kleinsten, wenn der Blindwiderstand Null ist, in allen anderen Fällen steigt er mit wachsender Frequenz.

b) Der Nachweis, dass in der 1. Box die Spule ist, erfolgt, indem nachgewiesen wird, dass in der 2. Box der Kondensator ist.

Aus der Stromstärke und der Spannung über den einzelnen Boxen kann der Scheinwiderstand für jede Box berechnet werden.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f in 10² Hz | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00 | 7,00 |
| I in mA | 0,267 | 0,659 | 1,61 | 18,6 | 2,61 | 1,33 | 0,925 |
| UBlackbox1 in V | 0,168 | 0,828 | 3,04 | 46,8 | 8,21 | 5,02 | 4,07 |
| UBlackbox2 in V | 4,25 | 5,24 | 8,56 | 74,1 | 8,32 | 3,53 | 2,10 |
| Z2 in kOhm | 15,9 | 7,95 | 5,32 | 3,99 | 3,19 | 2,65 | 2,27 |
| C in µF | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |

Damit ist auch klar, dass der Kondensator eine Kapazität von 0,1 µF hat.

318. Der Widerstand zwischen A und B ist 1,143 Ohm groß.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e318)

319.

a) Die Kapazität eines Kondensators ist definiert:



und nach der Ladung umgestellt:



Die Spannung ist bekannt und die Kapazität ergibt sich aus den Abmessungen des Kondensators:



Diese Gleichung setzt man ein und kann schon die Ladung berechnen:



Auf dem Kondensator ist eine Ladung von 17,7 nC.

b) Durch die Bewegung der oberen Platte nach unten verringert sich der Abstand d der beiden Kondensatorplatten, er wird kleiner. Da die Kapazität umgekehrt proportional zum Abstand ist, wird dadurch die Kapazität größer. Nach der in a) verwendeten Gleichung kann der Kondensator dadurch auch mehr Landung speichern. Die zugeflossene Landung ist die Differenz zwischen der Ladung nach der Abstandsverkleinerung und der ursprünglichen Ladung.



Die Ladung nach der Abstandsverkleinerung ist dann



Damit erhält man eine Ladungsänderung von



Die in beiden Thermen gleichen Größen werden ausgeklammert:



und die Brüche in der Klammer gleichnamig gemacht:



Das kann man nun zusammenfassen:



Da nun  gilt, wird das Produkt aus den beiden sehr klein, auf jeden Fall wesentlich kleiner als d². Damit kann man schreiben:



Nun weiß man aber, dass



ist, so dass man die Gleichung zu der gesuchten Form vereinfachen kann:



c)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | I, U12 |
| Lösung: | Die Stromstärke ist die Ladungsmenge, die je Zeiteinheit fließt:    Die transportierte Ladungsmenge kann mit der Gleichung aus Teilaufgabe b) ausgedrückt werden.  Damit erhält man dann:    Die Spannung am Widerstand lässt sich nun einfach berechnen mit | | |
| Antwort: | Es fließt ein mittlerer Strom von 3,5µA. Am Widerstand fällt eine Spannung von 35 mV ab. | | |

c) Wenn Schallwellen auf die obere Platte des Kondensators treffen, regen diese die Platte zum Schwingen an. Da Schallwellen Druckschwankungen darstellen, bewegt sich die Platte bezüglich der unteren Platte hin und her. Damit verändert sich im Rhythmus des Schalls der Plattenabstand. Das hat zur Folge, dass ständig Ladungen hin und her transportiert werden und durch diesen Stromfluss am Widerstand eine Wechselspannung auftritt. Diese kann entsprechend weiter verarbeitet werden.

d)   
1. Die Platten haben eine Fläche von 100cm². Falls sie quadratisch sind, hätte jede Platte eine Seitenlänge von 10cm. Das ist für ein Handy viel zu groß. Also müssen die Platten deutlich verkleinert werden.

2. Die Spannung beträgt 40V. Handys werden mit einem Akku betrieben, der nur wenige Volt liefert. Also muss die Betriebsspannung verkleinert werden.

Beide Änderungen verringern die Spannung am Kondensator.

Die Verkleinerung der Platten bewirkt eine Verringerung der Ladungsmenge Q0 und damit eine Verringerung der transportierten Ladungsmenge. Damit wird der fließende Strom kleiner.

Da die Spannung am Widerstand direkt proportional zur Betriebsspannung und dem fließenden Strom ist, bewirkt eine Verkleinerung von beiden ein Absinken dieser Spannung.

Kompensiert werden könnte es mit der Verringerung des Abstandes zwischen den Platten. Damit steigt die Kapazität des Kondensators wieder und die ursprüngliche Ladungsmenge wird größer.

320. Die Schaltung stellt einen einfachen Schwingkreis, bestehend aus Spule und Kondensator dar. Die Frequenz, mit der ein solcher Kreis schwingt, wird von der Kapazität und der Induktivität bestimmt. Es gilt die Thomsonsche Schwingungsgleichung:



Für eine größere Frequenz ist bei konstanter Kapazität eine kleinere Induktivität notwendig.

Die Induktivität wird durch die technischen Daten der Spule bestimmt. Es gilt:



Die Induktivität ist proportional zum Quadrat der Windungszahl und umgekehrt zur Länge der Spule. Da die Windungsdichte konstant ist, also auf doppelter Spulenlänge auch die doppelte Windungszahl ist, hat eine doppelt so lange Spule auch die doppelte Induktivität.

Damit ist die lange Spule für die kleine Frequenz, also das D-Netz, und die kurze Spule für die große Frequenz, also das E-Netz, geeignet.

Die Platten müssen einen Abstand von 0,34 mm haben.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e320)

b) Der obere Teil der Spule ist 2,0 mm lang und enthält 2 Windungen.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e320b)

c) An der Gleichung der Induktivität erkennt man, dass eine Vergrößerung der Induktivität durch eine Erhöhung der Windungszahl oder des Querschnitts sowie eine Verkürzung der Spule erreichen kann. Die Einführung eines Eisenkerns führt ebenfalls zur Vergrößerung der Induktivität und macht sie zudem noch abstimmbar, wenn der Kern rein- oder rausgeschraubt werden kann.

321.

Wenn der Strom, der durch eine Spule fließt, ausgeschaltet wird, geht er ganz schnell von einem Höchstwert auf Null zurück. Die Spule selber spürt natürlich diesen Stromabfall.

Da nun in einer Spule, die einen veränderlichen Strom spürt, eine Spannung induziert wird, passiert das hier auch. Die Spule selber wird zu einer Spannungsquelle.

Die Größe dieser Spannung ist u.a. davon abhängig, wie schnell sich der Strom ändert. Je rascher der Strom abfällt, umso größer wird die Spannung.

In der Spule kommt es also durch den schnellen Stromabfall zu einer hohen Selbstinduktionsspannung.

Anwendung: Bei Ottomotoren wird zum Zünden des Benzin-Luft-Gemisches ein Zündfunken benötigt. Zu dessen Erzeugung lässt man einen Strom durch eine Zündspule fließen. Im richtigen Moment wird dieser Strom durch einen Unterbrecher gestoppt und in der Zündspule entsteht eine sehr hohe Spannung. Die Spule ist an der Zündkerze angeschlossen, bei der ein Funke zwischen den beiden Kontakten überspringt.

Beim elektrischen Weidezaun wird in periodischen Abständen der Strom durch eine Spule ausgeschaltet. Dadurch entsteht eine hohe Spannung, die auf die Leitungen um die Weide geführt wird.

Da beim Berühren kein Kontakt mit der eigentlichen Spannungsquelle besteht und die Spannung sehr schnell wieder zusammenbricht, ist es ungefährlich, aber erschrecklich.

322.

a)

Gemeinsamkeiten: Sowohl im Generator als auch im Transformator werden in einer Spule Spannungen induziert.

Unterschiede: Im Generator ändert sich die Fläche der Spule, die vom Magnetfeld durchsetzt wird, da sie die Spule in einem konstanten Magnetfeld dreht.

Beim Trafo wird durch die Primärspule ein veränderliches Magnetfeld erzeugt, das die Sekundärspule durchsetzt. Die durchsetzte Fläche bleibt beim Trafo konstant.

b)

Experiment 1: Der Maximalwert der Wechselspannung beträgt 2,1 V.

Experiment 2:

Begründung des Kurvenverlaufs: Taucht die Leiterschleife in das Magnetfeld ein, wird in ihr eine Spannung induziert. Da die Geschwindigkeit der Schleife immer größer wird, wird die je Zeit durchsetzte Fläche immer größer. Deshalb steigt die Spannung gleichmäßig an.

Taucht die Schleife vollständig im Magnetfeld ein, ändert sich nichts mehr und die induzierte Spannung fällt auf 0 ab.

Beim Verlassen des Magnetfeldes wird wieder eine Spannung, diesmal entgegen gesetzter Polarität, erzeugt. Da die Spule jetzt noch schneller ist, wird der betrag der Spannung auch größer als im ersten Fall sein. Der Maximalwert wird am Ende des Falls erreicht, weil die Schleife da die größte Geschwindigkeit hat.

Die drei erkennbaren Zeitabschnitte werden immer kürzer, was ebenfalls mit der größer werdenden Geschwindigkeit zusammenhängt.

Der Maximalwert der Wechselspannung beträgt 0,67 V.

Experiment 3:

Da die Schleife nun geschlossen ist, erzeugt die induzierte Spannung einen Strom, der wiederum um die Schleife herum ein Magnetfeld aufbaut. Dieses Feld tritt in Wechselwirkung mit dem ursprünglichen Feld.

Nach der Lenzschen Regel ist dieses so gerichtet, dass es dem Induktionsvorgang entgegenwirkt. Die Ursache der Induktion ist das Falle der Schleife, das damit abgebremst wird.

Die geschlossene Leiterschleife benötigt mehr Zeit bis zum vollständigen Eintauchen in das Magnetfeld.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e322)

323. a) ist richtig.

Das Magnetfeld geht fast auf Null zurück.

Die Richtung des Magnetfeldes ist von der Richtung des Stromes abhängig. In der unteren Lage fließt der Strom in der entgegen gesetzter Richtung wie in der oberen Lage. Dadurch entstehen zwei Magnetfelder, die praktisch gleich groß, aber unterschiedlich gerichtet sind. Diese beiden Felder heben sich in ihrer Wirkung auf.

324. Es muss ein 269 Ohm -Widerstand parallel zum 120 Ohm -Widerstand geschaltet werden. Eine solchen Widerstand gibt es aber im Handel nicht, so dass ein handelsüblicher 270 Ohm - Widerstand verwendet wird.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e324)

325. In der Schaltung sind drei Schalter eingebaut, die entweder offen (0) oder geschlossen (1) sein können. Damit sind 2³ = 8 Schalterstellungen möglich.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Fall** | S3 | S2 | S1 | R1 | R2 | R3 | R4 |
| **1** | 0 | 0 | 0 | 0V | 0V | 0V | 0V |
| **2** | 0 | 0 | 1 | 0 V | 4V | 4V | 4V |
| **3** | 0 | 1 | 0 | 12V | 0V | 0V | 0V |
| **4** | 0 | 1 | 1 | 12V | 4V | 4V | 4V |
| **5** | 1 | 0 | 0 | 4V | 0V | 4V | 4V |
| **6** | 1 | 0 | 1 | 2,4V | 2,4V | 4,8V | 4,8V |
| **7** | 1 | 1 | 0 | 12V | 0V | 0V | 0V |
| **8** | 1 | 1 | 1 | 12V | 12V | 0V | 0V |

**Fall 1:** Kein Widerstand ist an der Spannungsquelle angeschlossen.

**Fall 2:** Die unteren drei Widerstände sind in Reihe an der Spannungsquelle angeschlossen. Die Spannung von 12 V teilt sich gleichmäßig auf die drei Widerstände auf.

**Fall 3:** Widerstand 1 ist als einziger direkt an der Spannungsquelle angeschlossen. An ihm liegt die gesamte Spannung an.

**Fall 4:** Widerstand 1 und die Reihenschaltung der drei unteren Widerstände liegen als Parallelschaltung an der Spannungsquelle. Damit liegt am oberen Widerstand wieder die volle Spannung an und auf die unteren Widerstände verteilen sich die 12 V.

**Fall 5:** Durch das Schließen von Schalter 3 sind die Widerstände 1, 3 und 4 als Reihenschaltung an der Spannungsquelle angeschlossen.

**Fall 6:** Durch Schließen von Schalter 1 liegt wieder Fall 2 vor. Der Schalter 3 bringt aber zusätzlich über den Widerstand 2 den Widerstand 1 parallel dazu. Damit stellen R1 und R2 einen Widerstand dar, der halb so groß ist wie ein einzelner Widerstand.

Es liegt also eine Reihenschaltung von 0,5R, 1R und 1R vor. Die beiden hinteren Widerstände stellen einen Widerstand dar, der vier mal so groß ist wie der vordere Widerstand. Dem zu Folge muss über diesen beiden Widerständen die vierfache Spannung wie über dem vorderen Widerstand abfallen. Insgesamt teilt sich die Spannung auf 1/5 über dem vorderen Widerstand und 4/5 über den beiden hinteren Widerständen auf.   
1/5 von 12V sind 2,4V, die über dem vorderen Widerstand abfallen. Die restlichen 9,6V teilen sich auf den beiden hinteren Widerständen auf.

|  |  |
| --- | --- |
| lse325_1 | lse325_2 |

**Fall 7:** Durch Schalter 2 liegt Widerstand 1 wieder voll an der Spannung. Schalter 3 schließt zwar die Widerstand 3 und 4 mit dazu, die werden aber durch Schalter 2 überbrückt, so dass sie keine Spannung spüren.

**Fall 8:** Sind alle Schalter geschlossen, überbrückt Schalter 2 wieder die Widerstände 3 und 4, so dass sie nicht mit betrachtet werden müssen. Durch die anderen beiden Schalter liegen die Widerstände 1 und 2 parallel an der Spannungsquelle und erhalten beide die volle Spannung.

326. a) Die magnetische Flussdichte im Innern der Spule ist 4,8 mT groß.

b) Die Spule hat eine Induktivität von 4,1 H.

c) Die induzierten Spannung sind -4,8 mV und 1,6 mV groß.

d) Wenn der Eisenkern in die Spule eingeführt wird, vergrößert sich dadurch die Induktivität der Spule und ihr Magnetfeld wird stärker. Während des Einführens ändert sich also das Magnetfeld der Spule, was die Induktion einer Spannung in der Spule zur Folge hat (Selbstinduktion).

Die Spannung ist so gerichtet, dass sie der Ursache der Induktion entgegenwirkt. Die Ursache der Induktion ist die Verstärkung des Magnetfeldes. Damit ist die Spannung so gerichtet, dass sie dem fließenden Strom entgegenwirkt. Der Strommesser zeigt für den Zeitraum des Einführens eine kleinere Stromstärke an.

Ruht der Eisenkern dann in der Spule, steigt die Stromstärke wieder auf ihren ursprünglichen Wert an.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e326)

327. Die Spule (B) hat 20 Windungen.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e327)

328.

|  |  |
| --- | --- |
| b) Der Ohmsche Widerstand lässt sich aus den Messwerten für die Frequenz 0 Hz berechnen. Das ist Gleichstrom und der induktive Widerstand ist für diesen Fall 0. | lse328  [Diagrammquelle](e328.xls) |

c) Fließt durch die Spule ein Wechselstrom, kommt zum ohmschen Widerstand auf Grund der Selbstinduktion ein induktiver Widerstand hinzu. Daraus ergibt sich ein Scheinwiderstand, der mit



berechnet wird.

X ist in diesem Fall der induktive Widerstand, der mit



berechnet wird.

Darin steckt die gesuchte Größe Induktivität.



Aus der Gleichung für den Scheinwiderstand erhält man X:



und damit L:



Z ist der Widerstand, der sich aus der anliegenden Spannung und dem fließenden Strom mit



errechnet.

Damit erhält man nun endlich die Gleichung, in der nur noch gegebene Größen stehen:



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| f in Hz | 0 | 20 | 50 | 100 |
| I in A | 0,80 | 0,26 | 0,11 | 0,06 |
| L in H | / | 0,58 | 0,57 | 0,53 |

Mittelwert: 0,56 H

d) Die Spule hat 464 Windungen.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e328)

329.

a) Lampe 1 und 2 leuchten, die Strommesser 1 und 2 zeigen die gleiche Stromstärke an.

b) Schalter 2 überbrückt die Lampe 1 und den Strommesser 2. Damit fließt durch diese Bauteile kein Strom und es leuchtet nur Lampe 1 auf.

c) Durch das Schließen von Schalter 3 wird Lampe 3 und der Strommesser parallel zur Lampe 2 geschaltet. Der Strom fließt durch Lampe 1, teilt sich dann und fließt durch Lampe 2 und 3. Lampe 1 leuchtet heller als die anderen beiden Lampen. Strommesser 1 und 2 zeigen den gleichen Wert an, Strommesser 3 zeigt etwa den halben Wert an.

d) Lampe 1 wird wieder überbrückt. Lampe 2 und 3 leuchten gleich hell auf. Der Strommesser 1 zeigt den doppelten Strom an wie Strommesser 3.

e) Kurzschluss: der Strom fließt über Schalter 1, Strommesser 1 und Schalter 4 durch den dünnen Draht zur Spannungsquelle zurück. Da er keinen Widerstand durchfließen kann, steigt er stark an und brennt hoffentlich vor dem Defekt des Strommessers den dünnen Draht durch. Dadurch wird der Stromkreis unterbrochen.

330.

a) Es leuchtet keine Lampe.

b) Beide Lampen leuchten.

c) Es leuchtet nur die linke Lampe.

d) Es leuchten beide Lampen.

331.

|  |
| --- |
| lse331 |

332. a) Das Eisen hat bei dieser Magnetisierung eine Permeabilität von 19.

b) Die Feder wird durch das Anlegen der Spannung um 0,015 m = 1,5 cm länger.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e332)

333. a) Für den Leerlauf gilt die Gleichung:



Damit lässt sich die Sekundärwindungszahl berechnen:



b) Wird die Lampe angeschlossen, sinkt die Sekundärspannung etwas ab, da die Gleichung nur für den Leerlauf gilt. Es müssen also etwas mehr Windungen auf die Sekundärspule gewickelt werden, um im realen Fall die Lampe mit 12 V zu versorgen.

c) Nach dem Energieerhaltungssatz ist die Leistung im Sekundärkreis genau so groß wie im Primärkreis. Im Primärkreis werden also auch 50 W umgesetzt.



Da der Trafo einen Wirkungsgrad kleiner 1 besitzt, wird in ihm selbst noch Leistung umsetzt. Das spürt man daran, dass er warm wird. Diese Erwärmung erfolgt zu Lasten des Primärstroms, der dadurch größer als der berechnete ist.

d) Ein Schalter sollte immer in den Primärkreis eingeschaltet werden. Dadurch wird der Trafo vollständig vom Netz getrennt.

Ist der Schalter im Sekundärkreis, fließt nach dem Ausschalten der Lampe durch den Primärkreis ein kleiner Strom, der den Trafo erwärmt. Das ist Energieverschendung.

334. Der Leistungsfaktor beträgt 0,85 und der Blindstrom 14,7 A.

[volls](vlsgeleh2.docx" \l "e334)[tä](vlsgeleh2.docx" \l "e334)[ndige Lösung](vlsgeleh2.docx" \l "e334)

335. a) Der Strom wird kleiner

Mit steigender Frequenz wird in der Spule eine immer größere Spannung induziert (Selbstinduktion) Nach LENZ ist der dadurch fließende Strom seiner Ursache entgegengerichtet. Die Ursache ist der fließende Strom aus der Quelle, der durch die Selbstinduktion immer kleiner wird.

336. Es fließt ein Wirkstrom von 1,6 A und ein Blindstrom von 1,2 A. Die Wirkleistung beträgt 368 W, die Scheinleistung 460 W und die Blindleistung 276 W.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e336)

337. Der neue Widerstand muss 0,83 mal so groß sein wie der ursprünglich.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e337)

338. Der Spannungsmesser zeigt 3 V an.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e338)

339.

1: ohmscher Widerstand

Die Stromstärken bei Gleich- und Wechselspannung sind gleich.

2: Kondensator

Bei Gleichspannung ist die Stromstärke null und bei Wechselstrom größer null.

3: Isolator

Bei beiden Spannungsarten fließt kein Strom

4: Spule

Die Stromstärke ist bei Gleichspannung größer als bei Wechselspannung.

Werte:

1. ohmscher Widerstand



2. kapazitiver Widerstand



Kapazität



3. Spule

Scheinwiderstand



ohmscher Widerstand



induktiver Widerstand



Induktivität





340.

|  |  |
| --- | --- |
| Die Spannungen verhalten sich wie eine Fibonacci-Folge: 1V, 1V, 2V, 3V, 5V, 8V, 13V...  Jede Zahl ist so groß wie die Summe der beiden vorher gehenden.  An Widerstand R1 liegen 1 V an, damit bei 1 Ohm genau 1 A fließen.  Durch den Widerstand R2 fließen ebenfalls 1 A (Reihenschaltung) und die Spannung beträgt dort 1 V. | lse340_1 |
| Zum Widerstand R2 liegen die beiden Widerstände R1 und R2 parallel. Da über diesen beiden jeweils 1 V anliegen, sind am Widerstand R2 2 V zu messen. | lse340_2 |
| Durch die ersten drei Widerstände fließt insgesamt ein Strom von 3 A. Dieser muss durch den Widerstand R3 hindurch, so dass über diesen eine Spannung von 3 V abfällt. | lse340_3 |
| Die beiden Widerstände R3 und R4 sind als Reihenschaltung parallel zu R5 geschaltet. Damit ist die Spannung über R5 so groß wie die über R3 und R4 zusammen, also 5 V. | lse340_4 |
| Durch den nächsten Widerstand müssen nun die 3 A für den Widerstand R4 und die 5 A für den Widerstand R5 fließen. Das sind zusammen 8 A und ergeben einen Spannungsabfall von 8 V.  Damit wird ersichtlich: über jedem Widerstand ist die Spannung so groß wie die Summe der Spannungen über den beiden davor liegenden Widerständen. |  |

341.

a) U1 < U2

Die Induktionsspannung steigt mit der Windungszahl.

b) U1 > U2

Die Induktionsspannung ist größer, je schneller sch das Magnetfeld ändert. Im Experiment 1 erreicht die Stromstärke in der Hälfte der Zeit den gleichen Wert wie im Experiment 2.

c) U1 < U2

Beim Experiment 2 steigt die Stromstärke in der gleichen Zeit auf den dreifachen Wert. Damit ändert sich das Magnetfeld schneller.

d) U1 > U2

Im Experiment 1 hat die Spule eine größere Querschnittsfläche.

342. Durch den Transformator wird die Spannung um den Faktor



erhöht. Das heißt, die Windungszahlen müssen ebenfalls in diesem Verhältnis stehen: die Sekundärspule muss 10 mal mehr Windungen besitzen als die Primärspule.

Dadurch wird die Stromstärke um den Faktor 19 verkleinert. Das hat eine deutlich geringere Erwärmung der Leitungen zur Folge und bedeutet eine erhebliche Verkleinerung der Verluste in den Leitungen. Der Wirkungsgrad der Stromübertragung steigt.

343.

a)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Schalter 1 | Schalter 2 | Lampe a | Lampe b |
| Auf | Auf | Aus | Aus |
| Zu | Auf | Aus | An |
| Auf | Zu | Aus | An |
| Zu | Zu | Aus | An |

b)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Schalter 1 | Schalter 2 | Lampe a | Lampe b |
| Auf | Auf | Aus | Aus |
| Zu | Auf | An | Aus |
| Auf | Zu | An | An |
| Zu | Zu | An | An |

344. a) Der Wert wird kleiner

|  |  |
| --- | --- |
| Die Schaltung kann als Wheatstonesche Messbrücke angesehen werden. Der sonst übliche vierte Widerstand wird von dem Schalter gebildet, der im offenen Zustand den Wert Unendlich und im geschlossenen Zustand den Wert 0 hat.  Für die Spannung gilt allgemein: | lse344 |

Aus der Aufgabenstellung sind die folgenden Beziehungen bekannt:



Damit kann nun die Spannung für die beiden R4-Werte bestimmt werden.

1. Schalter offen, R4 = unendlich



In der zweiten Klammer steht unter dem Bruchstrich der Widerstand R2 plus unendlich. Das ergibt natürlich wieder unendlich.

Da Unendlich unter dem Bruchstrich steht, wird der ganze Bruch 0 und kann weggelassen werden.



2. Schalter geschlossen, R4 = 0



Bei offenem Schalter beträgt die gemessene Spannung 2/3 der Spannung an der Spannungsquelle. Wird der Schalter geschlossen, polt sich die Spannung am Messgerät um und erreicht den Wert –1/3 der Spannung an der Spannungsquelle.

Da das Messgerät aber nur die Beträge der Spannung anzeigt, wird durch Schließen des Schalters der Wert am Messgerät halbiert.

345. Der erste Kondensator hat eine Kapazität von 33 pF und der zweite von 99 pF.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e345)

346. **a)** Schaltung 2 ist für diesen Fall geeignet.

Eine Sicherung ist ein dünner Draht, der bei einer bestimmten Stromstärke durchbrennt.

Im Schaltplan 1 liegt die Sicherung direkt über der Spannungsquelle und würde diese Kurzschließen. Damit brennt die Sicherung sofort durch und der Kurzschluss ist weg. Die drei Geräte arbeiten normal, sind aber durch die Sicherung nicht mehr geschützt.

In der dritten Schaltung schützt zwar die Sicherung die drei Geräte, aber diese sind in Reihe geschaltet. Die Spannung der Spannungsquelle teilt sich auf die Gerät auf, die dann nur mit einem drittel der Spannung laufen. An der Sicherung fällt keine Spannung ab!

**b)**

|  |  |
| --- | --- |
| Der untere Schalter schaltet gleichzeitig die Bohrmaschine und die Heizplatte ein. Das geht aber nur, wenn der obere Schalter eingeschaltet ist.  Der obere Schalter allein schaltet die Lampe. | lse346 |

|  |  |
| --- | --- |
| 347.  lse347_1  Als erstes reist man alle Schalter aus der Schaltung. Man erkennt, dass L1 und L3 zur Spannungsquelle in Reihe geschaltet sind. | lse347_2 |
| lse347_3  Parallel zu L1 liegt L2. | lse347_4 |
| lse347_5  L4 und L5 liegen ebenfalls in Reihe zu Spannungsquelle. | lse347_6 |
| lse347_7  L6 liegt direkt an der Spannungsquelle. Fertig | lse347_8 |

b) Man geht ähnlich vor wie in Lösung a.

|  |  |
| --- | --- |
| lse347_9  Damit L1 und L3 leuchten können, muss S1 und S3 geschlossen werden. Gleichzeitig kann der Strom aber auch über L2, L5 und L4 zur Spannungsquelle fließen. Damit leuchten L1, L2, L3, L4 und L5. | lse347_11  Nun fehlt nur noch L6, die mit S6 angeschaltet wird.  Damit alle Lampen leuchten. müssen die Schalter S1, S3 und S6 geschlossen werden. |
|  |  |
| lse347_12 | Es reicht aus, den Schalter S1 öffnen. Damit werden alle Zuleitungen zu dem einen Pol der Spannungsquelle getrennt und alle Lampen gehen aus. |
| lse347_13 | Das Schließen des Schalters S7 überbrückt die Lampe L4. Damit kann der Strom direkt über den Schalter fließen und muss sich nicht mehr durch die Lampe L4 quälen. Die geht aus. |
| lse347_14 | Wenn Lampe L3 ausfällt, ist der Stromkreis an dieser Stelle unterbrochen. Das ist genau wie das Öffnen des Schalters S3.  Da S4 und S5 auch offen sind, kann der Strom von L1 und L2 nicht weiter fließen. Die beiden Lampen gehen aus. |

348.

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Die Schaltung kann als eine Reihenschaltung von einer Spannungsquelle und zwei Widerständen betrachtet werden. Der Widerstand der Lampe RL berechnet sich mit    Der für die gegebene Leistung notwendige Strom ist    und eingesetzt: | lse348_1 |

Die Spannung von 3 V teilt sich auf die beiden Widerstände im Verhältnis der Widerstandswerte auf. Am Innenwiderstand der Batterie fällt etwa 1/7 und an der Lampe etwa 6/7 der Spannung ab. An der Lampe sind das 2,6 V und damit etwa die Hälfte der notwendigen Spannung. Die Lampe leuchtet nur schwach.

2.

|  |  |
| --- | --- |
| Bei der Parallelschaltung bleibt die Spannung von 3 V erhalten. Der Innenwiderstand der Spannungsquelle halbiert sich. Dadurch fällt über den Widerstand der Lampe mehr Spannung ab.  Der Widerstand der Lampe ist jetzt 12,5 mal so groß wie der Innenwiderstand der Batterie. Damit bekommt die Lampe 12,5/13,5 Teile der Spannung von 3 V und das sind 2,8 V.  Diese Spannung ist größer als die Spannung bei einer Batterie, die Lampe ist also heller. | lse348_2 |
| Schaltet man die Batterien in Reihe verdoppelt sich die Spannung. Gleichzeitig verdoppelt sich aber auch der Innenwiderstand der Batterien.  Damit ist der Widerstand der Lampe jetzt 3,125 mal so groß wie der Batteriewiderstand.  An der Lampe fällt nun 3,125/5,125 der Gesamtspannung von 6 V ab und das sind 3,6 V.  Diese Spannung ist größer als bei der Parallelschaltung der Batterien, überlaste die Lampe aber noch nicht. | lse348_3 |

349.

a) Der Stabmagnet erzeugt bei jeder Umdrehung eine Schwingung der Wechselspannung. Da die Frequenz 50 Hz betragen soll, sind 50 Schwingungen pro Sekunde erforderlich. Das ergibt Umdrehungen in der Minute.

b)

Durch die Struktur des Magneten entstehen pro Umdrehung vier Schwingungen. Man kann sich den Magneten ja wie vier Stabmagneten vorstellen.

Das sind dann



Umdrehungen pro Sekunde oder



Umdrehungen pro Minute.

c) Um 20 Hz zu erzeugen sind 20:4 = 5 Umdrehungen pro Sekunde nötig.

Es ist aber die Geschwindigkeit gefragt. Da das Dynamorad auf dem Reifen abrollt, hat es die gleiche Geschwindigkeit, die somit der Geschwindigkeit des Fahrradfahrers entspricht!!

Eine Umdrehung entsprechen



Da sich das Rad 5 mal in der Sekunde drehen muss, legt es dabei einen Weg von 28.27 cm zurück.

Dies entspricht einer Geschwindigkeit von



Ab einer Geschwindigkeit von 1 km/h sieht man sein Vorderlicht nicht mehr flackern.

Es ist übrigens sehr schwierig, so langsam zu fahren.

350. Die Energie, die bezahlt werden muss, ist einfach die Leistung mal die Zeit und wird in kWh angegeben.

Wie viel Stunden hat ein Jahr?



Das mit der Leistung multipliziert ergibt



Da die kWh 15 Cent kostet, ergibt sich ein Preis von 47,30 Euro.

Dafür könnte man auch zwei Bewegungsmelder installieren, die die Lampe nur bei Bedarf anschalten.

351.

Der Widerstand des ursprünglichen Leiters ergibt sich aus



Da der neue Leiter aus dem gleichen Material besteht, spielt der spezifische Widerstand keine Rolle. Es gilt dann nur noch, das der Widerstand proportional zur Länge und umgekehrt proportional zum Querschnitt ist:



Die Länge des neuen Drahtes ist halb so lang wie die des ursprünglichen Drahtes, der Querschnitt hat sich verdoppelt.

Damit wird durch die Verkürzung der Widerstand halbiert und durch die Verdickung ebenfalls halbiert. Der neue Widerstand hat nur noch ein viertel des alten Wertes.

352. Die Leistung berechnet sich mit



Wenn die Spannung fällt, sinkt gleichzeitig die Stromstärke. Nur der Widerstand bleibt ungefähr konstant. (Nicht ganz, da sich die Temperatur ändert!)

Es gilt also weiterhin:



Setze man das in die erste Gleichung ein, erhält man:



Die Leistung ist also direkt proportional zum Quadrat der Spannung. Die Leistung ändert sich deutlich stärker als die Spannung.

Die Spannung sinkt auf 75% oder ¾ des ursprünglichen Wertes. Dann fällt die Leistung auf diesen Wert ins Quadrat.



Die Leistung sinkt also fast bis auf die Hälfte ab!

353. Die Energie errechnet sich aus der Leistung und der Zeit, die die Lampe leuchtet:



Damit ergibt sich für die Glühlampe eine Energie von 60 000 Wh = 60 kWh und   
für die Energiesparlampe 96 000 Wh = 96 kWh.

354. Der zweite Widerstand kann 7,9 Ohm oder 0,1 Ohm groß sein.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e354)

355. Der Leistungsverlust für das 230V-Gerät ist 0,09 W und für das 12V-Gerät stolze 19,16 W.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e355)

356.

a) Aus dem Feldlinienbild kann eine Aussage über die Richtung und die Stärke des Feldes gemacht werden. Feldlinien zeigen per Definition immer von der positiv geladenen Platte zur negativ geladenen Platte.

Die Stärke des Feldes wird durch die Dichte der Feldlinien dargestellt. Je dichtet die Linien liegen, umso stärker ist das Feld.

b) Die Kapazität eines Plattenkondensators berechnet sich nach der Gleichung:



Fläche und Abstand sind bekannt, so dass gerechnet werden kann:



Zwischen der Feldstärke und Spannung besteht der Zusammenhang:



Damit lässt sich die Spannung zwischen Wolke und Erdboden berechnen:



Das sind 585 Millionen Volt, die sich zwischen der Wolke und dem Erdboden aufbauen.

Aus der Spannung und der Kapazität lässt sich die Ladung berechnen:



Die Energie des elektrischen Feldes kann aus den bekannten Größen berechnet werden:



Ein Joule ist eine Wattsekunde.

Damit die Lampe von 100 W ein Jahr lang leuchten kann, muss eine bestimmte Energie bereitgestellt werden:



Damit kann ein Gewittere ein Glühlampe problemlos ein Jahr lang betreiben.

An einem Tag benötigt die Glühlampe eine Energie von



Teilt man die gesamte Energie des Gewitters durch diese Energie, erhält man 3502,8 Tage, also rund 9,5 Jahre.

357. Der Kondensator hat eine Kapazität von 25,0 pF.

Die Kugel wird um 1,91° ausgelenkt. Die dazu notwendige Kraft des elektrischen Feldes ist groß.

Die Feldstärke im Kondensator beträgt 20 kV/m und auf der Kugel befindet sich eine Ladung von 4,09 nC.

d) Die Auslenkung der Kugel hängt von der elektrischen und der Gewichtskraft ab. Die Gewichtskraft bleibt konstant, so dass nur die elektrische Kraft betrachtet werden muss.

Die elektrische Kraft ist nach



von der Ladung der Kugel und der elektrischen Feldstärke direkt abhängig. Die Ladung der Kugel soll sich nicht ändern, so dass nur die Feldstärke eine Rolle spielt.

Die Feldstärke ist



Laut Aufgabenstellung soll der Abstand der Platten bei konstanter Spannung vergrößert werden. Damit wird aber die Feldstärke kleiner.

Da die Kraft direkt von der Feldstärke abhängt, wird diese auch kleiner und die Kugel wird nicht mehr so stark ausgelenkt.

e) Vor dem Durchschneiden wirken auf die Kugel zwei Kräfte: die elektrische Kraft und die Gravitationskraft. Unter der Wirkung dieser beiden Kräfte stellt sich für die Kugel ein Kräftegleichgewicht ein. Die resultierende Kraft, die die Kugel spürt, zeigt in Richtung des Fadens, der die für die Ruhelage notwendige Gegenkraft aufbringt.

Wird er durchgeschnitten, bewegt sich die Kugel unter dem Einfluss der resultierenden Kraft. Da sich beide Kräfte nicht ändern, bleibt auch die resultierende Kraft konstant.

Die Kugel bewegt sich deshalb in Richtung der resultierenden Kraft, also in Richtung des Fadens gleichmäßig beschleunigt weiter.

f) Wird an die Platten eine sinusförmige Wechselspannung angelegt, bedeutet das, dass sich die Polarität ständig ändert. Bei einer geringen Frequenz wird die Kugel hin und her pendeln, da sie einmal von der einen und dann von der anderen Platte angezogen wird.

Da die Kugel an dem Faden als Pendel zu betrachten ist, hat es natürlich auch eine Eigenfrequenz. Das ist die Frequenz, mit der es frei schwingen würde.

Erregt man ein Pendel periodisch mit dieser Eigenfrequenz, kommt es zur Resonanz und das Pendel schwingt besonders stark.

Für das Pendel im Kondensator kann diese Frequenz berechnet werden.



Bei dieser Frequenz ist am Pendel die größte Amplitude zu beobachten.

Steigt die Frequenz weiter, wird die Amplitude wieder kleiner. Das Pendel kommt hinter den Polarisationswechseln nicht mehr hinterher.

Bei weiter steigender Frequenz wird die Amplitude immer kleiner, bis das Pendel zum Schluss gar nicht mehr schwingt. Der Wechsel der Polarität ist so schnell, dass die Kugel auf Grund ihrer Trägheit keine Auslenkungen mehr macht.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e357)

358.

a)

1. Lösungsweg:

Das Kügelchen besitzt zu Beginn des Experimentes keine Geschwindigkeit und damit auch keine kinetische Energie.

Kommt es auf der anderen Seite an, hat es kinetische Energie.

Diese Energie hat es aus der Energie des elektrischen Feldes zwischen den Kondensatorplatten erhalten, das Feld verrichtet an dem Kügelchen also Arbeit.

Die Spannung in einem homogenen Feld ist definiert als:



Q ist dabei eine Ladung in dem Feld und W die Arbeit, die das Feld an der Ladung verrichtet.

Die Arbeit ist also:



Diese wird in die kinetische Energie des Kügelchens umgewandelt, so dass man schreiben kann:



v ist die gesuchte Geschwindigkeit des Kügelchens, die jetzt berechnet werden kann:



2. Lösungsweg:

Das Kügelchen bewegt sich im homogenen elektrischen Feld. Es wirkt eine konstante Kraft, so dass es eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung durchführt. Es ist die Geschwindigkeit nach dem Durchlaufen der 20 cm gesucht. Für die Geschwindigkeit nach einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung gilt:



Sowohl a als auch t sind unbekannt.

Es gilt aber weiterhin:



Stellt man diese Gleichung nach t um und setzt sie in die Gleichung für die Geschwindigkeit ein, erhält man



Jetzt muss noch für a eine Aussage gefunden werden.

Da die Kraft im homogenen elektrischen Feld konstant ist, gilt das Newtonsche Grundgesetz:



Die Masse ist bekannt und über die Kraft kann man über die Definition der Feldstärke eine Aussage machen:



Q ist die Ladung des Probekörpers, in diesem Fall also des Kügelchens. E ist die elektrische Feldstärke und die ist in einem homogenen Feld



U ist die Spannung zwischen den Platten und s der Abstand. Beides sind bekannte Größen.

Damit erhält man für die Kraft:



und für die Beschleunigung:



Damit geht man in die oben stehende Gleichung für die Geschwindigkeit und erhält die beim 1. Lösungsweg gefunden Gleichung:



b)

Was macht das Kügelchen währende des Hin- und Herfluges?

Zu Beginn hat es keine Geschwindigkeit. Danach beschleunigt es auf Grund der konstanten Kraft des elektrischen Feldes gleichmäßig. Das heißt, die Geschwindigkeit wächst proportional mit der Zeit.

Kommt es an der gegenüberliegenden Platte an, kehrt sich die Bewegung schlagartig um. Das Kügelchen wird reflektiert. fliegt also mit der Geschwindigkeit, mit der es aufprallte, wieder zurück.

Da die Kraft des Feldes immer noch wirkt, wird es weiterhin schneller, die Geschwindigkeit muss also weiter gleichmäßig ansteigen.

Da es jetzt schneller ist, benötigt es für den Rückweg weniger Zeit. Am Ende des betrachteten Vorganges ist der Betrag der Geschwindigkeit am größten.

Jetzt zu den einzelnen Diagrammen.

1. Diagramm: Die Geschwindigkeit steigt von 0 aus gleichmäßig an. Nach einer bestimmten Zeit erreicht sie ihren Maximalwert. Danach wird sie wieder kleiner und hat am Ende des Vorganges wieder den Wert 0. Da die Geschwindigkeit am Ende 0 ist, kann des dieses nicht sein.

2. Diagramm: Die Geschwindigkeit steigt gleichmäßig bis zu einem Wert an. Danach ändert sich schlagartig das Vorzeichen der Geschwindigkeit, der Betrag bleibt gleich. Das ist die Reflexion an der zweiten Platte.

Nun bleibt die Geschwindigkeit aber konstant. Deshalb: ungeeignet.

3. Diagramm: Der Unterschied zum 2. Diagramm besteht darin, dass nach der Reflexion die Geschwindigkeit weiter gleichmäßig steigt. Der Flug nach der Reflexion ist kürzer als der erste Teil. Damit erfüllt dieses Diagramm alle Forderungen zum Beschreiben der Bewegung.

4. Diagramm: Die Geschwindigkeit steigt schon im ersten Teil nicht gleichmäßig an. Deshalb: völlig ungeeignet.

359.

|  |
| --- |
| lse359 |
| b) Begründung: Beim Schließen des Schalters beginnt der Strom zu Fließen. Er steigt vom Wert 0 zu einem Maximalwert an.  Da sich die Stärke des Stromes, der durch die Spule fließt, ändert, entsteht in der Spule eine Induktionsspannung. Diese Spannung ist nach Lenz so gerichtet, dass sie der Ursache des Induktionsvorganges entgegenwirkt.  Die Ursache der Induktion ist der Strom vom Netzteil. Die Induktionsspannung hemmt also diesen Strom, so dass er nur allmählich ansteigen kann.  Da sich der Strom beim Annähern an den Maximalwert immer weniger ändert, wird die Induktionsspannung immer kleiner und verschwindet zum Schluss ganz. Der Strom wird jetzt nur noch vom ohmschen Widerstand der Spule begrenzt und ändert sich nicht mehr. |

c) Mit dieser letzten Begründung lässt sich der ohmsche Widerstand der Spule berechnen. Es gilt



Die Spannung ist die vom Netzteil und der Strom entspricht dem letzten Messwert.



Die Induktivität lässt sich so einfach nicht berechnen. Allgemein gilt:



Der letzte Ausdruck ist die erste Ableitung des Stromes nach der Zeit und entspricht dem Anstieg der Stromkurve zum Zeitpunkt t.

Welcher Zeitpunkt kann gewählt werden? Zum Zeitpunkt 0 liegt bereits die Spannung des Netzteils an der Spule an. Da zu diesem Zeitpunkt kein Strom fließt, wird die Induktionsspannung in der Spule so groß sein, dass sie den Stromfluss vollständig verhindert. Das geht nur, wenn sie genau so groß wie die Spannung des Netzteiles ist.

Es gilt also:



Was jetzt noch fehlt ist der Anstieg der Stromkurve zum Zeitpunkt 0. Dazu kann ein grafischer Taschenrechner verwendet werden, der diesen Anstieg berechnen kann.

Im konkreten Fall wurde die Regression auf einem TI-83 durchgeführt und lieferte 1,22.

Unter Berücksichtigung der Einheiten bedeutet das



Damit lässt sich die Induktivität berechnen:



Hinweis: Der Wert kann durch die Bestimmung des Anstieges variieren.

360.

a) Protonen sind positiv geladene Teilchen, z.B. der Atomkern eines Wasserstoffatoms.

Im Magnetfeld spürt das Proton die Lorentzkraft. Diese Kraft steht senkrecht zur Flugrichtung der Protonen und senkrecht zur Richtung des Magnetfeldes.

Damit bewirkt diese Kraft keine Veränderung der Geschwindigkeit der Protonen, denn dazu müsste sie in Flugrichtung wirken.

Da sie jedoch immer senkrecht zur Flugrichtung wirkt, stellt sie eine Radialkraft dar und zwingt die Protonen auf eine Kreisbahn.

Die Lorentzkraft, die als Radialkraft wirkt, liefert auch den Ansatz für die Berechnung des Radius. Es gilt:



und ausführlich:



r ist der gesuchte Radius:



m ist die Protonenmasse und Q die Ladung eines Protons, also die Elementarladung.



361.

Es gilt:



Die Länge wird um den Faktor 3 kleiner und der Querschnitt um den Faktor 3 größer. Damit sinkt der Widerstand auf ein neuntel des ursprünglichen Wertes.

362. Durch das Stecken wächst die Länge auf das Doppelte. Damit verdoppelt sich der Widerstand erst mal.

Gleichzeitig wird der Draht aber noch dünner, so dass der Widerstand auch dadurch noch ansteigt.

Für den Querschnitt des Drahtes gilt:



Da das Volumen gleich bleibt, die Länge sich aber verdoppelt, halbiert sich der Querschnitt.

Der Widerstand verdoppelt sich, wenn sich der Querschnitt halbiert.

Damit wird der Widerstand des Drahtes durch die Streckung vervierfacht.

363. 100 km Freileitung haben einen Widerstand von 10,5 Ohm.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e363)

364. Der Kupferdraht hat eine Masse von 52,3 kg.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e364)

365. Auf der Spule sind 55,4 m Draht aufgewickelt.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e365)

366. Zum Zeichen des Diagramms müssen für die drei erkennbaren Zeitabschnitte die Spannungen berechnet werden, die in der Spule 2 induziert werden.

Die Induktionsspannung berechnet sich ganz allgemein nach der Gleichung:



Da die Spulenachsen parallel liegen, gilt:



und das magnetische Feld ändert sich gleichmäßig. Es kann somit geschrieben werden:



B ist die magnetische Flussdichte und A der Querschnitt der Spule. Da die Spulen nicht bewegt werden, bleibt der vom Magnetfeld durchflossene Querschnitt gleich, es ändert sich für die Spule nur die Flussdichte. Deshalb kann die Gleichung für die Induktionsspannung weiter vereinfacht werden:



Die Windungszahl und die Fläche der Spule 2 sind bekannt. Die magnetische Flussdichte erhält man über die Spule 1, die ja das Magnetfeld erzeugt.

Allgemein berechnet sich die Flussdichte mit:



Die Spule enthält Luft, damit ist µ0 = 1 und kann in der Gleichung weg gelassen werden. µr ist Permeabilität, N die Windungszahl, I der fließende Strom und  die Länge der Spule.

Die Analyse des Diagramms zeigt, dass sich der Strom und damit das Magnetfeld in den ersten beiden Sekunden und von der 5. zur 6. Sekunde ändert. Damit ändert sich in diesen Zeitabschnitten auch das Magnetfeld und in Spule 2 wird eine Spannung induziert. Zwischen der 2. und 6. Sekunde ist der Strom und damit das Magnetfeld konstant und es wird keine Spannung induziert.

Wie groß ist das Magnetfeld nach der 2. Sekunde?



Mit dieser Flussdichte kann nun die Spannung berechnet werden, die im ersten Teil entsteht. Die Änderung der Flussdichte entspricht genau diesem berechnet wert, da sie zu Beginn 0 war.

Als Windungszahl muss jetzt natürlich die der Spule 2 eingesetzt werden.



|  |
| --- |
| In der letzten Sekunde ändert sich die magnetische Flussdichte wieder um 28,26 mT, da sich der absolute Wert verdoppelt. () Da dieser Vorgang in nur einer Sekunde abläuft, ist die entstehende Spannung doppelt so groß (). |
| lse366 |

367.

a) Auf das Öltröpfchen wirken zwischen den Kondensatorplatten zwei Kräfte: Die allgegenwärtige Erdanziehung wirkt nach unten, die Ladungen des Kondensators wirken nach oben. Das Tröpfchen ist in Schwebe, wenn die beiden Kräfte gleich groß sind. Es gilt also:



Die Spannung wird wohl auf der linken Seite stehen. Für die Kraft auf einen geladenen Körper im elektrischen Feld gilt:



E ist die elektrische Feldstärke am Ort, wo sich der geladene Körper befindet und Q die Ladung des Körpers. Da zwischen den Platten des Kondensators ein homogenes Feld ist, kann man schreiben:



U ist die anliegende Spannung und d der Abstand der Platten. Damit ist die gesuchte Spannung aufgetaucht. Die elektrische Kraft ist jetzt:



Die Gewichtskraft auf der rechten Seite ist



Die Masse des Öltröpfchens lässt sich über Dichte und Volumen ausdrücken:



Das Volumen wiederum ist dass einer Kugel und lässt sich mit



Das ergibt für die Gewichtskraft:



Beide Kräfte in die Ausgangsgleichung eingesetzt ergibt:



Diese Gleichung wird nach der gesuchten Spannung U umgestellt:



Die unbekannte Ladung des Tröpfchens steht unter dem Bruchstrich. Das heißt, je größer die Ladung wird, umso kleiner ist die notwendige Spannung, um das Tröpfchen in der Schwebe zu halten. Die größte Spannung erhält man, wenn man für die Ladung den kleinsten möglichen Wert einsetzt. Das ist genau eine Elementarladung, da das die eines nichtteilbaren Elektrons ist.

Der Radius ist mit maximal 0,5 µm vorgegeben. Er steht in der Gleichung über dem Bruchstrich und bestimmt damit ebenfalls die maximale Spannung.

Nun können die gegebenen Größen eingesetzt und die maximale Spannung berechnet werden.



Damit die Tröpfchen schweben können, muss die Spannung im Bereich von 0 V bis 85 V einstellbar sein.

**b)** Der Schwebezustand lässt sich schwer einstellen. Die Tröpfchen sind so klein, dass sich die Brownsche Bewegung bemerkbar macht. Durch die Stöße der Luftmoleküle sind die Tröpfchen praktisch nicht zur Ruhe zu bringen.

Weiterhin kann man den Radius des Tröpfchens nur sehr ungenau bestimmen. Der lässt sich erst durch die von Millikan gewählte Methode des Sinkens und Steigens exakt ermitteln.

**c)** Die Ladung des Tröpfchens lässt sich aus dem Schwebezustand ableiten. Es gilt das in a) angegebene Kräftegleichgewicht



Diese Gleichung nach der gesuchten Ladung umgestellt ergibt:



Leider fehlt in der Gleichung noch der Radius.

Dieser lässt sich aus dem Sinken des Tröpfchens bestimmen. Da das Öl mit konstanter Geschwindigkeit sinkt, ist die Summe aller Kräfte Null. Denn nach dem Trägheitsgesetz bewegt sich ein Körper nur gleichförmig, wenn auf ihn keine Kraft wirkt.

Die elektrische Kraft ist weg. Dafür ist die Reibungskraft mit der Luft dazugekommen. Auf das Tröpfchen wirken jetzt nach unten die Gewichtskraft und die Reibungskraft nach oben. (Die Reibungskraft wirkt immer entgegen der Bewegung.) Beide Kräfte sind gleich groß, heben sich also auf.



Die Gewichtskraft wurde bereits in a) hergeleitet. Die Reibungskraft ergibt sich aus dem Gesetz von Stokes.



Damit kann die Ladung berechnet werden:



Das Tröpfchen trägt die doppelte Elementarladung.

368. Der Widerstand wird durch die rechte Leitung überbrückt. Damit hat er keine Funktion mehr, denn der Strom nimmt immer den Weg des geringsten Widerstandes, also über die rechte Leitung.

Die Schaltung stellt einen Kurzschluss dar.

369.

a) Die Spannung muss mindestens 12,1 V betragen. Damit erreichen die Elektronen am Gitter G1 die Energie 12,1 eV und können die Xe-Atome noch ionisieren.

Die Ionisation erfolgt gequantelt. Ein Xe-Atom kann nur dann ionisiert werden, wenn es mit einem Elektron der Energie 12,1 eV unelastisch zusammenstößt.

b) Durch den deutlichen Unterschied der Spannungen (U1<<U2) kann die Wirkung der Spannung U1 vernachlässigt werden. Die Ionen werden im Feld zwischen G1 und G2 beschleunigt. sie erhalten also aus der Energie des Feldes kinetische Energie.

Die Energie, die die Ladung Q in einem homogenen elektrischen Feld erhält, ist



U ist die Spannung, die das Feld aufbaut.

Die Ionen sind einfach positiv geladen, so dass die Ladung genau der Elementarladung e entspricht.

Damit wird:



Die Masse ist die Atomare Masse eines Xe-Ions. Dafür kann die atomare Masse eines Xe-Atoms verwendet werden. Das Ion ist zwar etwas leichter als das Atom, denn ihm fehlt ja ein Elektron, dieser Unterschied ist jedoch so klein, dass er vernachlässigt werden kann.

Das Xe-Atom hat eine Masse von 131,30 atomaren Masseeinheiten.



c) Bei einer bestimmten Temperatur haben die Ionen eine mittlere Geschwindigkeit. Einige sind schneller und andere sind langsamer als die mittlere Geschwindigkeit. Das heißt, es lässt sich nur die Temperatur angeben, bei denen die mittlere Geschwindigkeit der Ionen der Geschwindigkeit entspricht, wie sie die Ionen in dem Triebwerk haben.

Die mittlere kinetische Energie der Ionen kann mit



berechnet werden.

Gleichzeitig gilt aber nach der kinetischen Gastheorie



k ist die Bolzmann-Konstante und T die Temperatur, also die hier gesuchte Größe.

Die beiden Gleichungen können gleich gesetzt und nach T umgestellt werden:



Nach der kinetischen Gastheorie ist der Zusammenhang zwischen der mittleren Geschwindigkeit und dem mittleren Geschwindigkeitsquadrat:



Damit lässt sich nun die gesuchte Temperatur berechnen.



d) Die ausgestoßenen Xenon-Ionen üben eine Impulsänderung des Raumschiffes aus. Diese Änderung ist



oder



Gleichsetzen und mach der Kraft umstellen bringt



Die Masse ist die gesamte Xenonmasse, die Zeit die 1,2 Jahre, in dienen die gesamte Masse ausgestoßen wird und v die Geschwindigkeit der Ionen.

Damit lässt sich die Kraft berechnen:



Das ist sehr wenig, bewirkt aber auf die lange Zeit und durch den fehlenden Reibungswiderstand eine Beschleunigung des Raumschiffes.

e) Die Leistung ist die je Zeit verrichtete Arbeit. Die Arbeit entspricht der umgesetzten Energie:



Die Energie ist die Energie, die notwendig ist, die Xenonatome auf die Ausstoßgeschwindigkeit zu beschleunigen:



Damit erhält man die Leistung:



f) Das Triebwerk stößt ununterbrochen positive Ionen aus. Damit lädt es sich aber immer weiter negativ auf und würde die Ionen anziehen.

Damit das Triebwerk neutral bleibt, müssen die negativen Elektronen senkrecht zur Flugrichtung des Raumschiffes abgeben werden.

370.

**a)** Der Wechselstromwiderstand eines Kondensators ist



und der einer idealen Spule (also ohne ohmschen Widerstand)



L und C sind Induktivität und Kapazität,  ist die Kreisfrequenz, mit der der Schwingkreis in Eigenschwingung schwingt.

Für die Kreisfrequenz gilt:



T ist die Schwingungsdauer einer Eigenschwingung im Kreis und berechnet sich mit der Thomson-Gleichung:



Setzt man das ein, erhält man für die Kreisfrequenz:



Diese Gleichung setzt man nun in die Gleichungen für die Wechselstromwiderstände ein:



und



Es soll nun gezeigt werden, dass diese beiden Gleichungen identisch sind.



Dazu kann man z.B. über Kreuz multiplizieren:



**b)** Es soll gezeigt werden, dass



gilt.

Stellt man die Gleichung nach k um, erhält man



Dieses k muss nun für jedes Messwertpaar berechnet werden.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| x in m | 0,250 | 0,200 | 0,150 | 0,100 |
| f0(x) in kHz | 25,3 | 28,3 | 32,7 | 40,0 |
| k in m/s² |  |  |  |  |

**c)**

Die Thomsonsche Schwingungsgleichung lautet:



Damit kann die Frequenz angegeben werden:



Da der Kondensator bei diesem Versuch nicht verändert wird, kann man schreiben:



Jetzt muss der Zusammenhang zwischen der Induktivität und der Länge der Spule untersucht werden.

Die Induktivität berechnet sich allgemein:



Betrachtet man nur die Größen, die bei diesem Experiment verändert werden, kann man schreiben:



Die Länge der Spule wird verändert und ist x. Mit der Länge ändert sich aber auch die Anzahl der Windungen. Die Anzahl der Windungen ist direkt proportional zur Länge der Spule:



Damit kann man schreiben:



Die Induktivität ist also direkt proportional zur Länge x.

Für die Frequenz ergibt sich damit:



Und das sollte ja gezeigt werden.

371. Wird der Schalter umgelegt, beginnt der Strom durch die Spule zu fließen. Da sich dadurch die Stromstärke in der Spule erhöht, baut sich auch ein Magnetfeld um die Spule auf. Dieses ansteigende Magnetfeld erzeugt in der Spule selber eine Induktionsspannung, die nach der Lenzschen Regel der Ursache der Induktion entgegen wirkt. Das heißt, die Spannung ist so gepolt, dass sie dem Anstieg des Stromes von der Spannungsquelle entgegen wirkt.

Der fließende Strom erzeugt am Widerstand R1 einen Spannungsabfall, der am Oszi angezeigt wird. Der Strom steigt auf Grund der Selbstinduktion in der Spule langsam bis zu einem Maximalwert an. Damit steigt auch die Spannung an dem Widerstand. Dieser Wert beträgt hier 0,7 V.

Diese 0,7 V werden durch den Strom hervorgerufen, der durch R1 fließt und lässt sich damit berechnen:



Dieser Strom wiederum wird durch die Spannung und die beiden ohmschen Widerstände bestimmt. Da der Strom nach etwa 17 ms konstant fließt, tritt keine Selbstinduktion auf.

Es gilt:



Die Spule hat einen ohmschen Widerstand von 8 Ohm.

Eine typische Größe einer Reihenschaltung von Spule und Widerstand ist die Halbwertszeit. das ist die Zeit, in der der Strom auf die Hälfte des Endwertes angestiegen ist. Es gilt:



Aus dem Diagramm kann man entnehmen, dass die Spannung, und damit ja auch der Strom durch die Schaltung, nach etwa 2 ms die Hälfte des Endwertes, also 0,35 V, erreicht hat.



372. b) Die Alufolie löst sich auf.

Das Salzwasser wirkt als Elektrolyt. Zwischen dem Kupfer des 5-Cent-Stückes und der Alufolie baut sich wie in einem Voltaschen Element eine Spannung auf. Alu ist das unedlere Metall und zersetzt sich.

373. Die Zeit steigt um 23%, wenn die Spannung um 10% kleiner wird.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e373)

374. Die Lampe kann 169 s, also etwa 3 min leuchten, bevor ihr der Saft ausgeht.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e374)

375. a) Die Coulombkraft lässt sich mit dem Coulombschen Gesetz berechnen:



b) Durch die gleichartigen Ladungen der Kugeln stoßen sie sich gegenseitig ab. Das hat zur Folge, dass die Kugel 2 eine abbremsende Bewegung durchführt. Die Beschleunigung ist



Das gilt aber nur, wenn die Kraft konstant bleibt.

Da aber durch die Annäherung der Abstand der Kugeln immer kleiner wird, wächst nach dem Coulombschen Gesetz die abstoßende Kraft, so dass eine einfache Darstellung der Bewegung nicht möglich ist.

In dem Modell wird schrittweise aus der Kraft die Beschleunigung, die Geschwindigkeit und daraus der neue Abstand berechnet. Mit diesem Abstand wird dann wieder die Kraft, die Beschleunigung usw. bestimmt.

Wählt man die Zeitabschnitte sehr klein, lässt sich die Bewegung gut simulieren.

c) [Excel-Tabelle](e375.xls)

d) In der Excel-Tabelle ist zu erkennen, dass die Kugel 2 nach 4,8 s in 36 cm Abstand zur Kugel 1 zur Ruhe kommt und sich dann wieder zurück bewegt.

376.

a) – konstant, aber nicht Null: Die Geschwindigkeit ändert sich gleichmäßig, v~t

0 s ... 0,25 s

1,2 s ... 1,45 s

- Null: Die Geschwindigkeit bleibt gleich

0,6 s ... 1,2 s

- nicht konstant: Die Geschwindigkeit ändert sich ungleichmäßig

0,25 s ... 0,6 s

Die rechte Seite erreicht nach 0,25 s das Magnetfeld. Bis dahin erfolgt die Bewegung gleichmäßig beschleunigt, wird als nur durch das Gewicht beschleunigt. Ab 0,25 s taucht die Spule in das Magnetfeld ein und wird durch die Selbstinduktion abgebremst.

Nach 0,6 s ist die Kraft, die durch die Selbstinduktion entsteht, genau so groß wie die Kraft, mit der das Gewicht am Wagen zieht. Damit bewegt sich der Wagen gleichförmig weiter.

Die linke Seite taucht nach 1,2 s in die Spule ein. In der Spule wird jetzt keine Spannung induziert und der Wagen bewegt sich wie vorher gleichmäßig beschleunigt weiter.

b) Der Wagen wird bis zum Eintritt in das Magnetfeld einfach nur gleichmäßig beschleunigt. Es wirkt nur die konstante Kraft des Hakenkörpers.

Die Geschwindigkeit ist gesucht und es gilt für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung:



Nun ist aber weder die Beschleunigung a noch die Zeit t für diese Bewegung bekannt, beide müssen erst noch bestimmt werden.

Da die Kraft konstant ist, gilt das Newtonsche Grundgesetz:



F ist die Kraft, die durch den Hakenkörper erzeugt wird und m die Masse, die beschleunigt wird. Das ist aber die Masse des Wagens plus die Masse des Hakenkörpers zusammen!

Damit ist



und



Die Beschleunigung a lässt sich dann so schreiben:



Die Zeit kann aus den Gesetzen der Kinematik abgeleitet werden:



Damit wird aus der ursprünglichen Gleichung für die Geschwindigkeit:



In diese Gleichung können die gegebenen Größen eingesetzt werden:



c) Die Geschwindigkeit bleibt in der Zeit zwischen 0,6s und 1,2s konstant. Die Beschleunigung ist demnach Null. Nach dem Newtonschen Grundgesetz



bedeutet dass, das in dieser Zeit die Summe aller Kräfte auf den Wagen ebenfalls Null sein muss, da die Masse ja einen vorgegebenen Wert hat.

Auf den Wagen wirkt die Kraft des Gewichtes in die Richtung der Bewegung. Damit die Summe der Kräfte Null wird, muss eine gleich große Kraft in die entgegen gesetzter Richtung wirken. Diese Kraft wird durch die Induktion hervorgerufen:

Der Wagen mit der Leiterschleife bewegt sich im Magnetfeld. Dadurch wird nach dem Induktionsgesetz im rechten, senkrechten Teil der Schleife eine Spannung induziert, die einen Strom fließen lässt. Dieser Strom erzeugt selbst ein Magnetfeld, das mit dem äußeren Magnetfeld in Wechselwirkung tritt.

Nach der Lenzschen Regel ist der Strom nun so gerichtet, dass er der Ursache der Induktion entgegen wirkt. Die Ursache der Induktion ist aber die Bewegung des Wagens. Das Magnetfeld, das durch den Induktionsstrom erzeugt wird, wirkt mit dem äußeren Magnetfeld so, dass es die Bewegung abbremst. Es wirkt eine Kraft entgegen der Bewegung des Wagens.

Wenn die Spule vollständig in das Magnetfeld eingetaucht ist, wird im vorderen und hinteren Teil der Spule die gleiche Spannung induziert, so dass in der Spule kein Strom fließt und die Geschwindigkeit wieder zunimmt.

d) Zu der angegebenen Zeit hat der Wagen eine konstante Geschwindigkeit und befindet sich vollständig im Magnetfeld. Wie in der vorangehenden Aufgabe erklärt wurde, wirkt auf den Wagen eine Gegenkraft zu der Kraft des Gewichtes. Diese Gegenkraft ist die Lorentzkraft, also die Kraft auf einen stromführenden Leiter im Magnetfeld. Diese Lorentzkraft muss so groß sein wie die Kraft, die durch das Gewicht auf den Wagen wirkt.



Die Lorentzkraft ist



also Flussdichte mal Länge des Leiters mal Stromstärke. Die Stromstärke ist die gesuchte Größe.

Damit wird:



Die Länge des Leiters sind die Stücke der Spule, die sich senkrecht zu den Feldlinien bewegen und zuerst in die Spule eintauchen. Es gilt:



Damit kann der Strom berechnet werden:



377. a) falsch

b) richtig

c) falsch

d) richtig

e) richtig

f) falsch

Das elektrische Feld wirkt immer in Richtung der Vektoren. Damit bewegen sich die Elektronen auf einer Parabelbahn nach unten.

Das magnetische Feld wirkt senkrecht zur Flugrichtung der Elektronen und den Vektoren. Damit kann diese Kraft eine horizontale Kreisbahn erzeugen.

Wirken beide Felder, überlagern sich die nach unten erzeugte Parabelbahn mit der horizontalen Kreisbahn. Das wird eine Art Spiralbahn.

Sollen die Elektronen geradlinig fliegen, müssen sich die Kräfte aus den beiden Feldern aufheben. Da sie aber senkrecht aufeinander stehen, ist das nicht möglich. Einen geradlinigen Durchflug erhält man nur mit gekreuzten Feldern.

378. Der gesuchte Widerstand ist 224 Ohm groß.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e378)

379. Der gesuchte Widerstand hat einen Wert von 226 Ohm.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e379)

380. An der Spannungsquelle dürfen maximal 7,5 V eingestellt werden.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e380)

381. c) gleicher Betrag, andere Richtung

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e381)

382. Die Lampe kann 6,75 h leuchten, bis die Akkus leer sind.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e382)

383.

Es kommt das Coulombsche Gesetz zur Anwendung:



zu 1.



zu 2.



zu 3.



|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nr. | Q1 | Q2 | r | |F| | Anziehung/ Abstoßung |
| 1 |  |  |  |  | abstoßend |
| 2 |  |  |  |  | anziehend |
| 3 |  |  |  |  | anziehend |
| 4 |  |  |  |  | abstoßend |
| 5 |  |  |  |  | abstoßend |
| 6 |  |  |  |  | anziehend |

384.

a) Die elektrostatische Abstoßungskraft berechnet sich mit dem Coulombschen Gesetz;



Die beiden Ladungen entsprechen den Ladungen des Protons, also einer Elementarladung und der Abstand dem gegebenen mittleren Protonenabstand:



b) Die gravitative Kraft wird mit dem Gravitationsgesetz berechnet:



Die Massen sind die Protonenmassen:



c) Die elektrische Kraft ist abstoßend, würde also die Protonen auseinandertreiben. Die Gravitationskraft ist anziehend, hält die Protonen also zusammen. Nur: Die anziehende Kraft ist um Größenordnungen kleiner als die abstoßende Kraft. Die Gravitation spielt praktisch keine Rolle, sie ist Null.

Den Kern halten demnach andere Kräfte zusammen.

Diese Kraft ist die starke Wechselwirkung oder starke Kernkraft. Sie kann die abstoßende Kräfte aufhalten, hat aber nur eine sehr kurze Reichweite. Sie liegt im Bereich der Protonenabstände und ist deshalb in der Praxis nicht zu spüren.

385.

zu 1.

Die Spannung berechnet sich mit der Widerstandsdefinition:



Die Arbeit ist



Leistung:



Für die anderen Aufgaben müssen die drei Gleichungen jeweils nach der gesuchten Größe umgestellt werden.

zu 6.

Es wird zuerst die Zeit berechnet. Danach kann die Stromstärke bestimmt werden:



Damit geht man in die Gleichung für die Arbeit:



|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Spannung | Stromstärke | Widerstand | Arbeit | Zeit | Leistung |
| 1 | 31 V | 2,50 A | 12,4  | 11,6MJ | 2,50 min | 77,5 W |
| 2 | 150 V | 5,75 A | 26,1  | 71,2kJ | 82,5 s | 863 W |
| 3 | 230 V | 1,10 A | 210  | 1,07 kWh | 4,23 h | 253W |
| 4 | 7500 V | 12,5 A | 600  | 93,8 kWh | 60,0 min | 93,8 kW |
| 5 | 83,1 V | 5,50 A | 15,1  | 1 MJ | 2188 s | 457 W |
| 6 | 48 V | 0,02 A | 2,40 k | 800 J | 822 s | 960 mW |

386. a) Der dünne Draht hängt deutlich stärker durch.

Der dünne Draht erwärmt sich stärker als der dicke Draht.

Durch beide Drähte fließt auf Grund der Reihenschaltung der Strom in der gleichen Stärke. Entscheidend für die Erwärmung ist die Stromdichte, also das Verhältnis von Stromstärke zum Querschnitt des Leiters.

Je größer die Stromdichte ist, umso mehr erwärmt sich der Draht. Damit erreicht bei gleicher Stromstärke der dünne Draht eine höhere Temperatur und dehnt sich dadurch mehr aus.

387. Der veränderbare Kondensator muss seine Kapazität zwischen 140 nF und 240 nF ändern können.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e387)

388. a) Die Beschleunigungsspannung ist 639 V groß.

b) Bei größer werdender Geschwindigkeit nimmt entsprechend der Relativitätstheorie die Masse der Elektronen zu. Damit lassen sich die Gleichungen nicht mehr so einfach verwenden.

c) Die Elektronen werden zwischen den Platten um 3,1 mm abgelenkt.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e388)

389.

a) Für eine lange Spule ist die der Radius r deutlich kleiner als die Länge der Spule, also



Mit dieser Aussage untersucht man nun die Gleichung.



Wie verhält sich die Flussdichte in der Mitte der Spule im Vergleich zum Rand? Für die Mitte der Spule ist z=0:



Wenn der Radius deutlich kleiner als die Länge ist, ist er so klein, dass er in der Summe der Quadrate praktisch keine Rolle spielt und weggelassen werden kann:



Damit fällt aber auch die Wurzel samt Quadtrat weg:



Achtung: im zweiten Ausdruck unter dem Bruchstrich wird durch das Quadrieren das Vorzeichen positiv.



b) Wie sieht das nun für den rechten Rand aus? dort ist z genau die Hälfte der Länge:



Den Radius kann man wieder weglassen.



Wie zu sehen ist, verschwindet der zweite Term, da er im Zähler 0 wird.



Der Ausdruck in der Klammer ergibt genau 1, so dass:



übrig bleibt.

c) [Excel-Tabelle und Diagramm](e389.xls)

d) In der Excel-Tabelle erhält man über eine Zielwertsuche einen -Wert von 0,14. (Extras, Zielwertsuche…)

390. Das Magnetfeld hat eine Flussdichte von 340 mT.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e390)

391.

a) Ein Körper bewegt sich gleichförmig, wenn die Summe aller auf ihn wirkenden Kräfte Null ist.

Durch das elektrische Feld spürt das Tröpfchen eine beschleunigende Kraft. Die Luftreibung, die immer entgegen der Bewegungsrichtung wirkt, wächst aber mit steigender Geschwindigkeit. Ab einer bestimmten Geschwindigkeit ist die Reibungskraft der Luft genau so groß wie die beschleunigende Kraft des Feldes und das Teilchen bewegt sich gleichförmig.

Auf den Einfluss von Gewichtskraft und Auftriebskraft wurde bei dieser Betrachtung verzichtet.

b)

|  |  |
| --- | --- |
| lse391_1 | lse391_2 |
| Steigen | Sinken |

d) Jedes Tröpfchen kann nur eine ganze Anzahl von Elementarladungen tragen. Wenn man eine große Anzahl von Messwerten hat, muss jede bestimmte Ladung ein ganzzahliges Vielfaches der gesuchten Elementarladung sein. Diese ergibt sich dann als kleinster gemeinsamer Teiler aller Ladungen.

392.

|  |  |
| --- | --- |
| **a)** Die Elektronen bewegen sich bei einem Stromfluss vom Minus- zum Pluspol, in der Skizze also von links nach rechts. Damit ist ihre Bewegungsrichtung senkrecht zu den Feldlinien des Magnetischen Feldes und sie spüren die Lorentzkraft.  Nach der Linke-Hand Regel wirkt diese Kraft in der Skizze nach hinten. Die Elektronen bewegen sich dadurch nicht geradlinig durch die Kupferfolie hindurch, sondern mehr am hinteren Rand. Am vorderen Rand ist damit ein Elektronenmangel (Pluspol) und am hinteren Rand ein Elektronenüberschuss (Minuspol). Zwischen vom vorderen und hinteren Rand bildet sich eine Spannung, die Hallspannung. | e432_1 |

b) In einem Kubikmeter Kupfer befinden sich  freie Elektronen.

c) Das molare Volumen gibt an, wieviel ein Kubikmeter ein Mol Kupfer einnimmt. Da die Anzahl der Elektronen in einem Kubikmeter bekannt sind lässt sich die Anzahl in einem Mol berechnen:



Die Avogadro-Konstante gibt die Teilchenanzahl in einem Mol des Stoffes, also hier von Kupfer, an. Sie beträgt



Diese Zahl ist kleiner als die Anzahl der freien Elektronen in dem Mol. Das wiederum bedeutet, dass es mehr freie Elektronen als Atome in dem Mol gibt. Es gibt also im Kupfer Atome, die mehr als ein Elektron abgeben können, dass zum Stromfluss beiträgt.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e392)

393. Der Gesamtwiderstand der Schaltung zwischen den Punkten A und B ist 5 Ohm groß.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e393)

394.

1) Der Gesamtwiderstand der Schaltung kleiner als R1. richtig

2) An R2 liegt eine größere Spannung als an R1 an. falsch

3) Der Strom durch R2 ist größer als durch R1. falsch

4) Der Gesamtstrom ist kleiner als der Strom durch R2. falsch

395. e) weiterhin nach Norden.

Es gibt zwei Gründe, warum die Nadel weiterhin nach Norden zeigt.

1. In der Leitung fließt Wechselstrom, der in der Sekunde 100 Mal die Richtung wechselt. Die Nadel ist zu träge, um da mitzukommen.

2. Da die Leitung aus hin- und Rückleitung besteht, fließen immer zwei Ströme in entgegen gesetzte Richtungen. Damit heben sich die Magnetfelder auf, so dass die Nadel davon gar nichts spürt.

396. Bei einem Preis von 0,17 Euro pro Kilowattstunde erhält man eine Einsparung von 28 Euro pro Jahr.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e396)

397. Nach 0,81 s erreicht die Stromstärke ¾ des endgültigen Wertes.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e397)

398.

|  |  |
| --- | --- |
| a) harmonische Schwingung: Zur Ruhelage des Schwingers wirkt eine Kraft, die proportional zum Abstand zur Ruhelage ist.  gedämpfte Schwingung: Jede freie Schwingung ist gedämpft. Durch Abgabe von Energie wird die Amplitude ständig kleiner.  ungedämpfte Schwingung: Durch periodische Energiezufuhr werden die Energieverluste ausgeglichen und die Amplitude bleibt konstant. | b)  lse398 |

c) Der Transistor wirkt als Schalter. Wenn im Schwingkreis eine Schwingung stattfindet, wird in der rechten Spule periodisch eine Spannung induziert. durch diese Spannung wird der Transistor über die Basis periodisch geöffnet und geschlossen und liefert in den Schwingkreis Energie. Damit werden die Verluste im Schwingkreis ausgeglichen und es läuft eine ungedämpfte Schwingung ab.

d) Die Gleichung für die Frequenz im Schwingkreis lautet:



Die Induktivität L ist gegeben. Die Kondensatoren können in Reihe oder Parallel geschaltet werden. In Reihe ergeben sie 0,5 µF und Parallel 2 µF.

Damit lassen sich die Frequenzen berechnen:



e)



|  |  |
| --- | --- |
| 399.  Lampe L2 leuchtet. Die obere Diode ist in Durchlassrichtung geschaltet. Damit fließt der Strom durch sie hindurch und meidet die Lampe. Die untere Diode ist in Sperrrichtung geschaltet, wirkt also als Isolator. Damit fließt der Strom durch die Lampe. | lse399 |

400.

|  |  |
| --- | --- |
| a)  lse400 | b)  lse400_2 |

zu b) Die Stromstärke beginnt erst ab einer bestimmten Spannung zu fließen. Diese Spannung heißt Flussspannung und ist vom Diodenmaterial abhängig. Bei roten LED ist sie niedriger als bei blauen LED.

Die Flussspannung ist notwendig, um die Spannung zu überwinden, die in der Diode selber durch die Diffusion von freibeweglichen Ladungsträgern in die Sperrschicht entsteht.

c) Die blaue LED hat eine Flussspannung von über 3 V. Dafür sind wenigstens 3 Batterien notwendig, die in Reihe geschaltet 4,5 V liefern. Für eine rote LED sind etwa 2 V ausreichend, die man mit zwei Batterien schafft.

401. b) nur die grünen Streifen.

Wenn die Tasse geladen ist, sind auch die Streifen geladen. Ladungen befinden sich aber nur außen auf der Tasse. Das Innere stellt einen Faradayschen Käfig dar und ist frei von elektrischen Feldern. Damit wirken auf die inneren Streifen keine Kräfte und sie bleiben einfach so hängen.

402.

a)

1 elektrische Energie

2 Wärmeenergie

3 Wärmeenergie

4 Lichtenergie

b)

5%

Von den 100% werden 50% in elektrische Energie umgewandelt. Das sind dann die 100%, die in die Glühlampe gehen. Davon werden nur 10% in Licht umgewandelt.

Damit werden aber nur 5% der gesamten mechanischen Energie in die wirklich nutzbare Energie Licht umgesetzt.

403. Da die Geschwindigkeit bei allen Versuchen gleich ist, hängt die Induktionsspannung direkt von der Windungszahl und der Stärke des Magnetfeldes ab. Damit ergibt sich folgende Reihenfolge:



404. Der Gesamtwiderstand der Schaltung beträgt in beiden Fällen 10 Ohm. Es muss also für die zweite Schaltung die Gleichung zur Berechnung des Gesamtwiderstandes aufgestellt und daraus der gesuchte Widerstand berechnet werden.

|  |  |
| --- | --- |
| Zur besseren Darstellung werden die Widerstände bezeichnet: der 10 Ohm mit R1, der unbekannte mit R2 und der Gesamtwiderstand mit Rges. | ls403_1 |
| Die beiden rechten Widerstände sind in Reihe geschaltet und werden zusammengefasst.  Damit ergibt sich für den Gesamtwiderstand:    Als einziger unbekannter Widerstand ist R2 enthalten, nach dem umgestellt wird. | ls403_2 |
| Da der Gesamtwiderstand genau so groß wie der Widerstand R1 sein soll, kann man ihn ersetzen:    Das sieht nach einer quadratischen Gleichung aus. Also Normalform:    Ordnen:    Allgemeine Lösungsformel:    Setzt man ein, erhält man einen negativen und damit sinnlosen Wert und 16,2 Ohm | |

405. Ein Widerstand von 22,2 Ohm muss in Reihe zum Messgerät geschaltet werden.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e405)

406. Die Batterien halten 6,4 Stunden

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e406)

407. Die Batterie kann das Standlicht 15,3 Stunden leuchten lassen. Danach lässt sich das Auto aber nicht mehr starten.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e407)

|  |  |
| --- | --- |
| 408. a) deutlich weniger  Die Leistung, die die Lampe abgibt, berechnet sich mit    Werden zwei gleiche Lampen in Reihe geschaltet, halbiert sich die Spannung an jeder Glühlampe. Damit fließt aber durch jede Lampe nur noch der halbe Strom, wenn man die Widerstände der Lampe als konstant betrachtet.  Da sowohl die Spannung und auch der Strom halbiert werden, sinkt die Leistung einer Lampe auf deutlich weniger als die Hälfte der ursprünglichen Leistung. Damit schaffen auch zwei Lampen nicht Leistung wie eine Lampe. Der Beleuchtungsmesser zeigt deutlich weniger an. | e407_4 |

409. Es gilt



Für die Reihenschaltung ist der Gesamtwiderstand



und für die Parallelschaltung



Setzt man für R2 ein, erhält man für die Reihenschaltung



und für die Parallelschaltung



Setzt man die beiden Gesamtwiderstände ins Verhältnis, ergibt das



Der Gesamtwiderstand der Reihenschaltung ist 4,5-mal so groß wie der Gesamtwiderstand der Parallelschaltung.

Der Gesamtwiderstand der Reihenschaltung ist immer größer als der Gesamtwiderstand der Parallelschaltung.

410. Nach 8,8 s sind die beiden Ströme gleich groß.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e410)

411. Auf der Spule sind 3100 Windungen.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e411)

412.

Interpretation der Zeilen:

1. Es wird die Ladung auf dem 1. Kondensator mit der Spannung und der Kapazität berechnet.
2. Der Strom, der durch den Widerstand fließt, wird von der Größe des Widerstandes und der über dem Widerstand anliegenden Spannung bestimmt. Der 1. Kondensator stellt eine Spannungsquelle dar, da dem die beiden Teile Kondensator 2 und Widerstand in Reihe geschaltet sind. Damit gilt   
   U1= UR + U2 (Spannung in der Reihenschaltung)  
   Damit kann die Spannung über dem Widerstand R berechnet werden.
3. Es wird der Strom durch den Widerstand R berechnet.
4. Damit kann berechnet werden, wie viel Ladungen nach dem Zeitschritt auf dem Kondensator 1 sind: Die ursprüngliche Ladung minus die Ladung, die durch den Strom abtransportiert wurden.
5. Die Ladung auf dem Kondensator 2 ist nun einfach die ursprüngliche Ladung plus die Ladungen, die gerade von C1 weggeflossen sind.
6. Mit den neu berechneten Ladungen werden die Spannungen über den Kondensatoren berechnet. Spannung über C1
7. Spannung über C2
8. Der Zeitschritt ist durchzuführen.

|  |
| --- |
| lse413_1 |
| Das Diagramm wurde mit dem Programm Moebius erstellt. Das Programm ist im Ordner „moebius“. |
| lse413_2 |
| Der gleiche Sachverhalt, aber mit Excel erstellt. [zur Exceltabelle](e413.xls) |

413. b) Beide gehen etwa gleichzeitig an.

Zu Beginn haben beide Leuchtdioden einen sehr hohen Widerstand. Bei etwa 1,6 V wird die rote LED leitfähig, ihr Widerstand sinkt also auf einen sehr kleinen Wert ab. Die blaue LED hat aber immer noch einen sehr großen Widerstand.

In einer Reihenschaltung teilt sich die Spannung so auf, dass über den großen Widerstand immer die große Spannung abfällt. Das heißt, über der blauen LED wird die Spannung immer größer, über der roten LED bleibt sie erst mal so. Damit bleibt sie aber noch dunkel.

Wenn die blaue LED dann die 2,9 V erreicht hat, sinkt auch ihr Widerstand. Damit liegt über beiden LED die Spannung an, bei der sie zu leuchten anfangen. Von jetzt ab steigt über beiden die Spannung gleichmäßig und beide leuchten.

[Video zum Versuch](bilder\e413.mp4)

414. a) Der Strom steigt bis zum Anlaufen des Rotors und wird dann kleiner und steigt dann wieder.

Bis zum Anlaufen des Rotors stellt die Spule einen einfachen ohmschen Widerstand dar, Spannung und Stromstärke sind zueinander proportional.

Beim Anlaufen des Rotors beginnt sich die Spule des Rotors im Magnetfeld des Stators zu drehen. Dadurch entsteht in ihr selber eine Induktionsspannung, die im Stromkreis einen zusätzlichen Stromfluss erzeugt.

Nach der Lenzschen Regel ist der Induktionsstrom immer so gerichtet, dass er seiner Ursache entgegenwirkt.

Die Ursache der Induktion ist das Drehen des Rotors, das durch den ursprünglichen Strom hervorgerufen wird.

Damit ist der Induktionsstrom so gerichtet, dass er dem ursprünglichen Strom entgegenwirkt, ihn also deutlich schwächt.

[Video zum Versuch](bilder\e414.mp4)

415. a) Durch das Verlängern wird der Draht nicht nur länger sondern auch dünner. Da das gleiche Material auf die dreifache Länge gezogen wird, verringert sich der Querschnitt auf ein drittel.

Der Widerstand wächst als durch das Verlängern auf 6 Ohm und durch das Verringern des Querschnitts auf 18 Ohm. Der Widerstand hat sich verneunfacht.

b) Der Widerstand wird noch größer.

416. Entscheidend für die Helligkeit der Lampe ist die umgesetzte Leistung. Sie ist das Produkt aus Spannung und Stromstärke.

Damit die 3W-Glühlampe die 3 W wirklich abgibt, muss durch sie ein Strom von



fließen.

Mit den im Experiment verwendeten 0,4 A leuchtet sie also nicht ganz mit maximaler Helligkeit.

Der Strom, der durch die Lampe fließt, wird durch die anliegende Spannung und den Widerstand des Drahtes bestimmt. Der Widerstand der Lampe beträgt beim Betrieb



Die 6W Lampe gibt bei einer Spannung von ebenfalls 6 V die doppelte Leistung ab. Das schafft sie nur, wenn bei 6 V ein doppelt so großer Strom wie durch die 3W-Lampe fließt. Damit muss sie aber einen nur halb so großen Widerstand wie die 3W-Lampe haben.

Wenn nun durch die 6W-Lampe 0,4 A fließen sollen, muss im Vergleich zur 3W-Lampe eine deutlich kleinere Spannung angelegt werden. Damit ist aber bei dieser Lampe trotz der gleichen Stromstärke die Leistung deutlich kleiner als bei der 3W-Lampe und sie leuchtet deutlich schwächer.

**417.** c) Größer als Ug.

In einem Wechselstromkreis treten zwischen den Strömen und den Spannungen Phasenverschiebungen auf, die bei einer Reihenschaltung an den einzelnen Bauteilen Spannung einstehen lassen könne, die höher als die Gesamtspannung sind.

Das kann man zeigen:

Frage: Kann das Verhältnis zwischen der Spannung über der Spule und der Gesamtspannung größer als 1 werden.



Die Spannung über der Spule ist



und die Gesamtspannung



XL ist der Wechselstromwiderstand der Spule und Z ist der Scheinwiderstand der Reihenschaltung aus ohmschen Widerstand, Kondensator und Spule.

Da der Strom an allen Stellen der Schaltung gleich ist, kann man schreiben:



Der Scheinwiderstand Z berechnet sich aus dem ohmschen Widerstand R und dem Blindwiderstand X. Der Blindwiderstand ist



Damit wird das Spannungsverhältnis



Das Verhältnis der Spannungen ist größer 1, wenn



sein kann.

Das ist durchaus möglich. Sind z.B. der induktive und der kapazitive Widerstand gleich groß, fällt die Klammer weg. (Resonanzfall)

Das Quadrat des induktiven Widerstandes ist dann ohne weiteres größer als der ohmsche Widerstand.

**418.** Der gesuchte Widerstand kann den Wert 173 Ohm oder 83 Ohm haben. Der Widerstand R2 hat dann den anderen Wert.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e418)

419.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e419)

420.

a) Sie muss verkleinert werden.

Am unbelasteten Trafo verhalten sich die Spannungen wie die Windungszahlen



Nach der Sekundärspannung umgestellt ergibt das:



Die Primärspannung wird kleiner.

Damit bei konstanter Sekundärwindung die Sekundärspannung gleich bleibt, muss die Primärwindungszahl verkleinert werden. Damit bleibt der Quotient

****

auch gleich.

421.

In der Gleichung stecken zwei Größen, die veränderbar sind: die Frequenz f und die Kapazität C.

Die Frequenz versteckt sich in der Kreisfrequenz:



Die Gleichung für den kapazitiven Widerstand sieht dann so aus:



In der Interpretation lässt man nun eine der beiden veränderlichen Größen konstant und untersucht das Verhalten des Widerstandes, wenn man die andere Größe ändert.

*konstante Frequenz:*



Der kapazitive Widerstand ist umgekehrt proportional zur Kapazität des Kondensators.

Das heißt, dass bei einer gleichbleibenden Frequenz ein Kondensator mit einer größeren Kapazität einen kleineren kapazitiven Widerstand hat.

Erklärung: Bei einer größeren Kapazität müssen zum Auf- und Abladen mehr Ladungen transportiert werden als bei einer kleinen Kapazität. Das heißt aber, es fließt ein größerer Strom, was für die Spannungsquelle einen kleineren Widerstand darstellt.

*konstante Kapazität:*



Der kapazitive Widerstand ist umgekehrt proportional zur Frequenz der Wechselspannung.

Das heißt, dass bei einem Kondensator der kapazitive Widerstand mit steigender Frequenz immer kleiner wird.

Erklärung: Bei Gleichstrom ist die Frequenz 0 Hz und der Widerstand des Kondensators unendlich groß. Er ist ja ein Isolator.

Mit steigender Frequenz wird er immer öfter umgepolt. Dadurch fließen immer mehr Ladungen zum Kondensator hin und wieder weg, was einen steigenden Strom bedeutet. Für die Spannungsquelle stellt das einen immer kleiner werdenden Widerstand dar.

**422.**

|  |  |
| --- | --- |
| Die Schaltung stellt einen gestaffelten Spannungsteiler dar und wird erst mal umgezeichnet. Gesucht ist die Spannung über dem Widerstand R6.  Die Spannung über dem Widerstand wird von der gesamten Schaltung davor bestimmt. Also berechnet man Schritt für Schritt die Widerstände und Spannungen und kommt dann zurück zum gesuchten Wert. | lse422_1 |
| Schritt für Schritt wird der Gesamtwiderstand der Schaltung berechnet: | lse422_2 |
|  | lse422_3 |
|  | lse422_4 |
| In dieser einfachen Reihenschaltung von zwei Widerständen lassen sich die Teilspannungen über die Spannungsteilerregel bestimmen: Die Gesamtspannung verhält sich zur Spannung über einem Widerstand wie der Gesamtwiderstand zu dem Widerstand. | lse422_5 |
| Der Ersatzwiderstand, der sich aus R2, R3, R4 und R5 ergibt, wird mit R2\* bezeichnet. | Es gilt: |
| Damit liegt über dem Widerstand R2 und damit auch über den zu ihm parallel geschalteten Widerständen eine Spannung von 5,08 V.  Diese teilt sich nun nach der Spannungsteilerregel auf den Widerstand R3 und den Ersatzwiderstand von R4, R5 und R6 (R4\*)auf. | lse422_6 |
| Diese Spannung ist nun die Gesamtspannung, die über den Widerständen R5 und R6 anliegt. | lse422_7 |
|  | lse422_8 |
| **Es geht aber auch schneller:**  Das Spannungsverhältnis eines gestaffelten Spannungsteilers ist gleich dem Produkt der Spannungsverhältnisse der einzelnen Stufen.  Da sich die Spannungen wie die Widerstände verhalten, können an Stelle der Spannungen auch die Widerstandswerte eingesetzt werden |  |

|  |  |
| --- | --- |
| **423.** c) Deutlich mehr als bei der langen Schraube.  Für die magnetische Flussdichte einer Spule gilt die Beziehung:    Da außer der Länge der Spule alle anderen Größen bei beiden Schrauben gleich sind, ist die Stärke des Magnetfeldes bei der Spule mit der kleineren Schraubenlänge größer. In den Becher geht deutlich mehr Wasser hinein. | |
| e423_4 | e423_5 |

**424.**

a) Der Gleitkörper bewegt sich in beiden Fällen beschleunigt nach rechts.

Im Experiment 1 führt der Körper eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung durch. Begründung: Zwischen den Kondensatorplatten ist ein homogenes Feld, die elektrische Feldstärke ist also an allen Stelen gleich groß. Damit ist die Kraft auf den Probekörper an jeder Stelle des Feldes gleich groß.

Im Experiment 2 führt der Körper eine ungleichmäßig beschleunigte Bewegung durch, die Beschleunigung wird immer größer.

Begründung: die ortsfeste, geladene Kugel hat ein Radialfeld. Die Feldstärke wird mit kleiner werdendem Abstand immer größer. Damit wird auch die Kraft auf den Probekörper immer größer und die Beschleunigung immer stärker.

b) Die Kraft auf einen geladenen Probekörper in einem elektrischen Feld ist



E ist die elektrische Feldstärke und Q die Ladung der Kugel. Die elektrische Feldstärke eines homogenen Feldes im Kondensator ist



U ist die Spannung zwischen den Platten und d der Abstand der Platten.

Die Spannung berechnet sich aus der Kapazität und der Ladung des Kondensators:



Damit kann nun die Kraft auf den Probekörper berechnet werden:



Auf den Probekörper wirkt eine konstante Kraft von 4,5 mN.

c) Da die Kraft konstant ist, ist es eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung und es gilt, da aus dem Stand beschleunigt wird,



Die Zeit kann aus dem Weg bestimmt werden:



Damit erhält man



Nach dem Newtonschen Grundgesetz ist die Beschleunigung



und damit



d) es gilt das Coulombsche Gesetz:



Da der Raum zwischen den beiden Ladungen nur Luft enthält, ist .



Zu Beginn des Versuches spürt der Probekörper eine Kraft von 18 mN.

e) Allgemein ist der zurückgelegte Weg die Fläche unter der v-t-Kurve.

Man kann diesen Flächeninhalt durch Auszählen bestimmen:

|  |  |
| --- | --- |
| Die grüne Fläche belegt etwa 5 Kästchen. Ein Kästchen sind    Damit hat der Gleiter beim erreichen der Geschwindigkeit etwa 1 cm zurückgelegt. | e424_4 |

Mit Hilfe des GTR lässt sich die Fläche unter der Kurve bis zur gesuchten Geschwindigkeit berechnen. Da erhält man etwa 0,9 cm.

425.

**a)** Die Lampe leuchtet immer schwächer: Spule

Die Spule hat einen ohmschen Widerstand und einen Blindwiderstand. Der Blindwiderstand wird mit steigender Frequenz immer größer: 

Ursache dafür ist die Selbstinduktionsspannung in der Spule, die den Stromfluss entsprechend der Lenzschen Regel behindert.

**b)** Die Lampe leuchtet immer heller: Kondensator.

Der Kondensator besteht aus zwei leitenden Platten, die durch einen Isolator getrennt sind. Damit fließt im Gleichstromkreis kein Strom.

Wird er an Wechselspannung angeschlossen, werden die Platten periodisch auf- und abgeladen, wodurch ein Stromfluss in der Zuleitung entsteht.

Das heißt aber, dass er jetzt einen endlichen Widerstand darstellt.

Der Strom wird größer, wenn die Frequenz steigt, da er ja in gleicher Zeit immer häufiger auf- und abgeladen werden muss.

Der Blindwiderstand des Kondensators fällt mit steigender Frequenz: 

**c)** Die Lampe leuchtet immer heller und ab einer bestimmten Frequenz nimmt die Helligkeit wieder ab.

In einer Siebkette wirken Kondensator und Spule entgegengesetzt. Bei kleiner Frequenz sperrt der Kondensator, bei hoher Frequenz die Spule.

Mittendrin stellt sich ein Fall ein, wo der Strom Maximal ist. Das ist der Resonanzfall, bei dem die beiden Blindwiderstände genau gleich groß sind.

426.

**a)** Die Elektronen erhalten aus der Energie des elektrischen Feldes zwischen Katode und Anode kinetische Energie. Die Gesamtenergie der Elektronen am Ende der Beschleunigungsstrecke ist die Summe aus der Energie, die sie am Anfang hatten und der Energie, die sie durch das Feld erhalten haben.

Aus der Gesamtenergie lassen sich dann die gesuchten Geschwindigkeiten berechnen.



Die Energie, die die Elektronen aus dem elektrischen Feld erhalten, gilt einfach



e ist die Ladung des Elektrons, die hier in C eingesetzt werden muss und UB ist die Beschleunigungsspannung.

Damit kann als erstes die Geschwindigkeit der Elektronen berechnet werden, die zu Beginn keine Anfangsgeschwindigkeit haben. Ihre Gesamtenergie ist die Energie, die sie aus dem elektrischen Feld erhalten.



Für den zweiten Fall müssen wie oben beschrieben die beiden Energien addiert werden (nicht die Geschwindigkeiten!)



v ist die gesuchte Geschwindigkeit und v0 ist die Startgeschwindigkeit der schnellsten Elektronen.



b) Wird die Spannung im Ablenkkondensator eingeschaltet, werden die Elektronen nach unten abgelenkt. Diese Bewegung ist gleichmäßig beschleunigt, da im homogenen elektrischen Feld eine konstante Kraft wirkt:



Die Kraft kann mit Hilfe der Spannung und dem Plattenabstand angegeben werden:



Damit erhält man die Beschleunigung



und die Ablenkung:



Da die Länge des Kondensators und die Geschwindigkeit der Elektronen bekannt sind, kann die Zeit ersetzt werden:





Die Ablenkung ist umso größer, je kleiner die Geschwindigkeit ist. Damit werden die langsamen Elektronen stärker nach unten abgelenkt als die schnellen Elektronen. Auf dem Leuchtschirm entsteht ein senkrechter Strich.

c) Die Länge des Striches ergibt sich aus der Differenz der beiden Ablenkungen:



Der Strich auf dem Leuchtschirm ist etwa 2,9 cm lang.

|  |  |
| --- | --- |
| **427****.** Wie üblich muss der Ersatzwiderstand des Netzwerkes zwischen den beiden Punkten, die mit der Spannungsquelle verbunden sind, berechnet werden.  Als erstes fallen die drei rechten Widerstände auf, die einfach in Reihe geschaltet sind. Ihr Gesamtwiderstand ist 300 Ohm groß. | e427_1 |
| Dieser ist parallel zu dem links liegenden Widerstand geschaltet.  Beide ergeben zusammen einen Ersatzwiderstand von 75 Ohm. | e427_2 |
| Die beiden links liegenden Widerstände sind ebenfalls in Reihe geschaltet und können zusammengefasst werden. | e427_3 |
| Der nächste Schritt ist nicht so einfach nachzuvollziehen: die drei linken Widerstände bilden eine Dreiecksschaltung. Sie wird durch eine Sternschaltung ersetzt. | e427_4 |
| Es gilt: | e427_5 |
| Damit lässt sich die Schaltung weiter vereinfachen: die beiden Reihenschaltungen werden zusammengefasst. | e427_6 |
| Und die beiden parallel geschalteten Widerstände werden ebenfalls zu einem einzigen Widerstand. | e427_7 |
| Damit kann nun endlich der Ersatzwiderstand der Schaltung und die gesuchte Stromstärke mit 74 mA berechnet werden | e427_8 |

**428.** **a)** Ist der Schalter geschlossen, werden die beiden Widerstände und der Spannungsmesser überbrückt und haben keine Wirkung. Der 1. Spannungsmesser zeigt 6,0 V an und der 2. Spannungsmesser 0 V.

**b)** Der erste Spannungsmesser zeigt 4,0 V und der zweite zeigt 2,0 V an.

[vollständige Lösung](vlsgeleh2.docx#e428)

**429.** Die Sonde befindet sich in einer Entfernung von 3,0 AE, ist also dreimal so weit von der Sonne entfernt wie die Erde. Damit reduziert sich die Strahlungsleistung je Quadratmeter auf 1/9 der Strahlungsleistung in 1 AE Entfernung (=Entfernung Sonne – Erde).

|  |
| --- |
| lse429_1 |
| lse429_2 |

Wenn man also in Erdnähe auf einem Quadratmeter Fläche 1,37 kW empfängt (Solarkonstante), sind es in 3 AE Entfernung nur noch 0,15 kW auf einen Quadratmeter.

Die Raumsonde hat insgesamt 62 m² Solarmodulfläche, so dass bei idealer Ausrichtung 9,44 kW einfallen. Davon werden aber nur 15% in elektrische Energie umgewandelt. Das ergibt dann eine Leistung von 1,4 kW.

Nebenbei: Das ist in etwa die Leistung, die ein Staubsauger benötigt.

**430.** Gleich nach dem Schließen des Schalters ist der Kondensator ungeladen und damit die Spannung zwischen seinen Platten gleich 0. Dadurch wirkt der Kondensator wie ein Kurzschluss und an dem 2kOhm-Widerstand liegt die komplette Betriebsspannung an. Durch den Widerstand fließt dadurch ein Strom von



Durch den zweiten Widerstand fließen nach der gleichen Berechnung 2,9 mA und der Strommesser müsste im Augenblick des Einschaltens die Summe der beiden Teilströme von 10,3 mA anzeigen.

Auf Grund der Trägheit des Zeigers lässt sich dieser Wert nicht messen.

Im Experiment wurde die Zeit gemessen, bis der Strom auf den Wert von 5,15 mA abgesunken ist, sie betrug 11,4 s.

Zu dieser Zeit setzt sich der Strom aus dem gleich gebliebenen Strom durch den 5,1 kOhm-Widerstand und dem Strom durch die Kondensator-Widerstandsschaltung zusammen. Da der Kondensator während dieser Zeit zum Teil bereits aufgeladen ist, zwischen seinen Platten eine Spannung existiert, bremst er den Strom. Er stellt also nun selber einen Widerstand dar.

Der Strom, der durch die Reihenschaltung von Kondensator und Spule fließt, beträgt jetzt 2,25mA, denn insgesamt fließen 5,15 mA und durch den 5,1 kOhm-Widerstand fließen immer noch 2,9 mA.

Die zeitliche Entwicklung der Stromstärke durch eine Kondensator-Widerstands-Reihenschaltung lässt sich mit der Gleichung



beschreiben. I0 ist der Anfangsstrom und I der Strom zum Zeitpunkt t. C ist die in dieser Aufgabe gesuchte Kapazität. Nach der kann umgestellt werden:



In dieser Gleichung sind alle Größen gegeben und die gesuchte Kapazität kann berechnet werden:



Laut Aufdruck sollte der Kondensator eine Kapazität von 4700 µF haben.

**431.** Der Tortenschieber wird durch das Reiben am Handtuch aufgeladen. Die Salz- und Pfefferkörnchen spüren beim Drüberhalten das elektrische Feld und in den Atomen kommt es zu einer Ladungsträgerverschiebung (Polarisation). Dadurch spüren alle Körnchen eine Kraft zum Tortenschieber hin. Da die Pfefferkörnchen aber deutlich leichter sind als die großen Salzkörner werden deutlich mehr Pfeffer nach oben gezogen.

**432.**

a) Wird die Batterie kurzgeschlossen, begrenzt nur der Innenwiderstand den Strom. Nach der Widerstandsdefinition ergibt sich:



|  |  |
| --- | --- |
| b) Wird der Widerstand an die Batterie angeschlossen, wird der Strom nun vom Innenwiderstand und dem außen angeschlossenen Widerstand begrenzt. Dadurch wird der Gesamtstrom kleiner. Er berechnet sich jetzt aus der Quellenspannung und der Summe der beiden Widerstände, da die ja in Reihe geschaltet sind.  Der Gesamtwiderstand der Schaltung ist | e432_1 |

Daraus lässt sich der Strom berechnen:



Dieser Strom fließt durch beide Widerstände mit der gleichen Stärke, da in einer Reihenschaltung der Strom an allen Stellen gleich ist.

Dieser Strom erzeugt an dem Widerstand R1 den gesuchten Spannungsabfall:



An dem Widerstand lässt sich eine Spannung von 26 V messen. Das ist dann auch die Spannung, die die Batterie an diesem Widerstand liefert.

c) An die Batterie wird jetzt die parallele Zusammenschaltung der beiden Widerstände angeschlossen. Für die Batterie sieht das aus wie ein einziger Widerstand, der so genannte Ersatzwiderstand. Der wird zuerst berechnet:



Für die Batterie sieht es also so aus, als ob nur ein Widerstand mit 7,2 Ohm angeschlossen ist.

Der Strom wird nun wie oben berechnet und ist 3,1 A groß.

**433.** c) er wird kleiner.

Die beiden Hälften des Lamettafadens stoßen sich ab, weil auf ihnen gleichmäßig zusätzliche negative Ladungen verteilt sind.

Was passiert, wenn man sich mit der Hand der Aufhängung nähert?

Auch die Aufhängung ist negativ geladen. Durch diese Ladung werden in der Hand die Atome so ausgerichtet, dass die negativen Ladungen von der Aufhängung wegzeigen. Damit ist die Hand in Richtung der Aufhängung positiv geladen und in der entgegen gesetzter Richtung negativ.

Dadurch werden aber in der Aufhängung und in dem Lamettafaden die negativen Ladungsträger nach oben gezogen und die abstoßenden Kräfte werden kleiner.

**434.**

**a)**

**b)** Die Messwerte zeigen den Zusammenhang zwischen Ladung und Spannung. Wenn auf dem Kondensatorplatten keine Ladungen sind, kann auch keine Spannung anliegen.

**c)** Die Kapazität ist definiert als Ladung durch Spannung, entspricht als dem Anstieg der Kurve.

Es kann für jedes Messwertpaar die Kapazität berechnet werden.

Der Mittelwert aller berechneten Kapazitäten liefert 360 pF.

**d)** Für einen luftgefüllten Platenkondensator gilt:



A ist die Plattenfläche und d der Abstand der Platten.

Die Gleichung kann nach der gesuchten Größe umgestellt werden:



Da die Platten kreisrund sind, ist die Fläche



Damit kann 0 berechnet werden:



Das ist etwas größer als der offizielle Wert von



**e)** Wenn der Abstand der Platten vergrößert wird, nimmt die Kapazität des Kondensators ab. Da bei gleichen Spannungen die Ladung proportional zur Kapazität ist, verläuft die neue Kurve unterhalb der ersten Kurve.

**435.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I in mA | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 |
|  in ° | 0 | 13 | 25 | 34 | 43 | 50 | 55 |
| I/ |  | 2,3 | 2,4 | 2,6 | 2,8 | 3 | 3,3 |

a) Es ist kein Proportionalitätsfaktor erkennbar. Der Quotient aus Stromstärke und Winkel wird immer größer.

b) Für eine lange Spule gilt:



Für den ersten Wert erhält man dann:



Alle weiteren Werte werden entsprechend berechnet.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I in mA | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 |
|  in ° | 0 | 13 | 25 | 34 | 43 | 50 | 55 |
| B in µT |  | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |

|  |  |
| --- | --- |
| c) Auf die Nadel wirken zwei Kräfte: die vom Magnetfeld der Erde und die Kraft, die durch das Magnetfeld der Spule entsteht.  Beide Kräfte stehen senkrecht aufeinander, so dass sich ein rechtwinkliges Dreieck einzeichnen lässt.  FE ist die Ankathede und FS die Gegenkathede  des Winkels. Damit gilt:    Nach der Definition der magnetischen Flussdichte ist aber die Flussdichte proportional zur wirkenden Kraft, so dass man schreiben kann: | lse83 |

d)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I in mA | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 |
|  in ° | 0 | 13 | 25 | 34 | 43 | 50 | 55 |
| BS in µT |  | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| BE in µT |  | 21,7 | 21,4 | 22,2 | 21,4 | 21,0 | 21,0 |

Als Mittelwert ergibt sich eine Flussdichte von 21,5 µT.

436. Der erste Ausdruck besteht nur aus konstanten Größen und kann einfach 1 gesetzt werden.



Die Länge der Spule bleibt auch unverändert und wird ebenfalls einfach 1 gesetzt:



Nun berechnet man einfach eine Flussdichte mit dem Radius 1:



Wenn jetzt der Radius verdoppelt wird, müsste sich bei einer indirekten Proportionalität die Flussdichte halbieren:



Das ist etwas mehr als die Hälfte, es sieht also nicht danach aus, dass die beiden Größen zueinander umgekehrt proportional werden. Wir testen noch den zehnfachen Radius. Dann müsste die Flussdichte auf ein Zehntel des ersten Wertes abfallen:



Bei umgekehrter Proportionalität sollte der Wert 0,45 betragen.

**437.**

|  |  |
| --- | --- |
| a) Da die Protonen geradlinig durch den Kondensator hindurch fliegen, darf nach dem Newtonschen Trägheitsgesetz keine Kraft auf sie wirken, die sie zur Seite ablenkt.  Die beiden Kräfte, die durch das elektrische und das magnetische Feld entstehen, sind entgegengesetzt gerichtet und vom Betrag her gleich groß. | e437_2 |

b) Die elektrische Kraft ist von der Ladung des Protons und der Feldstärke zwischen den Platten abhängig. Kommen schnellere Protonen in den Kondensator, ändert sich die Kraft deshalb nicht.

Die Kraft durch das Magnetfeld (Lorentzkraft) ist von der magnetischen Flussdichte, der Ladung des Protons und der Geschwindigkeit des Protons abhängig. Schnellere Protonen spüren also eine größere Lorentzkraft und werden zur Seite abgelenkt.

**438.** a) ist richtig.

Die Schaltung stellt einen Differentialtransformator dar, der zu Wegmessungen eingesetzt wird.

Die beiden außen stehenden Sekundärspulen sind gegenphasig in Reihe geschaltet. Die in den beiden Spulen induzierten Spannungen subtrahieren sich dadurch.

Ist der Stab in der 1. Position, ist keine magnetische Kopplung zwischen der Primärspule und der Sekundärspule da. In beiden Sekundärspulen wird keine Spannung induziert. Je tiefer der Stab in die Primärspule eintaucht, umso größer wird die magnetische Kopplung und die induzierte Spannung steigt.

Wenn der Stab die rechte Sekundärspule erreicht, wird dort ebenfalls eine Spannung induziert. Da sich die beiden Teilspannungen subtrahieren, wird die Spannung am Spannungsmesser kleiner.

Erreicht die Mitte des Stabes genau die Mitte der Primärspule, ist die Anordnung also symmetrisch, werden in beiden Sekundärspulen die gleichen Spannungen induziert und die Gesamtspannung ist Null.

Wenn der Stab zur Position 2 bewegt wird, läuft der Vorgang entgegengesetzt zum Reinschieben ab.

**439.**

Die Schwingungsdauer beträgt 2,2 s.

Für die Frequenz eines Schwingkreises gilt die Formel:



Es muss gezeigt werden, dass die Induktivität der Spule so groß sein muss, dass eine Luftgefüllte Spule dafür nicht in Frage kommt.

Die Induktivität einer lagen Spule bestimmt man über



µr ist die relative Permeabilität und wird durch den Stoff, der die Spule ausfüllt, bestimmt. Für Luft ist dieser Wert 1 und andere Stoffe wie z.B. Eisen größer als 1.

Die beiden Gleichungen werden zusammengefasst und das µr berechnet:



Nun kann man die gegebenen Größen einsetzen:



Das ist deutlich über Eins, also ist ein Stoff in der Spule.

b) Das Diagramm zeigt die Spannungswerte am Kondensator an. Ist die Spannung maximal, befindet sich die gesamte Energie des Schwingkreises im Kondensator.

Es werden die beiden Energiewerte zu Beginn der ersten und zweiten Periode bestimmt. Die Spannung zu Beginn der ersten Periode ist 0,5 V und zu Beginn der zweiten Periode 0,4 V. Daraus werden die Energien mit



bestimmt.



c) Rückkopplungsschaltung: Dem Schwingkreis wird durch induktive Kopplung etwas Energie entnommen. Diese Energie steuert einen Transistor, der im Takt der Schwingung die verloren gegangene Energie (Entnahme, Erwärmung) den Schwingkreis wieder zuführt.

440. Die Spule stellt eine Reihenschaltung aus induktivem und ohmschen Widerstand dar. Mit Hilfe der Messungen wurde der Scheinwiderstand (Impedanz) der Spule bestimmt. Er ist



Der induktive Widerstand ist



Damit wird der Scheinwiderstand



In dieser Gleichung sind der ohmsche Widerstand und die Induktivität unbekannt. Beide Größen sind aber typische Spulengrößen und bleiben konstant.

Die Gleichung wird nach der Induktivität umgestellt:



Da bei den beiden Messungen die Induktivität ja gleich bleibt, kann man schreiben



In dieser Gleichung ist nur noch der ohmsche Widerstand der Spule unbekannt und kann damit berechnet werden.



Die beiden Scheinwiderstände können aus der Strom- und Spannungsmessung berechnet werden:



Damit lässt sich nun der gesuchte ohmsche Widerstand der Spule berechnen:



441. a) Die Eigenfrequenz berechnet sich mit der Thomsonschen Schwingungsgleichung:



Wenn die Eigenfrequenz halbiert werden soll, müssen sie Kapazität oder Induktivität vergrößern. Dadurch werden sie „träger“ und der Schwingreis schwingt langsamer.

Da die beiden Größen unter der Wurzel stehen, kann eine Halbierung z.B. erreicht werden durch:

* Vervierfachung der Kapazität
* Vervierfachung der Induktivität
* Verdopplung von Kapazität und Induktivität

442.

a)

[Diagrammquelle](e442.xls)

b) Die Thomsonsche Schwingungsgleichung lautet:



Wenn man die Gleichung quadriert, erhält man



Da nur die Kapazität verändert werden kann, sind alle anderen Größen konstant. Damit gilt



Das ist im Diagramm schön zu erkennen, denn die Kurve kann problemlos durch den Ursprung verlängert werden.

c) Laut Aufgabenstellung soll die Induktivität aus dem Diagramm ermittelt werden. Die Kurve stellt eine lineare Funktion dar. Davon kann man z.B. recht einfach über ein Dreieck den Anstieg bestimmen. Kann man daraus die Induktivität erhalten?

Der Anstieg ist



Stellt man die Schwingungsgleichung nach L um, erhält man



Dabei ist  genau der ermittelte Anstieg der Kurve. Setzt man diesen Wert ein, erhält man



Zur Probe kann man mit dieser Induktivität über die Schwingungsgleichung eine Frequenz berechnen:



Das stimmt in etwa mit dem gemessenen Wert überein.

443. Hertzsche Wellen breiten sich in Luft mit etwa Lichtgeschwindigkeit aus. Die Lichtgeschwindigkeit in Luft unterscheidet sich praktisch nicht von der Vakuumlichtgeschwindigkeit und beträgt etwa 300 000 Kilometer in einer Sekunde.

Da das Signal eine Strecke von 300 km überbrücken muss, braucht es dafür den tausendstel Teil einer Sekunde. Eine Funkuhr in Leipzig geht also im Bezug zur offiziellen Zeit eine tausendstel Sekunde nach.

444.

Schaltung d) ist richtig.

Schaltung a) kann es nicht sein, weil es eine Parallelschaltung der drei Widerstände darstellt.

Bei einer Parallelschaltung ist der Gesamtwiderstand immer kleiner als der kleinste Einzelwiderstand. damit muss der Gesamtwiderstand kleiner als 50 Ohm sein.

Schaltung b) kann es nicht sein, weil es ein Reihenschaltung der drei Widerstände darstellt.

Bei einer Reihenschaltung ist der Gesamtwiderstand immer größer als der größte Einzelwiderstand, in diesem Fall also größer als 470 Ohm.

Schaltung c) kann es nicht sein, weil es eine Reihenschaltung eines 220 Ohm-Widerstandes mit einer Parallelschaltung der anderen beiden Widerstände darstellt. Damit ist der Gesamtwiderstand größer als die 220 Ohm und die Schaltung fällt raus.

445. a) ist richtig.

Der Wagen macht durch die konstant wirkende Kraft eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung, er wird also immer schneller.

In der Spule wird beim Hineinfahren in das Magnetfeld und beim Herausfahren eine Spannung induziert (erzeugt). Die Größe dieser Spannung hängt von der Geschwindigkeit, mit der der Wagen fährt, ab (also der Geschwindigkeit, mit der sich das Magnetfeld ändert. Die Richtung der Spannung Richtung der Bewegung ab, mit der sich die Spule bewegt.

Der erste Spannungsmesswert ist breiter als der zweite, da der Wagen beim Rausfahren schneller ist.

Die Spannungswerte werden in beiden Fällen vom Betrag her größer, weil der Wagen immer schneller wird.

Die Spannung ist im ersten Fall anders gepolt als im zweiten Fall, weil bezüglich des Magnetfeldes die Bewegungsrichtung beim Rausfahren anders ist. Das Vorzeichen der Geschwindigkeit hat sich bezüglich des Magnetfeldes geändert.

b) Wird an Stelle des Spannungsmessers eine Glühlampe gesetzt, benüötigt der Wagen für die gleiche Strecke eine größere Zeit.

Durch die Lampe wird die Spule praktisch kurzgeschlossen und es fließt ein Induktionsstrom. der ist nach Lenz der Ursache der Induktion gegengerichtet.

Die Ursache der Induktion ist die Bewegung, die durch das Magnetfeld, das in der Spule durch den fließenden Strom entsteht, gebremst wird.

446. c) Er zeigt mehr an.

Die beiden Innenwiderstände der Strommesser sind vor dem Umschalten gleich groß. Wird der linke Strommesser auf einen höheren Messbereich umgeschaltet, heißt dass, das parallel zum eigentlichen Messwerk ein zusätzlicher Widerstand geschaltet wird.

Damit wird der Innenwiderstand des Messgerätes kleiner und der Gesamtwiderstand der Reihenschaltung ebenfalls.

Ein kleinerer Widerstand bedeutet aber einen größeren Strom und den zeigt das rechte Messgerät auch an.

447. a) Es wird die Induktivität für die drei verschiedenen Spannungen berechnet.

Die Spule stellt eine Reihenschaltung von ohmschen und induktiven Widerstand dar.

Aus den Messwerten für die verschiedenen Spannungen lässt sich der Scheinwiderstand der Spule berechnen. Der Scheinwiderstand ist



Im Induktiven Widerstand XL steckt die Induktivität:



Damit lässt sich die Induktivität der Spule angeben:



Der konstante ohmsche Widerstand der Spule berechnet sich aus den Gleichstromwerten:



Damit lassen sich nun für die drei Messwerte die Induktivitäten berechnen:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| U in V | I in mA | L in H |
| 3,2 | 6 | 1,7 |
| 8,6 | 12 | 2,3 |
| 13 | 1 | 2,6 |

[Excel-Tabelle](e447.xls)

b) Die Induktivität einer Spule wird von den Materialgrößen der Spule bestimmt:



N ist die Windungszahl, A die Querschnittsfläche und die Länge der Spule.

 ist die magnetische Feldkonstante.

Diese 4 Werte sind bei diesem Versuch unverändert geblieben.

Warum hat sich dann die Induktivität erhöht?

Der Grund liegt in dem, der relativen Permeabilitätszahl. Dieser Wert wird von dem Stoff in der Spule bestimmt, in diesem Fall Eisen.

Je größer die Permeabilitätszahl ist, umso größer ist auch die Induktivität der Spule.

Die Permeabilitätszahl hängt aber nicht nur vom Material selber ab, sondern auch von der magnetischen Flussdichte. Je größer die Flussdichte wird, umso größer wird auch die Permeabilitätszahl

Fließt also durch die Spule ein Strom, bildet sie ein Magnetfeld aus, das auch den Eisenkern durchsetzt. Dessen Permeabilitätszahl erhöht sich dadurch.

Wird der Strom größer, wächst auch die magnetische Flussdichte, die wiederum die verstärkende Wirkung des Eisens erhöht.

448.

a) Beim Eintritt in den Kondensator spürt das Elektron zwei Kräfte: die nach unten wirkende Gewichtskraft und die ebenfalls nach unten wirkenden elektrische Kraft.

Die Gewichtskraft ist die Masse des Elektrons mal die Fallbeschleunigung:



Die elektrische Kraft ergibt sich aus der Ladung des Elektrons e und der Feldstärke des homogenen Feldes im Kondensator E:



Die Feldstärke im Kondensator erhält man aus der Spannung zwischen den Platten und dem Abstand der Platten:



Damit ist die elektrische Kraft



In welchem Verhältnis stehen nun die Kräfte, wie groß ist also das Verhältnis





Die Gewichtskraft ist um ein Vielfaches kleiner als die elektrische Kraft und kann vernachlässigt werden.

b) Die Bewegung des Elektrons im Kondensator kann als ein schiefer Wurf betrachtet werden: Waagerecht zu den Platten bewegt sich das Elektron gleichförmig, da in diese Richtung keine Kraft wirkt und nach unten bewegt es sich gleichmäßig beschleunigt, da es in diese Richtung die konstante Kraft des elektrischen Feldes spürt.

Damit ist die Bewegung in x-Richtung proportional zur Zeit und die Bewegung in y-Richtung proportional zum Quadrat der Zeit, also eine Parabel.

Da sich Ein- und Austrittsöffnung in der gleichen Ebene befinden, nämlich in der gleichen, ebenen Kondensatorplatte, wirkt bis zum größten Abstand von der +-Platte eine abbremsende konstante Kraft und von da ab eine beschleunigende konstante Kraft. Da im Kondensator ein homogenes elektrisches Feld ist, sind beide Kräfte im Betrag und in der Richtung gleich groß.

Die Geschwindigkeit bei einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung (konstante Kraft) ist die Beschleunigung (konstant) mal die wirkende Zeit.

Die Beschleunigung ist Masse mal Kraft und während der Flugphase im Kondensator konstant.

Da die Bewegung in x-Richtung eine gleichmäßige ist, sind die beiden Zeiten bis zum größten Abstand und nach dem größten Abstand gleich groß.

Das heißt, eine Zeit wirkt eine konstante abbremsende Kraft und die gleiche Zeit wirkt dann eine konstante beschleunigende Kraft.

Das bedeutet aber, dass die Geschwindigkeiten beim Ein- und Austritt vom Betrag her gleich sein müssen.

c) Die in der Aufgaben gegebene Geschwindigkeit ist die Geschwindigkeit es Elektrons in Bewegungsrichtung.

Diese Gesamtgeschwindigkeit kann in eine Komponente in x-Richtung und eine Komponente in y-Richtung zerlegt werden.

Die Komponente in x-Richtung ändert sich nicht, da in diese Richtung keine Kraft wirkt.

Die Komponente in y-Richtung wird durch die Kraft des homogenen elektrischen Feldes immer kleiner und wird im Umkehrpunkt Null.

|  |  |
| --- | --- |
| Die Frage ist, wie weit ist es dann von der Einflugöffnung in y-Richtung entfernt.  Als erstes wird er Wert der Geschwindigkeitskomponente in y-Richtung berechnet. | e448_2 |

Die Geschwindigkeit v ist die Diagonale des Quadrates, das von den beiden Geschwindigkeitsvektoren gebildet wird. Damit gilt:



Auf das Elektron wirkt die Kraft des elektrischen Feldes.



Diese Kraft bewirkt eine Beschleunigung:



Damit kann die Zeit bestimmt werden, in der das Elektron in y-Richtung zum Stillstand kommt:



Da es eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung ist, gilt für den Weg



und mit der eingesetzten Zeit



Damit kann der Abstand des Elektrons von der positiven Platte im Umkehrpunkt berechnet werden:



Kommt das Elektron durch das Loch in den Kondensator hinein, ist seine kinetische Energie



Seine minimale kinetische Energie hat das Elektron im Umkehrpunkt. Die Geschwindigkeitskomponente in y-Richtung ist Null, so dass nur noch die Komponente in x-Richtung eine Rolle spielt.

Im Umkehrpunkt ist die kinetische Energie auf



gesunken.

449.

a) Die magnetische Flussdichte einer langen luftgefüllten Spule berechnet sich mit



und eingesetzt



b) Die Permeabilität des Eisenkernes ist in diesem Fall 55, da durch den Eisenkern die magnetische Flussdichte um den Faktor 55 verstärkt wird.

c) Ist kein Eisenkern in der Spule, besteht direkte Proportionalität zwischen der magnetischen Flussdichte und dem fließenden Strom.

Ist ein Eisenkern in der Spule, wächst die magnetische Flussdichte schneller als der Strom, da sie die Permeabilität des Eisens mit wachsender Flussdichte erhöht. Das heißt, der Verstärkungsfaktor des Eisens wird mit wachsender Flussdichte größer und macht die schöne Proportionalität kaputt.

450.

Auf den Draht wirkt die Gewichtskraft nach unten. Damit er schwebt, muss nach dem Newtonschen Trägheitsgesetz die Summe aller Kräfte, die auf ihn wirken, Null sein.

Das heißt, die Kraft durch das Magnetfeld auf den stromdurchflossenen Draht muss nach oben wirken.

|  |  |
| --- | --- |
| Da Stromrichtung, Magnetfeldrichtung und Kraftrichtung senkrecht aufeinander stehen, muss das Magnetfeld waagerecht gerichtet sein. Die obere und die untere Spule werden nicht angeschlossen, bleiben unmagnetisch.  Nach der Linke-Hand-Regel stellt der Daumen die Stromrichtung von hinten nach vorn dar. Der Mittelfinger ist die nach oben gerichtete Kraft. Damit zeigt der Zeigefinger so, dass rechts der Nordpol und links der Südpol sein müssen. | e450_1 |

451.

Das Elektron tritt in das elektrische Feld ein und wird entsprechend der Richtung des Feldes abgebremst. Das Elektron muss im elektrischen Feld Arbeit verrichten und verliert dadurch seine kinetische Energie, wird also langsamer.

In der maximalen Entfernung bleibt es stehen und hat keine kinetische Energie mehr.

Wenn es nun nicht bei 2,3 cm stehen bleiben müsste, sondern es genau bis zur anderen Platte geschafft hätte, wäre seine Energie beim Eintritt genau 5,0 eV.

Wenn es das Elektron bis zur Mitte des Plattenkondensators geschafft hätte, wäre seine Energie nur 2,5 eV groß gewesen.

Nun ist es nur 2,3 cm von der Eintrittsplatte weggekommen. Über eine Verhältnisgleichung lässt sich die Energie des Elektrons berechnen:



Damit hatte das Elektron beim Eintritt eine kinetische Energie von 1,15 eV.

Wenn man das in J umrechnet, erhält man die verschwindend kleine Energie von 1,84 ⋅ 10-19 J.

Die Geschwindigkeit erhält man über die Gleichung der kinetischen Energie:

