5. Kennlinien einer Glühlampe

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U in V | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| I in mA | 0 | 14 | 20 | 21 | 23 | 26 | 27 | 30 | 32 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| U in V | 0,9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |  |  |  |
| I in mA | 34 | 36 | 51 | 66 | 78 | 90 |  |  |  |

[Excel-Tabelle](pr5.xls)

Zwischen Strom und Spannung ist keine direkte Proportionalität erkennbar. Grund: Die Temperatur des Drahtes in der Glühlampe ändert sich gewaltig, so dass das Ohmsche Gesetz nicht mehr gilt.

Der Widerstand wird mit steigender Temperatur immer größer.

Das erkannt man deutlich im 2. Diagramm.

Im 3. Diagramm kann ein quadratischer Zusammenhang zwischen Leistung und Strom vermutet werden.

Die rechnerische Überprüfung zeigt jedoch, dass das nicht der Fall ist.

Der Zusammenhang zwischen Leistung und Strom lässt sich mit den Gleichungen darstellen:

Die Leistung ist



Der Widerstand ist definiert mit



Stellt man die letzte Gleichung nach U um und setzt in die Leistungsgleichung ein, erhält man



Ist R konstant, gilt



Es wurde aber gerade gezeigt, dass R nicht konstant ist. Damit kann der eben hergeleitete Zusammenhang für die Glühlampe nicht gelten.

#### 7. Entladekurve eines Kondensators



|  |
| --- |
| [Mes](e_ex_7.xls)[swer](e_ex_7.xls)[te in E](e_ex_7.xls)[xcel](e_ex_7.xls) |
|  |

Die Zeitkonstante ist die Zeit, nach der die Stromstärke um den Wert 1/e abgefallen ist.



Für diese Stromstärke kann man aus dem Diagramm eine Zeit von etwa 30 s ablesen.

Die Berechnung der Zeitkonstante ergibt



Abweichungen sind eventuell auf Messfehler zurückzuführen. Das soll noch näher untersucht werden.

Dazu soll überprüft werden, ob die Kapazität des Kondensators dem aufgedruckten Wert entspricht. Es wird die Ladung auf dem Kondensator durch Bestimmung der Fläche unter der Kurve bestimmt. (grafische Integration mit dem Taschenrechner oder Auszählen der Kästchen)

Die Ladung für dieses Experiment wurde zu 49 mC bestimmt. Damit erhält man die Kapazität:



Da ist mehr als der aufgedruckte Wert versprochen hatte. Berechnet man nun mit dieser Kapazität die Zeitkonstante, erhält man 32 Sekunden. Das entspricht schon eher dem abgelesenen Wert aus dem Diagramm.

#### 24. Schwingkreis

Das Maximum der Kurve liegt bei etwa 4,2 µF. Damit lässt sich die Induktivität der Spule berechnen:



[zur Excel-Tabelle](pr24.xls)

#### 31. Kondensatoren

#### a) kapazitiver Widerstand

#### U = 6,2 V

#### I = 8,2 mA

#### XC = 756 Ohm

Kapazität



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Anzahl | Reihenschaltung | Parallelschaltung |
| 2 | 1500 Ohm; 2,1µF | 380 Ohm; 8,3 µF |
| 3 | 2320 Ohm; 1,4 µF | 265 Ohm; 12 µF |
| 4 | 3170 Ohm; 1,0 µF | 203 Ohm; 16 µF |

#### 39. Wellenlänge von Licht

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gitter | Linien je mm | Filter | e in mm | s in mm | in nm |
| 2 | 20 | Rot | 690 | 8,5 | 616 |
| 2 | 20 | Blau | 690 | 7 | 507 |
| 3 | 1000 | Rot | 80 | 46 | 575 |
| 3 | 1000 | blau | 80 | 33 | 413 |

#### Das Gitter 3 ist wesentlich besser zur Bestimmung der Wellenlänge geeignet. Der Fehler bei der Messung von s ist kleiner als bei Gitter 240. Das Widerstandsgesetz

*Meßwerte:*

a) Abhängikeit von der Länge (Konstantan, 0,07 mm²)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| l in m | U in V | I in mA | R in Ohm |
| 1 | 2 | 250 | 8 |
| 2 | 2 | 130 | 15,4 |
| 3 | 2 | 82 | 24,4 |

b) Abhängikeit vom Querschnitt (Konstantan, 1m )

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| A in mm² | U in V | I in mA | R in Ohm |
| 0,07 | 2 | 250 | 8 |
| 0,14 | 2 | 500 | 4 |
| 0,21 | 2 | 800 | 2,5 |

a) Abhängikeit vom Material (1 m, 0,07 mm²)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Material | U in V | I in mA | R in Ohm |
| Konstantan | 0,5 | 66 | 8,3 |
| Eisen | 0,5 | 240 | 2 |
| Kupfer | 0,25 | 850 | 0,3 |

[Diagramme](pr40.xls)

Es ist zu erkennen, dass der Widerstand proportional zur Länge des Drahtes und umgekehrt proportional zum Querschnitt des Leiters ist.

Ein Draht hat einen Querschnitt von 0,07 mm². Damit sind 14,3 Drähte notwendig, um eine Fläche von 1 mm² zu erhalten.

Wie eben festgestellt wurde, ist der Widerstand umgekehrt proportional zur Fläche. Ein Draht mit einer Fläche von 1 mm² hat also einen Widerstand, der um 14,3 mal kleiner ist als der im Experiment benutzte.

Konstantan: 0,58 Ohm

Eisen: 0,14 Ohm

Kupfer: 0,02 Ohm

Diese Werte sind die spezifischen Widerstände und stimmen ganz gut mit den Werten aus dem Tafelwerk überein.

#### 45. Spule und Kondensator

|  |  |
| --- | --- |
| Spule | 1000 Wdg. |
| Gleichspannung | 4,8V |
| Gleichstrom | 400 mA |
| ohmscher Widerstand R | 12 Ohm |
|  |  |
| Wechselspannung | 6,1 V |
| Wechselstrom | 28,5 mA |
| Scheinwiderstand Z | 214 Ohm |
|  |  |
| induktiver Widerstand X | 213,6 Ohm |
| Induktivität L | 0,7 H |

U=6 V

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| C in µF | I in mA | Wechselstromw. Z in Ohm | Z berechnet (aus 5.) |
| 1 | 2,2 | 2727 | 2963 |
| 2 | 4,2 | 1429 | 1372 |
| 4 | 9 | 667 | 576 |
| 8 | 36 | 167 | 178 |

|  |
| --- |
|  |
| Abhängigkeit des Wechselstromwiderstandes von der Kapazität |

Die Schaltung stellt eine Reihenschaltung von kapazitivem Widerstand, induktiven Widerstand und ohmschen Widerstand dar. Es gilt:



In diese Gleichung werden die entsprechenden Größen eingesetzt.

#### Die Ergebnisse findet man in der oberen Tabelle.[5](lsgprotokol.doc" \l "pr50)[0.](lsgprotokol.doc" \l "pr50) Bildentstehung am Hohlspiegel

1.

|  |
| --- |
|  |
| Strahlenverlauf am Hohlspiegel (gilt nur für achsennahe Strahlen!) |

2. Der Brennpunkt liegt in der Mitte zwischen Mittelpunkt R und Scheitelpunkt S.

also: 

3.

|  |
| --- |
|  |
| Aus der Zeichnung ergeben sich eine Bildweite von 5,2 cm und eine Bildhöhe von 0,8 cm. Das Bild ist verkleinert, reell und umgekehrt. |

4. Die Berechnung erfolgt mit der Linsengleichung, die auch für den Hohlspiegel gilt.



Ein positives Vorzeichen bedeutet ein reelles Bild. Bei negativen Vorzeichen liegt ein virtuelles Bild vor.

5. Taschenlampe...

6. Die Brennweiten berechnen sich nach der Gleichung aus 4.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Messung | g in cm | b in cm | Brennweite in cm | Radius |
| 1 | 45 | 45 | 22,5 | 45 |
| 2 | 33 | 60 | 21,3 | 42,6 |
| 3 | 23 | 160 | 20,1 | 40,2 |
| 4 | 58 | 35 | 21,8 | 43,6 |
|  |  | Mittelwert | 21,4 | 42,8 |

Bild- und Gegenstandsweite sind gleich, wenn die Gegenstandsweite etwa dem Radius des Hohlspiegels entspricht.

Ab einer Gegenstandsweite von etwa 21 cm entsteht kein reelles Bild mehr. Der Gegenstand befindet sich dann innerhalb der einfachen Brennweite.

#### 54. Waagerechter Wurf

**1.** Wurfhöhe: 0,752 m

Jede Messung wird mehrmals durchgeführt

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| hs in cm | 5,0 | 10,0 | 15,0 | 20,0 |
| w1 in cm | 31,5 | 44,5 | 50,1 | 54,3 |
| w2 in cm | 31,6 | 44,7 | 50,3 | 54,8 |
| w3 in cm | 31,6 | 44,4 | 50,4 | 54,7 |
| w4 in cm | 31,6 | 43,8 | 50,7 | 55,4 |
| w in cm | 31,6 | 44,4 | 50,4 | 54,8 |

**2.**

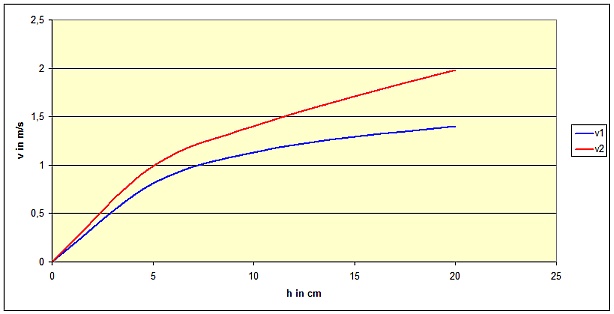


|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| hs in cm | 5,0 | 10,0 | 15,0 | 20,0 |
| w in cm | 31,6 | 44,4 | 50,4 | 54,8 |
| v in m/s | 0,81 | 1,13 | 1,29 | 1,40 |

**3.**



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| hs in cm | 5,0 | 10,0 | 15,0 | 20,0 |
| v in m/s | 0,99 | 1,40 | 1,71 | 1,98 |



[Diagrammquelle](pr54.xls)

Die berechnete Geschwindigkeit nach der geneigten Ebene ist immer größer als die Geschwindigkeit, die durch den Wurf bestimmt wurde.

Bei der Bewegung der Kugel auf der geneigten Ebene wird nicht die gesamte potenzielle Energie in kinetische Energie umgewandelt. Ein Teil geht durch Reibung verloren, ein wesentlicher Teil wird aber in Rotationsenergie der rotierenden Kugel umgewandelt. Deshalb ist die kinetische Energie auf dem waagerechten Teil in Wirklichkeit kleiner als die potentielle Energie am Startpunkt. Da aber in der Berechnung die kinetische Energie der potenziellen Energie gleichgesetzt wird, ist die berechnete Geschwindigkeit auf dem waagerechten Teil zu groß (v2).

Im Wurfteil spielt die Rotationsenergie keine Rolle, so dass bei dieser Berechnung der Geschwindigkeit die eigentliche Abwurfgeschwindigkeit erhalten wird (v1)

4.

a) Fehler für die Berechnung der Geschwindigkeit durch den Wurf:

absolute Fehler

Wurfhöhe 

Wurfweite:





Daraus lässt sich der absolute Fehler bestimmen:



b) Fehler für die Berechnung der Geschwindigkeit nach der geneigten Ebene:

Auf Grund der Messung durch Lineal an der Kugel wird der absolute Fehler auf 2 mm geschätzt.





Der absolute Fehler ist



[56.](lsgprotokol.doc" \l "pr56) Schraubenfedern

1. Federkonstante aus der Längenänderung

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| s in cm | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| F in N | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 13 |

Je 0,1 N zusätzlicher Kraft dehnt sich die Feder um 3 cm aus.



2. Federkonstante aus der Schwingungsdauer

Zur Bestimmung der Schwingungsdauer werden 10 Schwingungen gemessen und die Zeit durch 10 geteilt.

Die Federkonstante wird aus der Gleichung für den Federschwinger bestimmt.



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m in kg | 0,02 | 0,05 | 0,1 |
| T in s | 0,54 | 0,82 | 1,1 |
| D in N/m | 2,7 | 2,9 | 3,3 |

Mittelwert: 

3. Fehler: Der zweite Wert ist ungenauer als der erste.

\* Es muss die Zeit gemessen werden und diese geht dann quadratisch in die Rechnung ein. Eine kleine Abweichung vom wirklichen Wert verändert das Ergebnis mehr als bei der ersten Messung.

\* Die Feder hat eine Eigenmasse, die in die Schwingung mit eingeht. Hängt man kein oder nur ein sehr kleines Gewicht an die Feder, schwingt sie bereits. Das wird bei dieser Messung nicht berücksichtigt.

6. Bei der Parallelschaltung ist die Federkonstante doppelt so groß wie bei einer Feder. die Federkonstanten addieren sich.

Da die Federkonstante angibt, welche Kraft notwendig ist, um eine Feder um 1 m auszudehnen, ist bei zwei Federn die Kraft für die gleiche Längenänderung immer größer.

Bei der Reihenschaltung wird die Federkonstante kleiner. Bei einer angehängten Kraft dehnt sich die eine Feder um eine Länge und die andere Feder ebenfalls um eine Länge aus. beide machen das unabhängig voneinander. Damit wird bei der gleichen Kraft die Feder länger.

Sind die Federkonstanten gleich, ist die Konstante der Parallelfeder nur halb so groß wie eine Konstante.

Genauer:



#### 57. Trägheitsmoment einer Kugel

|  |  |
| --- | --- |
| Der zur Bestimmung der Geschwindigkeit notwendige Winkel wird über die Höhe und auf dem Boden gemessenen Länge der Abrollbahn bestimmt:    Die Höhe sy beträgt 74.0 cm und die Wurfweite sx wurde aus mehreren Messungen mit 46,7 cm bestimmt. |  |

Damit lässt sich die Abwurfgeschwindigkeit berechnen:



Die Kugel (gebrauchter Golfball) hat eine Masse von 45,2 g und einen Durchmesser von 4,25 cm. Damit kann das Trägheitsmoment berechnet werden:



In der Gleichung zur Berechnung des Trägheitsmomentes steckt die Anfangsgeschwindigkeit als wirkliche Unsicherheit. Bei der Bestimmung dieses Wertes wurden alle Reibungsverluste unberücksichtigt gelassen. Das bedeutet aber, dass v0 eigentlich kleiner als der gemessene Wert ist.

Die Anfangsgeschwindigkeit geht quadratisch im Nenner der Gleichung ein. Ein etwas zu kleiner Wert bedeutet dann ein zu großes Trägheitsmoment.

Herleitung der Gleichung

Energieerhaltungssatz: Zu Beginn hat die Kugel nur potenzielle Energie. Beim Runterrollen wird diese in kinetische und Rotationsenergie umgewandelt. Es gilt:



und mit kompletten Formeln:



Die Winkelgeschwindigkeit lässt sich über den Radius und die Geschwindigkeit der Kugel beschreiben:



Das wird eingesetzt und umgestellt:



#### 59. Wärmeübertragung

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Zeit in min | 0 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatur des heißen Wassers in °C | 73 | 56 | 51 | 48 | 47 | 45 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatur des kalten Wassers in °C | 20 | 31 | 36 | 39 | 40 | 41 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**63. Senkrechter Wurf**

1. Abwurfgeschwindigkeit v aus dem Energieerhaltungssatz  
Der Körper verlässt die Feder mit der Abwurfgeschwindigkeit v und hat dort nur kinetische Energie. Wenn er nach oben fliegt, wandelt er diese kinetische Energie vollständig in potentielle Energie um. Am höchsten Punkt hat er nur noch potenzielle Energie.   
Nach dem Energieerhaltungssatz sind die beiden Energien gleich  


m: Masse des Körpers, der fliegt  
v: die gesuchte Abwurfgeschwindigkeit  
g: Fallbeschleunigung  
h: die Höhe, die der Körper erreicht  
  
  
2. Das Weg-Zeit-Gesetz des senkrechten Wurfes lautet  


y ist der Abstand des Körpers vom Abwurfpunkt  
t die Zeit, die er seit dem Abwurf unterwegs ist

v die Abwurfgeschwindigkeit und

g die Fallbeschleunigung

Im Versuch soll die Zeit gemessen werden, die der Körper braucht, um wieder am Anusganspunkt anzukommen, also hoch und runter. An dieser Stelle ist aber der Abstand zum Startpunkt gleich Null, also y=0! Das wird in die Gleichung eingesetzt:



Nun steht nur noch die gesuchte Geschwindigkeit und die Messgröße Zeit drin. Es wird nach der Geschwindigkeit umgestellt:



**7****0. Herleitung der Gleichung des Trägheitsmoments**

Drehmoment:



alle Wege: 0,6 m

Trägheitsmoment ohne Massen:

Zeit: 3,5s



[Excel-Tabelle](pr70.xls)

1. Zusammenhang Trägheitsmoment - Masse

r = 0,105 m

Vom berechneten Trägheitsmoment wird das Trägheitsmoment ohne Masse abgezogen.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Messung | Masse in kg | Zeit in s | Trägheitsmoment J | J/m |
| 1 | 0,1 | 8,5 | 0,0011 | 0,011 |
| 2 | 0,2 | 11,7 | 0,0023 | 0,012 |
| 3 | 0,3 | 13,9 | 0,0033 | 0,011 |

Das Trägheitsmoment ist proportional zur Masse.

2. Zusammenhang Trägheitsmoment - Abstand der Masse vom Drehzentrum m = 0,2 kg Vom berechneten Trägheitsmoment wird das Trägheitsmoment ohne Masse abgezogen.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Messung | Abstand r im m | Zeit in s | Trägheitsmoment J | J/r² |
| 1 | 0,1 | 11,7 | 0,0023 | 0,23 |
| 2 | 0,08 | 9,42 | 0,0014 | 0,22 |
| 3 | 0,06 | 7,59 | 0,00083 | 0,23 |
| 4 | 0,04 | 5,77 | 0,00039 | 0,24 |

Das Trägheitsmoment ist proportional zum Quadrat des Abstandes der Masse.

#### 71. Waagerechter Wurf und Impuls

#### 1.

#### 

**2.** z.B.

Abwurfhöhe: 10 cm

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Messung | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Wurfweite in cm | 16,3 | 16,2 | 16,3 | 16,3 | 15,7 | 15,6 |

Daraus berechnet man die mittlere Abwurfgeschwindigkeit zu 1,1 m/s.

**3.**

Masse der Kugel 16,5 g = 0,0165 kg

Masse des Hakenkörpers: 100 g = 0,1 kg

Höhe des Hakenkörpers: 5 cm

Daraus kann die Geschwindigkeit des Körpers beim Auftreffen auf die Kugel berechnet werden. Die potenzielle Energie des Körpers wird vollständig in kinetische Energie umgewandelt:



Über den Impulserhaltungssatz erhält man die Geschwindigkeit der Kugel nach dem Stoß:



4. Die über den Impulserhaltungssatz berechnete Geschwindigkeit ist größer als die aus dem waagerechten Wurf berechnete.

Ursache: wenn der Stoß nicht exakt elastisch und gerade erfolgt, wird die Geschwindigkeit der Kugel kleiner. Die über den Wurf berechnete entspricht dann wohl eher der tatsächlichen Geschwindigkeit.

**Fehlerberechnung:**

zum ersten Teil:

Da die Weite mehrmals bestimmt wurde, kann man den absoluten Fehler berechnen:



Damit hat man folgende Werte:



Nach den Gesetzen der Fehlerfortpflanzung ist der relative Fehler der Messung:



Damit erhält man



zum zweiten Teil:

Der Massefehler des Hakenkörpers beträgt 1%, also bei 100 g ist das 1 g.

Die Masse der Kugel wurde mit einer Waage gemessen, die auf eine Kommastelle genau anzeigt. Damit beträgt die Abweichung 0,05 g. Bei der Höhe liegt der Fehler durch die Messung mit dem Lineal bei einem halben Millimeter.



Damit kann der relative Fehler der Geschwindigkeit der Kugel angegeben werden:



Der Geschwindigkeitsfehler ist noch unbekannt, kann aber ebenfalls bestimmt werden:



Damit lässt sich nun der relative Fehler der gesuchten Geschwindigkeit berechnen:



Damit ist der relative Fehler bei der 2. Messung mehr als doppelt so groß wie bei der ersten 1. Messung. Man erhält als Geschwindigkeit



5. Der Hakenkörper gibt dann seine gesamte Energie an die Kugel ab, wenn er nach dem Stoß keine Geschwindigkeit mehr hat, also



gilt.

Damit erhält man:



Die Anfangsgeschwindigkeit der Kugel ist 0, so dass der 2. Summand über dem Bruchstrich ebenfalls 0 wird:



Dieser Bruch kann nur 0 werden, wenn der Zähler 0 wird. Da er ein Produkt ist, muss mindestens einer der Faktoren 0 sein. Die Geschwindigkeit des Hakenkörpers muss aber größer 0 sein, also bleibt nur die Klammer übrig.

Die ist 0, wenn die beiden Massen gleich groß sind.

Der Pendelkörper muss genau so schwer wie die Kugel sein damit er seine kinetische Energie vollständig übertragen kann.

#### 73. Spulen im Wechselstromkreis

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Spule | 500 Wdg. | 1000 Wdg. |
| Gleichspannung | 1,4V | 2,1V |
| Gleichstrom | 410 mA | 170 mA |
| ohmscher Widerstand R | 3,4Ohm | 12,4 Ohm |
|  |  |  |
| Wechselspannung | 3 V | 6,1 V |
| Wechselstrom | 25 mA | 28,5 mA |
| Scheinwiderstand Z | 120 Ohm | 214 Ohm |

Die Spulen werden als Reihenschaltung von ohmschen und induktiven Widerstand betrachtet. Damit ergibt sich für den Scheinwiderstand:



und für den induktiven Widerstand:



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Spule | 500 Wdg. | 1000 Wdg. |
| induktiver Widerstand X | 119,9 Ohm | 213,7 Ohm |

Die induktiven Widerstände unterscheiden sich nur unwesentlich von den Scheinwiderständen.

Für den induktiven Widerstand gilt



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Spule | 500 Wdg. | 1000 Wdg. |
| Induktivität L | 0,4H | 0,7 H |

|  |  |
| --- | --- |
| Spule | Reihenschaltung |
| Gleichspannung | 2,2V |
| Gleichstrom | 150 mA |
| ohmscher Widerstand R | 14,7 Ohm |
|  |  |
| Wechselspannung | 3 V |
| Wechselstrom | 8,2 mA |
| Scheinwiderstand Z | 365,9 Ohm |
|  |  |
| induktiver Widerstand X | 365,6 Ohm |
| Induktivität L | 1,2 H |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Spule | 500 Wdg. | 1000 Wdg. | 3000 Wdg. |
| Gleichspannung | 3,0 V | 4,2 V | 3,6V |
| Gleichstrom | 700 mA | 320 mA | 24 mA |
| ohmscher Widerstand R | 4,3Ohm | 13 Ohm | 150 Ohm |
|  |  |  |  |
| Wechselspannung | 5,8 V | 6,4 V | 6,2 V |
| Wechselstrom | 500 mA | 130 mA | 14 mA |
| Scheinwiderstand Z | 11,6 Ohm | 50 Ohm | 443 Ohm |

Die Spulen werden als Reihenschaltung von ohmschen und induktiven Widerstand betrachtet. Damit ergibt sich für den Scheinwiderstand:



und für den induktiven Widerstand:



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Spule | 500 Wdg. | 1000 Wdg | 3000 Wdg. |
| induktiver Widerstand X | 10,8 Ohm | 48 Ohm | 416 Ohm |

Die induktiven Widerstände unterscheiden sich nur unwesentlich von den Scheinwiderständen.

Für den induktiven Widerstand gilt



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Spule | 500 Wdg. | 1000 Wdg. | 3000 Wdg. |
| Induktivität L | 0,03H | 0,15 H | 1,3 H |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Spule | Reihenschaltung 500+3000 | Reihenschaltung 1000+3000 |
| Gleichspannung | 5,5V | 5,8 V |
| Gleichstrom | 35 mA | 35 mA |
| ohmscher Widerstand R | 156 Ohm | 165 Ohm |
|  |  |  |
| Wechselspannung | 6,2 V | 6,4 V |
| Wechselstrom | 14 mA | 12 mA |
| Scheinwiderstand Z | 442,9 Ohm | 533 Ohm |
|  |  |  |
| induktiver Widerstand X | 414,5 Ohm | 507 Ohm |
| Induktivität L | 1,32 H | 1,6 H |

#### 76. Kapazität eines Kondensators

1.

|  |  |
| --- | --- |
| Der Spannungsmesser ist als Widerstand zu betrachten. Er selber zeigt die Spannung über sich selber an.  Der Strommesser misst den dabei durch den Spannungsmesser fließenden Strom. Aus den beiden Werten lässt sich der Innenwiderstand des Spannungsmessers berechnen. | Beim Schließen des Schalters wird der Kondensator aufgeladen. Der Spannungsmesser zeigt die Ladespannung an.  Nach dem Öffnen des Schalters |

Innenwiderstand des Messgerätes



Ladespannung: 8V

Messwerte

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t in s | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 120 |
| U in V | 8 | 7,8 | 7,5 | 7,2 | 7,0 | 6,8 | 6,5 | 6,4 | 6,2 | 6,0 | 5,8 | 5,6 | 5,5 | 5,3 | 5,2 | 5,0 | 4 |
| I in µA | 260 | 253 | 243 | 233 | 227 | 220 | 211 | 208 | 201 | 195 | 188 | 182 | 179 | 172 | 169 | 162 | 130 |

[Excel-Tabelle](pr76.xls)

|  |
| --- |
|  |
| Die rote Linie sind die Messwerte, die blaue die von Excel  angegebene Trendlinie. |

Die im Kondensator gespeichert Ladung entspricht der Fläche unter der Kurve. Diese Fläche kann in einem grafischen Taschenrechner (z.B. TI-83) berechnet werden.

Da die Kurve aus den Messwerten bei etwa 120 s abbricht, muss sie für die Flächenberechnung verlängert werden. Die Grenzen der Integration wurden von 0s bis 600s gewählt. Dann hat sich die Kurve der x-Achse fast vollständig genähert.

Die Ladung auf dem Kondensator beträgt etwa



Damit lässt sich die gesuchte Kapazität berechnen:

78. Mechanische Schwingungen

Messwerte:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| d in cm | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| T in s | 1,86 | 1,74 | 1,61 | 1,48 | 1,35 | 1,18 |

|  |  |
| --- | --- |
| Diagramm |  |

4. Für eine Schwingung gilt ganz allgemein die Gleichung



Gemessen wird die Schwingungsdauer T und die Änderung der Ausgangslänge. Damit ist die neue Länge des Fadenpendels



Die erste Gleichung wird quadriert und die neue Länge eingesetzt:



Nun noch nach d umstellen:



5. Die Messwerte werden in einen grafischen Taschenrechner eingegeben und durch Regression die Funktionsgleichung bestimmt. Für die konkreten Werte ergibt sich:



Das ganze ist eine quadratische Gleichung und der letzte Wert stellt die ursprüngliche Länge des Pendels dar.   
Wenn man nämlich das d immer größer macht, wird T immer kleiner. Ist d so groß wie die ursprüngliche Länge, dann ist man oben angekommen und die Schwingungsdauer ist Null. Nach der gefundenen Gleichung ist dann 

Mit dem gefundenen Wert kann man nun für jedes gemessene d die Fallbeschleunigung bestimmen.



|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| d in cm | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| T in s | 1,86 | 1,74 | 1,61 | 1,48 | 1,35 | 1,25 |
| g in m/s² | 11,1 | 11,3 | 11,7 | 12,0 | 12,3 | 11,8 |

Damit erhält man als Mittelwert für die Fallbeschleunigung: 11,7 m/s²79. Brennweite von Linsen

1. Es kommt die Linsengleichung zum Einsatz:



4.

|  |
| --- |
|  |
| Eine Zerstreuungslinse lenkt parallel kommende Lichtstrahlen von der optischen Achse weg. Verlängert man diese Strahlen nach hinten, treffen sie sich in einem Punkt, den man als Brennpunkt bezeichnet. |

Messwerte:

1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Linse | Gegenstandsweite  in cm | Bildweite  in cm | Brennweite  in cm |
| 1 | 16 | 60 | 12,6 |
| 2 | 6 | 70 | 5,5 |
| 3 | 20 | 55 | 14,7 |

2. für Linse 2



3. Abschätzung der Messgenauigkeit

zu 1.



Damit ergibt sich eine maximale Brennweite von 5,6 cm und eine minimale Brennweite von 5,4 cm.

zu 2.



Der maximale Wert der Brennweite liegt bei 5,6 cm und der minimale bei 5,5 cm.

Damit ist das Verfahren von Bessel dem anderen Verfahren vorzuziehen.

5. nach Verfahren 1.





Die Zerstreuungslinse hat eine Brennweite von –12cm.

#### 80. Schichtdicke eines lichtdurchlässigen Körpers

Messwerte (Die Folien wurden direkt vor das Messgerät gehalten.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Anzahl | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| E in Lux | 960 | 827 | 727 | 627 | 563 | 512 | 433 | 400 | 348 | 335 | 275 | 255 |

|  |
| --- |
|  |
| [Zur Excel-Tabelle](pr80.xls) |

Zusammenhang: Auf den ersten Blick sieht es wie eine umgekehrte Proportionalität aus. Die Überprüfung durch die Produktbildung aus n und E zeigt aber, dass das nicht stimmt.

Eine Analyse im grafischen Taschenrechner liefert als Gleichung:

, also eine fallende Exponentialfunktion.

Damit kann auch berechnet werden, wie viele Folien notwendig sind, um das Licht auf 1% abzuschwächen.

Die volle Intensität betrug 960 Lux. Also sind 9,6 Lux 1% davon. Die gefundene Gleichung muss nach n umgestellt werden:



#### 81. Art einer Flüssigkeit

Messwerte:

1. Wärmkapazität des Gefäßes

Masse Wasser: 0,1 kg

Anfangstemperatur: 21 °C

Endtemperatur: 51 °C

Zeit: 1 min 51 s

Leistung der Heizplatte: 150 W



Je 1 Kelvin Erwärmung gehen 136 J Energie an den Topf selber über, fehlen also beim Erwärmen der Flüssigkeit.

2. unbekannte Flüssigkeit

Masse: 76,6 g

Volumen: 100 ml

Anfangstemperatur: 23°C

Endtemperatur: 63°C

Zeit: 1 min 7 s

Dichte:





#### 82. Elektrische Leitungsvorgänge in Metallen

Messwerte:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U in V | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| IG in A | 0 |  | 0,1 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,19 | 0,24 | 0,27 | 0,34 | 0,4 | 0,45 | 0,49 |
| IH in A | 0 | 0,33 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 2,0 | 2,2 | 2,5 | 2,7 |

|  |
| --- |
|  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U in V | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| RG in Ohm |  |  | 2 | 2,5 | 3,1 | 3,6 | 5,3 | 6,3 | 7,4 | 8,8 | 10 | 11,1 | 12,2 |
| RH in Ohm |  | 0,3 | 0,4 | 0,43 | 0,5 | 0,56 | 0,83 | 1,07 | 1,25 | 1,5 | 1,8 | 2 | 2,2 |

|  |
| --- |
|  |

[Zur Excel-Tabelle](pr82.xls)

Die ohmschen Widerstände der Lampen können mit Hilfe des Diagramms bestimmt werden. Dazu ist der Schnittpunkt der Kurve mit der R-Achse zu ermitteln, denn dass ist der Widerstand, den die Lampe bei 0 V hätte.

Dazu verwendet man z.B. einen grafischen Taschenrechner.

Für die Glühlampe erhält man einen Kaltwiderstand von 0,82 Ohm und für die Halogenlampe einen von 0,24 Ohm.

Bei Temperaturerhöhung schwingen die Atome im Metall heftiger und behindern die Elektronen in ihrem Fluss. Damit steigt der Widerstand.

Die Gleichung lautet



Die wird nach der Temperaturänderung umgestellt:



Da der Temperaturkoeffizient bei beiden Lampen gleich ist, kann man schreiben



wobei RE der Widerstand bei der Nennspannung ist.

Setzt man die Werte ein, erhält man für die Glühlampe eine größere Temperaturänderung. Das verwundert zuerst, erklärt sich aber damit, dass die Halogenlampe nur auf Sparflamme lief, da sie eine max. Spannung von 12 V hatte.

#### 83. Spezifische Schmelzwärme von Eis

Durchführung des Experiments:

1) Bestimmen Sie das K Ihres Kalorimetergefäßes!

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Masse | Anfangstemperatur | Mischungstemperatur |
| kaltes Wasser | 0,1 kg | 18,5 °C | 38°C |
| heißes Wasser | 0,1 kg | 62 °C | 38°C |

2) Füllen Sie danach das Kalorimetergefäß erneut zur Hälfte mit warmem Wasser. Ermitteln Sie alle Werte, die vor Zugabe des Eises zu messen sind. (Masse des warmen Wassers nicht vergessen!)

Geben Sie zwei bis drei Eiswürfel in das Gefäß und warten Sie unter mehrfachem Rühren das vollständige Schmelzen des Eises ab.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Masse | Anfangstemperatur | Mischungstemperatur |
| Eis | 0,0359 kg | 0°C | 36°C |
| heißes Wasser | 0,1 kg | 75 °C | 36°C |

Auswertung:

1. Bestimmung des K-Wertes

Die Gleichung stammt aus der Aufgabensammlung



Dort werden die Zahlen eingesetzt:



Dieser Wert gibt an, wie viel Energie das Gefäß je K Temperaturänderung aufnimmt oder abgibt.

2. Energiebilanz

In dem Gefäß befindet sich warmes Wasser. Damit steckt die Energie sowohl im Gefäß als auch im Wasser.

Gibt man Eis hinein, wird Wärme zum Schmelzen des Eises und dem Erwärmen des dabei entstehenden Wassers benötigt. Es gilt also:

Wärme, die das Gefäß und Wasser abgeben = Schmelzwärme + Wärme zum erwärmen des Wassers

oder mit Formelzeichen:



Die negativen Vorzeichen geben an, dass Wärme abgegeben wird.

In der Schmelzwärme Qs versteckt sich die gesuchte spezifische Schmelzwärme von Eis.



In diese Gleichung können nun die Messwerte eingesetzt werden:



Der Wert aus dem Tafelwerk beträgt .

[Excel-Tabelle](pr83.xls) zur Auswertung

Damit wurde im Experiment die spezifische Schmelzwärme zu groß bestimmt.

In der oben aufgestellten Energiebilanz



ist Qs zu groß.

Das kann folgende Ursachen haben:

Die Größen auf der linken Seite der Gleichung sind zu groß oder die Wärme zum Erwärmen des kalten Wassers wurde zu klein bestimmt.

Auf der linken Seite steht die Wärme, die das warme Wasser abgegeben hat. Dieser Wert kann für die erreichte Mischungstemperatur zu groß sein. Wenn die Mischungstemperatur größer wäre, würde der Wärmewert kleiner werden und der berechnete Wert dem konkreten Wert näher kommen.

Es ist möglich, dass bei dem Versuch noch zusätzlich Wärme an die Umgebung abgegeben wurde.

#### 84. Stoßvorgänge

1.

Masse des Tischtennisballs: 2,4g

Radius: 1,9 cm

Mittelwert der Abdrücke im Mehl: 36 mm

Mittelwert der Abdrücke auf Millimeterpapier: 8 mm

2. In beiden Versuchen besitzt der Tischtennisball zu Beginn potenzielle Energie. Beim Fallen wird immer dies potenzielle Energie in kinetische Energie umgewandelt.

Im Moment der ersten Berührung mit der Unterlage ist sämtliche potenzielle Energie in kinetische Energie umgewandelt.

Schlägt der Ball in das Mehl ein, wird diese Energie vollständig zum Verformen des Mehls verwendet. Damit erhöht sich, wenn auch unmerklich, die thermische Energie des Mehls. Dieser Vorgang ist nicht umkehrbar. (unelastischer Stoß)

Beim Aufschlagen auf die harte Oberfläche wird die kinetische Energie zur Verformung des Balls genutzt. Da der Ball elastisch ist, speichert er diese Energie als Verformungsarbeit.

Ein Teil wird in Wärmeenergie umgewandelt.

3. Die gegebene Gleichung muss nach s umgestellt werden:



Damit kann die Abbremsstrecke berechnen.

Mehl: 13 mm

Tisch: 0,4 mm

[EXCEL-Tabelle](pr84.xls)

4.

Die Kraft ist allgemein:



Die Beschleunigung a lässt sich aus dem Bremsweg und der Geschwindigkeit zu Beginn des Bremsvorganges berechnen:



Die Geschwindigkeit erhält man über die Gesetze des freien Falls aus der Fallhöhe:



Damit bekommt man für die Beschleunigung:



und endlich die Bremskraft:



h ist die Fallhöhe, also 1 m.

Bremskräfte:

Mehl: 1,8 N

Tisch: 58,9 N

Begründung des Unterschieds:

Die Bremskraft ist umgekehrt proportional zur Bremsstrecke. Da diese im Mehl deutlich größer ist, ist die Bremskraft auch kleiner.

Bremszeit:



Mehl: 5,9ms

Tisch: 1,8 ms

#### 85. Volumenänderung von Flüssigkeiten

Volumen im Kolben: 135 ml

Innendurchmesser des Steigrohres: 4 mm

[Messwerttabelle](pr85.xls)

Die Volumenzunahme errechnet sich aus der Steighöhe und dem Durchmesser des Steigrohres. Allgemein ist das Volumen die Höhe mal die Fläche. Die Fläche des Rohres war kreisförmig:



4. Die Volumenänderung ist



Für die Volumenänderung gilt:



Mit



wird daraus:



Das kann eingesetzt werden:



Berechnet man für alle Messwertpaare den Ausdehnungskoeffizienten und bestimmt daraus den Mittelwert, erhält man



6. 

#### 89. Brechungsgesetz

Es gilt das Brechungsgesetz:



c1 ist die Lichtgeschwindigkeit in Luft und c2 im Glas.

Mit der bekannte Lichtgeschwindigkeit in Luft von



lässt sich aus den Winkeln die Lichtgeschwindigkeit im Glas berechnen.



|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° |
|  | 7° | 12° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |
| --- |
|  |
| [Diagramm](pr89.xls) |

Aus den Messwerten erhält man einen Mittelwert der Lichtgeschwindigkeit von



Aus dem Verhältnis der Lichtgeschwindigkeiten lässt sich die Brechzahl berechnen:



(leichtes Kronglas)

Aus dem Diagramm erhält man für einen Einfallswinkel von 45° einen Brechungswinkel von 28°.

Berechnung:



Beide Werte stimmen überein.

#### 90. Hooke’sches Gesetz

Die Messungen wurden an Hutgummi durchgeführt.

Länge der unbelasteten Schnur: 23 cm

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| m in g | 20 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 |
| in cm | 26 | 34 | 35,5 | 39,5 | 43,5 | 48,5 |
| in cm | 3 | 11 | 12,5 | 16,5 | 20,5 | 25,5 |
|  | 6,7 | 3,6 | 3,6 | 3,0 | 2,9 | 2,7 |

|  |
| --- |
|  |
| An Stelle der Kraft wurde zur Bestätigung des Hooke'schen Gesetzes die Masse verwendet.  Die Tabelle zeigt, dass der Quotient aus der Belastung und der Längenänderung nicht konstant ist. Für einen Gummi gilt das Hooke'sche Gesetz nicht.  In der Excel-Tabelle sind Messwerte für eine zweite Gummischnur. Auch da ist das Hooke'sche Gesetz nicht zu erkennen.  [Excel-Tabelle](pr90.xls) |

Schwingung der ersten Gummischnur:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m in g | 50 | 70 | 100 |
| T in s | 0,48 | 0,46 | 0,49 |
|  | 0,068 | 0,055 | 0,049 |

Wie zu erwarten ist der Quotient  auch nicht konstant, da ja das Hooke'sche Gesetz nicht gilt.

Für die zweite Gummischnur wurde gemessen:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m in g | 300 | 400 | 500 |
| T in s | 0,45 | 0,5 | 0,56 |
|  | 0,026 | 0,025 | 0,025 |

Für die zweite Gummischnur ist der Quotient  konstant.

#### 91. Ladung und Energie im Kondensator

Spannung: 7V

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t in s | 0 | 5,8 | 9,2 | 15,3 | 20,5 | 27,5 | 37,2 |  |  |
| I in mA | 0,68 | 0,6 | 0,56 | 0,5 | 0,45 | 0,4 | 0,34 |  |  |

[Diagramm](pr91.xls)

Für die Kapazität des Kondensators gilt:



Die Kapazität C ist konstant, so dass man schreiben kann:



Die auf dem Kondensator gespeicherte Ladungsmenge ist als direkt proportional zur Spannung. Wenn die Spannung an den Kondensatoranschlüssen auf die Hälfte der Ladespannung gesunken ist, ist auch die Ladungsmenge halbiert.

Die Entladung des Kondensators erfolgt über einen ohmschen Widerstand. Für den gilt:



Damit ist die Spannung auf die Hälfte gesunken, wenn der fließende Strom auf die Hälfte seines ursprünglichen Wertes abgefallen ist.

Das heißt aber, dass der Kondensator zum Zeitpunkt tH zur Hälfte entladen war.

Es muss die Fläche unter Kurve des Graphen I(t) bestimmt werden. Dieser Wert ist die Hälfte der Ladung, die zu Beginn auf dem Kondensator war. Mit der bekannten Ladespannung lässt sich damit die Kapazität bestimmen.

Für die Bestimmung des Flächeninhaltes wird ein grafischer Taschenrechner verwendet. Man erhält 17,96 mC.

Verdoppelt sind das 35,92 mC.



Energie: Die Energie im Kondensator berechnet sich mit





und eingesetzt:



Die gespeicherte Energie ist proportional zum Quadrat der Spannung. Da zum Zeitpunkt tH die Spannung auf den halben Wert abgefallen ist, beträgt die im Kondensator gespeicherte Energie nur noch ein Viertel der ursprünglichen Energie.

Es sind als 75% der zum Zeitpunkt 0 gespeicherten Energie bereits umgesetzt worden.92. Energieumwandlung an einem Gummifaden

1. gemessene Gleitwege: 62 cm, 63 cm, 59 cm, 59 cm, 56 cm, 62 cm, 68 cm, 56 cm, 60 cm, 62 cm

Mittelwert: 61 cm

2. Gleitreibungskraft: 0,4 N

3. Reibungsarbeit:



4. [Messwerte und Diagramm](pr92.xls)

5. Für den Gummifaden gilt keine Proportionalität zwischen der Kraft und der Längenänderung. Zu Beginn ist eine größere Kraft für die gleiche Längenänderung notwendig.

6. Die Spannarbeit wird mit Hilfe eines grafischen Taschenrechners bestimmt.

Die Fläche unter der Kurve ergibt 0,19 J.

#### 94. Bildentstehung an Sammellinsen

Brennweite der Sammellinse: f=10 cm

G=

Die Messwerte sind Beispiele. Es sind sehr viele Werte möglich, sie müssen nur den Gleichungen für dünne Linsen gehorchen:



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Messung Nr. | g | b | B | Bild |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Abstand des Gegenstandes von der Linse | Bild |
| weiter weg als 20 cm | kleiner |
| etwa 20 cm | gleich groß |
| zwischen 10 und 20 cm | größer |
| weniger als 10 cm | nicht möglich, virtuelles Bild |

[Excel-Tabelle](pr94.xls)95. Eigenschaften des Auges

zu 1. Die Pupille ist der schwarze Teil des Auges, der von der Iris umgeben ist. Sie kann z.B. 6 mm Durchmesser haben, schwankt aber in Abhängigkeit von der Stärke des umgebenden Lichtes. Wenn es hell ist, ist sie sehr klein, bei Dunkelheit groß.

zu 2. Der Nahpunkt ist vom Alter der Versuchsperson abhängig. Bei einem 10-Jährigen sollte er etwa 8-10 cm betragen. Ab dem 40. Lebensjahr wird die Entfernung, in der wir noch scharf stellen können, immer größer. Der Nahpunkt kann bis auf über 1 Meter wegrücken.

zu 4. Für die Berechnung des Winkels wird angenommen, dass die Punkte auf einem Kreis liegen, der den Radius Abstand-Auge-Punkte hat. Damit lässt sich eine einfache Verhältnisgleichung aufstellen.

Das Auflösungsvermögen liegt bei etwa 0,02°

#### 97. Bildentstehung an Sammellinsen

**2.** Gegenstandsgröße: 2,6 cm

**4.**

Bildweite: 16 cm

Bildgröße:

**5.**

Gegenstandsweite: 10 cm

Bildweite: 10 cm

**6.**

Brennweite: 5 cm

**98. Bestimmung der Wellenlänge des ausgesandten Lichtes von Leuchtdioden**

Abstandes der beiden Spitzen der Keile voneinander: 

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| LED | e | Wellenlänge |
| Rot | 43 cm | 581 nm |
| Gelb | 45 cm | 556 nm |
| Grün | 48 cm | 521 nm |
| Blau | 52 cm | 481 nm |



Fehlerrechnung:

Messwerte sind e und s



Auf Grund der Messanordnung (Lineal, Breite der Dias) ist die Genauigkeit bei der Längenmessung nur auf einen halben Zentimeter möglich.

Prozentuale Fehler

Es wird zuerst der relative Fehler berechnet.



Damit wird der Abstand der Keile mit einem Fehler von 5% und der Abstand Doppelkeil-Gitter mit einem Fehler von 1% bestimmt.

Der Doppelkeilabstand wird mit einem größeren Fehler bestimmt. Ursache ist das Lineal, dass für diese Messung zu grob ist.

Besser wäre eine Messvorrichtung, die eine kleinere Einteilung als Millimeter ermöglicht. z.B. ein Messschieber.

Absoluter Fehler der Wellenlänge

In der Gleichung für die Wellenlänge sind die beiden Messgrößen durch eine Division miteinander verknüpft. Nach den Gesetzen der Fehlerfortpflanzung werden demnach die relativen Fehler addiert:



Damit liegt die Ungenauigkeit der Wellenlängenbestimmung bei 6%. Für das blaue Licht bedeutet das:



Also



Damit liegt die Wellenlänge des blauen Lichtes zwischen 452 nm und 510 nm.

**99.** **Federpendel**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| F in N | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 1 |
| s in cm | 6 | 12 | 15 | 29 |
| F/s=D | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,4 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| m in g | 20 | 40 | 50 | 100 |
| t1 in s (5 Schw.) | 2,63 | 3,74 | 3,96 | 5,63 |
| t2 in s (5 Schw.) | 2,89 | 3,71 | 4,03 | 5,86 |
| T in s | 0,55 | 0,75 | 0,8 | 1,15 |
| D | 2,6 | 2,8 | 3,1 | 3,0 |
| (T in s, m in kg) | 3,9 | 3,8 | 3,6 | 3,6 |

**100. Fallbeschleunigung, Fadenpendel**

**Messwerte:**

Länge des Pendels: 44,0 cm

Zeiten für 10 Schwingungen

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Messung | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Zeit in s | 13,25 | 13,40 | 13,25 | 13,31 | 13,25 | 13,38 | 13,38 | 13,44 | 13,41 | 13,44 |
| T in s | 1,325 | 1,340 | 1,325 | 1,331 | 1,325 | 1,338 | 1,338 | 1,334 | 1,341 | 1,344 |

**absolute Fehler:**

Die Länge wurde mit einem Lineal mit mm-Einteilung gemessen: 

Für die Zeit ergibt sich:



Das ist der Fehler für 10 Schwingungen. Für eine Schwingung ergibt sich dann ein Fehler von



Damit erhält man als Messwerte:



**Fallbeschleunigung**



(drei gültige Ziffern)

* Fehlerberechnung aus den größten und kleinsten Messwerten.

**größter Wert:** Für die Länge muss der größte Wert und für die Zeit der kleinste Wert verwendet werden.

größte Länge: 

kleinste Zeit: 

größter Wert:



**kleinster Wert:** Für die Länge muss der kleinste Wert und für die Zeit der größte Wert verwendet werden.

kleinste Länge: 

größte Zeit: 

kleinster Wert:



* Fehlerberechnung mit Fehlerfortpflanzung

Es liegen eine Division und ein Exponent vor. Der relative Fehler berechnet sich mit



Damit kann der absolute Fehler von g berechnet werden:



Die beiden Grenzwerte für die Fallbeschleunigung sind dann

größter Wert: 

kleinster Wert: 

**Vergleich:** Auf beiden Wegen erhält man den gleichen absoluten Fehler.

**102. Zener-Diode**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U ges in V | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| U L in V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,2 | 1 | 2,2 | 3,2 | 4,2 | 5 |
| U Z in V | 0 | 0,8 | 1,8 | 2,8 | 3,8 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

[Diagramm](pr102.xls)

Es wurde eine Diode mit einer Z-Spannung von 3,9 V verwendet.

Die Diode ist in Sperrrichtung geschaltet und stellt zu Beginn einen sehr großen Widerstand dar.

Bei etwa 4 V beginnt sie zu leiten und der Widerstand wird schlagartig sehr kleine. Dadurch fällt nun auch Spannung an der Lampe ab.

Bei einer Gesamtspannung von 8 V haben Lampe und Z-Diode etwa den gleichen Widerstand.

**106.** schräger Wurf

**b)** Der Wagen hat eine Masse von 47,9 g.

**c)** Aus der Höhe und der Länge der geneigten Ebene erhält man einen Neigungswinkel von z.B. 22,5°.

**d)** Die Höhendifferenz beträgt 0,12 m und die Abwurfhöhe 0,79 m.

**e)** Messwerte

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Wurf | 1 | 2 | 3 | 4 |
| sw | 46 cm | 47,5 cm | 48,5 cm | 49 cm |

Der Mittelwert ist dann 47,5 cm.

**f)**

Es muss Gemeinsames zwischen den beiden Gleichungen gesucht werden. Das ist die Zeit, die bei beiden Bewegungen gleichzeitig abläuft.

Da die Abhängigkeit des y-Wegs vom x-Weg gesucht ist, wird die Gleichung für den x-Weg nach der Zeit umgestellt und diese Zeit dann in die y-Weg-Gleichung eingesetzt.



Diese Zeit wird in die zweite Gleichung eingesetzt:

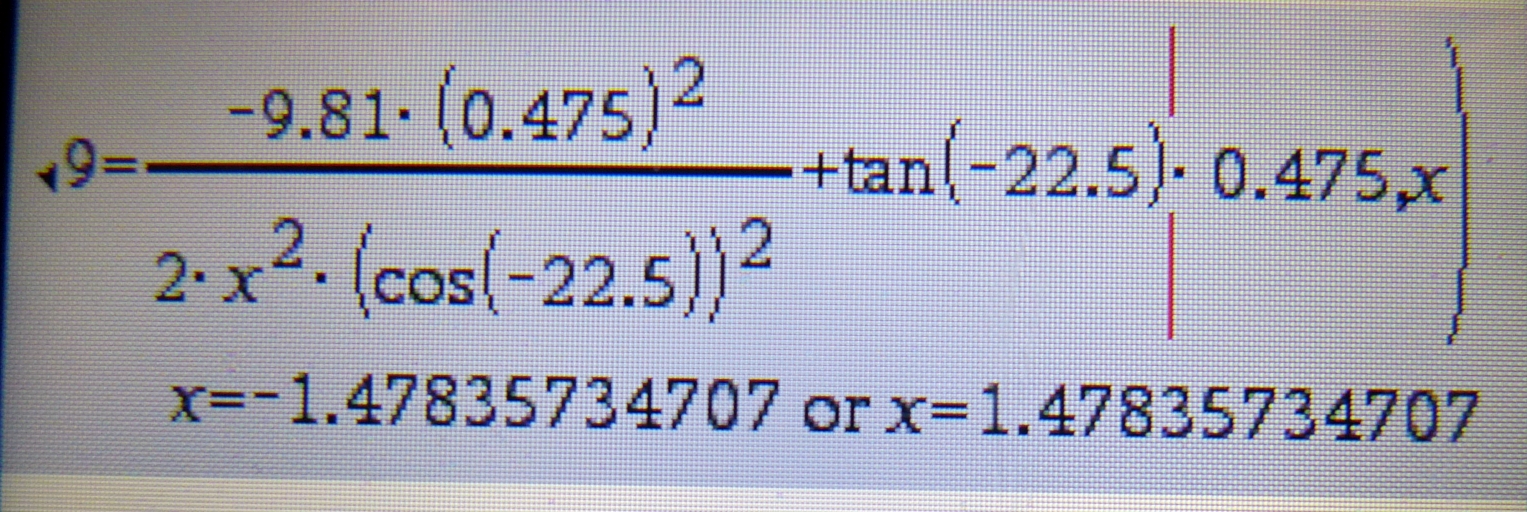


Nun kann man sie noch etwas attraktiver schreiben, indem man kürzt und zusammenfasst.



**g)** Die bei e) gemessene Wurfweite ist der Weg in x-Richtung, die Tischhöhe der Weg in y-Richtung. **Achtung:** Da der Wurf nach unten geht und der Nullpunkt im Abwurfpunkt liegt, muss die Tischhöhe negativ angegeben werden. Der Abwurfwinkel entspricht den -22,5°. Auch hier: es geht nach unten, also negativ.

Da der Nullpunkt im Abwurfpunkt liegt, braucht keine Anfangshöhe s0y angegeben werden. Das wäre nur notwendig, wenn der Nullpunkt z.B. in der Fußbodenebene liegen würde.



Der Solver liefert als Geschwindigkeit einen Wert von 1,47 m/s.

Der vordere Teil, der nicht mit auf das Bild passte, lautet -0,79.

Das ganze kann auch zu Fuß gerechnet werden. Dazu muss die Wurfparabel nach der gesuchten Geschwindigkeit umgestellt werden.



Dass unter der Wurzel ein negatives Vorzeichen steht, sollte nicht verwirren, da ja auch negative Werte eingesetzt werden.



Da während der Rechnung gerundet wurde, stimmen die Ergebnisse in der letzten Stelle nicht überein.

**h)** Die kinetische Energie berechnet sich mit



und ergibt



i) Die Geschwindigkeit vor den Abwurfort erhält man aus dem Energieerhaltungssatz der Mechanik.



Das wird in die Gleichung für die kinetische Energie eingesetzt und diese berechnet.



**j)** Die beiden Werte sind ungefähr gleich, Fehler brauchen nun nicht mehr gesucht werden.

**k)**

Da mehrere Messungen gemacht worden, wird für die Bestimmung des absoluten Fehlers der kleinste Wert vom größten abgezogen und die Differenz durch die Anzahl der Messwerte geteilt:



Damit kann der relative Fehler angegeben werden:



Das entspricht einem Fehler von etwa 1,6%.

**107.** geneigte Ebene, Reibung (LK 2015, NT)

**b)** Das Newtonsche Grundgesetz lautet:



F ist die Kraft, die einen Körper der Masse m beschleunigt. Der Körper bewegt sich durch diese Kraft gleichmäßig beschleunigt mit der Beschleunigung a.

Wenn der Wagen nach unten fährt, ist die wirkende Kraft die Hangabtriebskraft des Zusatzgewichtes minus die Reibungskraft, die ja immer gegen die Bewegung wirkt.

Die Hangabtriebskraft ist



Damit ist die beschleunigende Kraft



und im Grundgesetz:



Die Masse, die beschleunigt werden soll ist die Gesamtmasse des Systems, also die Massen der beiden Wagen plus die Masse des Zusatzgewichtes auf dem rechten Wagen.



Im Grundgesetzt sieht das dann so aus:



Stellt man diese Gleichung nun nach der gesuchten Reibungskraft um, erhält man



oder mit ausgeschriebener Hangabtriebskraft



**d)** Wenn die Masse m2 genau so groß ist wie die Masse m1, bewegt sich das System nicht. Mit Vergrößern der Masse m2 wird die Hangabtriebskraft auf der linken Seite immer größer.

Wenn die Masse m2 doppelt so groß ist wie die Masse m1, ist die beschleunigende Kraft auf der linken Seite genau so groß wie die beschleunigende Kraft im ersten Versuch auf der rechten Seite. Aber: gleichzeitig ist jetzt die Masse, die bewegt werden muss, größer geworden. Dadurch ist die Beschleunigung des Systems kleiner und die beschleunigende Kraft muss größer werden, um die ursprüngliche Beschleunigung wieder zu erreichen.

**108. Wechselstromkreis – Reihenschaltung von Spule und Kondensator (LK 2016 NT)**

**1.** Es wurde eine Spule mit 1000 Windungen und einem geschlossenen Eisenkern verwendet.

* ohmscher Widerstand



* Scheinwiderstand



* Induktivität

Die Spule wird als eine Reihenschaltung von ohmschen Widerstand R und in induktivem Widerstand XL betrachtet. Beide zusammen stellen den Scheinwiderstand Z dar. Durch die auftretende Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom werden sie aber durch die Gleichung



miteinander verknüpft.

Der induktive Widerstand berechnet sich mit



In dieser Gleichung steckt die gesuchte Induktivität L, die nun berechnet werden kann:



**2.** Es wurden die drei Kapazitäten



verwendet.

C1:



C2:



C3:



3. Für eine Siebkette aus Spule und Kondensator gilt die Gleichung



X ist jetzt die Kombination aus induktivem und kapazitivem Widerstand und berechnet sich mit



Wie im Diagramm zu sehen ist, nähert sich der Scheinwiderstand Z mit steigender Kapazität dem Wert ZGrenz an. Es muss also Z für eine unendlich große Kapazität berechnet werden.

Wenn die Kapazität immer größer wird, wird der Ausdruck



immer kleiner und geht gegen Null. Damit kann er in der Gleichung wegelassen werden.



Bei der Resonanzkapazität ist der Scheinwiderstand am kleinsten. In diesem Fall sind der kapazitive Widerstand und der induktive Widerstand genau gleich groß. Da sie in X subtrahiert werden, ergibt dieser Ausdruck dann Null und der Scheinwiderstand ist so groß wie der ohmsche Widerstand der Spule.



**109. Induktivität und Phasenverschiebung (LK 2016)**

**1.** Es wurde eine Spule mit 1000 Windungen und einem geschlossenen Eisenkern verwendet.

* ohmscher Widerstand



* Scheinwiderstand



* Induktivität

Die Spule wird als eine Reihenschaltung von ohmschen Widerstand R und in induktivem Widerstand XL betrachtet. Beide zusammen stellen den Scheinwiderstand Z dar. Durch die auftretende Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom werden sie aber durch die Gleichung



miteinander verknüpft.

Der induktive Widerstand berechnet sich mit



In dieser Gleichung steckt die gesuchte Induktivität L, die nun berechnet werden kann:



|  |  |
| --- | --- |
| 2. Für das Zeigerdiagramm werden der ohmsche Widerstand und der induktive Widerstand verwendet. Der ohmsche Widerstand ist bekannt, der induktive lässt sich berechnen:    Als Maßstab kann gewählt werden:    Damit wird der Zeiger für den ohmschen Widerstand 0,6cm und der Zeiger für den induktiven Widerstand 19,6cm lang.  Die gesuchte Phasenverschiebung ist der Winkel zwischen dem ohmschen Widerstandszeiger und dem Zeiger für den Scheinwiderstand. |  |



3. Für eine Reihenschaltung von Induktivität, Widerstand und Kapazität gilt die Gleichung



Bei der Resonanzfrequenz ist der Scheinwiderstand Z am kleinsten. Das bedeutet, dass der induktive Widerstand XL und der kapazitive Widerstand Xc gleich groß sind und damit die Differenz aus beiden Null wird.

Mit diesem Ansatz lässt sich die unbekannte Kapazität des Kondensators bestimmen:



Bei dieser Kapazität ist der Scheinwiderstand so groß wie der ohmsche Widerstand, da sich ja der Teil aus induktivem und kapazitivem Widerstand aufhebt.

Der Scheinwiderstand für die gesuchte Frequenz soll viermal so groß sein wie der Scheinwiderstand im Resonanzfall, also 60 Ohm.

Die Gleichung heißt dann



Über den Solver im GTR erhält man 2 Lösungen: 247 Hz und 256 Hz.

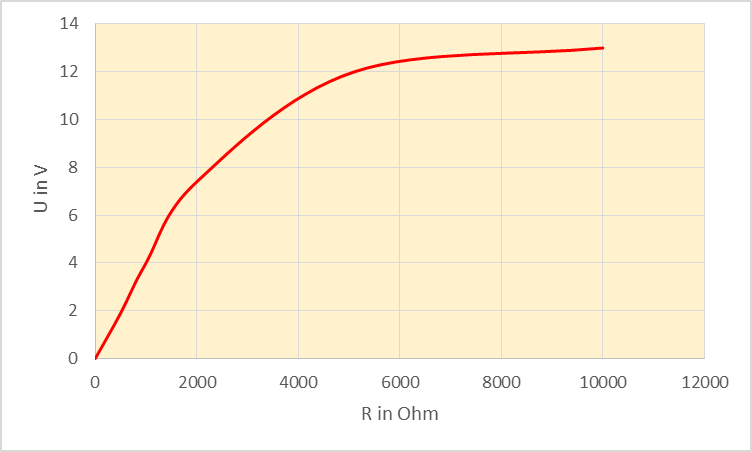
Beide Frequenzen sind möglich, da ja die Frequenzkurve der Siebkette bei 251,6 Hz ihr Minimum hat und die beiden Lösungen rechts und links davon liegen.

**111. Reihenschaltung von C und R**

1.b) Über dem -Widerstand fällt eine Spannung von 4 V ab.

1.c)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| R in | 0,5 | 2 | 5,1 | 10 |
| UR in V | 1,9 | 7,4 | 12 | 13 |



[Excel-Tabelle](pr111.xlsx)

Je größer der Widerstand, umso größer ist die Spannung, die über dem Widerstand abfällt.

2.

b) Stromstärke: 4,2 mA

Spannung: 14 V

Aus der gemessenen Spannung und der Stromstärke lässt sich der Scheinwiderstand Z der Reihenschaltung bestimmen:



Der Scheinwiderstand ergibt sich aus dem ohmschen Widerstand und dem kapazitiven Widerstand. Durch die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung werden aber beide nicht einfach addiert, sondern mit



berechnet.

Die gesuchte Kapazität C steckt im kapazitiven Widerstand:



Damit erhält man



In einer Reihenschaltung aus Kondensator und ohmschen Widerstand gilt



Da der Strom an allen Stellen gleich ist, kann man die Widerstandswerte durch die Spannungen ersetzten.



Die Spannung, die über dem Widerstand abfällt, ist



und die über dem Kondensator ist



Eingesetzt ergibt das



Der Strom kann ausgeklammert werden:



und durch Strom und Spannung über dem Widerstand ersetzt werden:

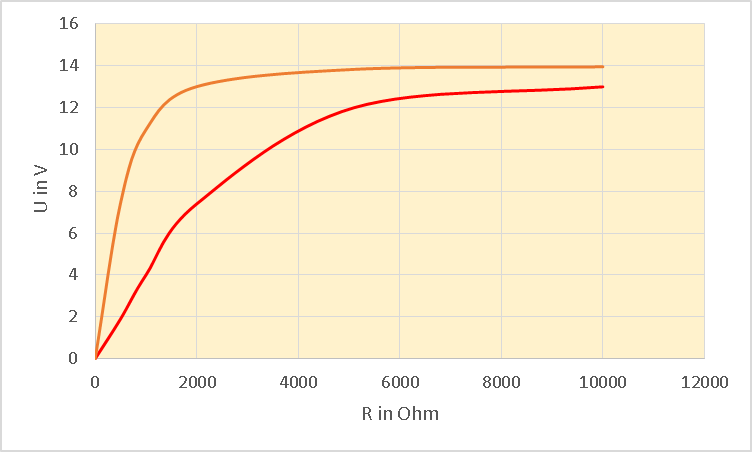


Diese Gleichung wird nach der Spannung über dem Kondensator umgestellt:



Wurzel ziehen und fertig:





Mit steigender Frequenz wird der kapazitive Widerstand immer kleiner. Damit nähert sich die Summe unter dem Bruchstrich immer weiter dem Wert von R an, wird also immer kleiner. Damit wird der Bruch unter der Wurzel vom Wert her immer größer. Er nähert sich dem Wert 1 an.

Das heißt, dass die Spannung über dem Widerstand bei steigender Frequenz immer schneller den Wert der Gesamtspannung U erreicht. Der Kondensator spielt bei größer werdender Frequenz eine immer kleinere Rolle.

**112. Erhaltungssätze**

**a)** Der Wagen befindet sich am Anfang in der Höhe h in Ruhe. Damit hat er an dieser Stelle nur potentielle Energie.

Wenn der Wagen die geneigte Ebene nach unten fährt, wird diese potenzielle Energie in kinetische Energie und Wärmeenergie umgewandelt.

Befindet er sich am Beginn der horizontalen Ebene, besitzt er nur noch kinetische Energie. Rollt der Wagen vor dem Stoß auf der Ebene, wandelt er schon einen Teil der kinetischen Energie durch Reibung in Wärme um. Diese Umwandlung ist aber auf Grund der sehr geringen Rollreibung und der Kürze der Strecke sehr gering.

Stößt der Wagen unelastisch auf den Holzklotz, wird ein Teil der kinetischen Energie wie beim unelastischen Stoß üblich, über Verformungsarbeit in Wärme umgewandelt. Weiterhin wird ein Teil der kinetischen Energie des Wagens in kinetische Energie des Holzklotzes übertragen.

Nach dem Stoß besitzen der Wagen und der Holzklotz kinetische Energie, die bis zum Stillstand der beiden komplett über die Reibungsarbeit in Wärme umgewandelt werden.

**b)** Reibungskraft: 0,2 N

**c)** Masse des Wagens: 156g

Masse des Holzquaders: 89 g

Ablaufhöhe: 7 cm

Die potentielle Energie zu Beginn des Vorgangs ist



Am Ende des Ablaufberges ist die potentielle Energie 0 und ändert sich dann auch nicht mehr.

**d)** Nach dem Stoß bewegt sich das System mit einer gemeinsamen Geschwindigkeit u und einer gemeinsamen Masse m um die Strecke s weiter. Dabei wirkt die Reibungskraft FR.

Während dieser Bewegung wird die kinetische Energie des System über Reibungsarbeit in Wärme umgewandelt. Das lässt sich als Formel so darstellen:



Die Reibungsarbeit ist das Produkt aus der Reibungskraft und dem zurückgeleten Weg. Damit kann die gesuchte Gleichung hergeleitet werden:



Aus mehreren Messungen ergibt sich eine Strecke s von 11 cm. Damit wird die Geschwindigkeit u berechnet:



**e)** Die Geschwindigkeit, die der Wagen vor dem Stoß hat, lässt sich aus dem Impulserhaltungssatz berechnen. Der Impuls des Wagens vor dem Stoß ist genau so groß wie der Impuls des gesamten Systems nach dem Stoß.



Damit kann die kinetische Energie berechnet werden:



Die kinetische Energie des Wagens vor dem Stoß ist rund halb so groß wie die potetielle Energie am Startpunkt.

Damit wird etwa die Hälfte der potentiellen Energie, die der Wagen am Stratpunkt hatte, schon beim Runterrollen über die Reibung in Wärmenergie umgewandelt.

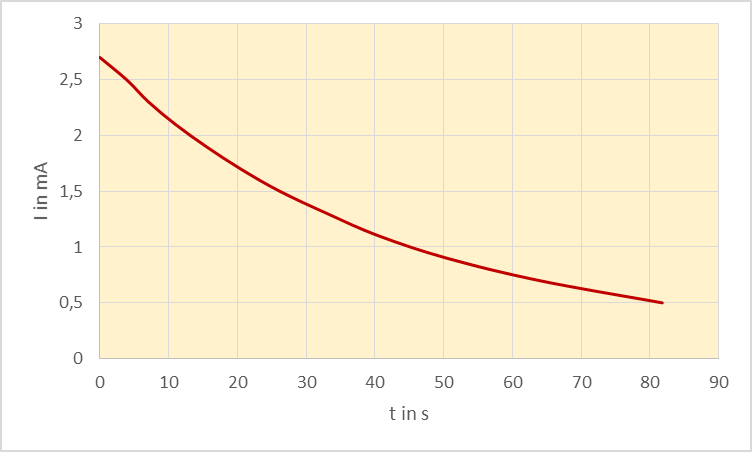
114. **Kondensator (LK 2016)**

C=6800 µF

R=5,1 kOhm

Am SVG wurde die Kombination 2-12 gewählt.

a)



[Excel-Tabelle](pr114.xlsx)

b) Der gemessene Strom stellt den Strom durch den Widerstand dar. Die Stärke des Stroms wird durch die Größe des Widerstands und der Größe der Spannung bestimmt. Die Widerstandsgröße ist während des Versuches unverändert, also muss sich die Spannung geändert haben.

Der Strom ist nach dem ohmschen Gesetz proportional zur Spannung.

Die Spannung, die an einem geladenen Kondensator anliegt ist



Damit ist die Spannung am Kondensator proportional zu der Ladung auf den Platten, da die Kapazität konstaqnt blieb.

Das heißt, Strom ist proportional zur Spannung und Spannung ist proportional zur Ladung. Damit ist auch der Strom proportioanl zur Ladung und aus



folgt dann



Der Strom ist laut Definition die Ladung, die je Zeit durch den Querschnitt eines Leiters fließt



Also ist die Ladung:



Das gilt aber nur dann, wenn der Strom konstant fließt, was bei diesem Experiment nicht der Fall war.

Allgemein gilt:



Die Ladung entspricht also der Fläche unter der I(t)-Kurve.

Die Fläche kann durch einfaches Auszählen der Kästchen oder z.B. durch Regression auf einem grafischen Taschenrechner erfolgen.

Beim Auszählen erhält man etwa 100 mC, über die Regression kommt man auf 95 mC.

Da der Kondensator bis zu diesem Zeitpunkt zu ¾ entladen war, ist die gesamte Ladung, die auf dem Kondensator war, 127 mC

c) Die Spannung, auf die der Kondensator am Anfang geladen war, kann man über die Stromstärke zu Beginn der Messung berechnen. Da die Größe des Widerstandes bekannt ist, gilt:



daraus lässt sich die Kapazität des verwendeten Kondensators berechnen:



Geht man von einer 20%igen Toleranz aus, wäre der max. Wert der Kapazität 8160 µF.

Die Energie auf dem Kondensator ist



d) Etwa 33 s.

**115. Bewegung und Energie**

1. Masse des Wagens: 56 g

2. Höhe: 6 cm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| s1 | 35 cm | 35 cm | 35 cm |
| s2 | 40 cm | 42 cm | 39 cm |
| t | 1,10 s | 1,04 s | 1,13 s |

Mittelwert s2: 40,3cm

Mittelwert t: 1,1 s

3. Wenn man davon ausgeht, dass während der kurzen Abfahrt eine konstante Kraft wirkt, ist die Bewegung gleichmäßig beschleunigt. Es gilt dann



Damit lässt sich die Geschwindigkeit im Punkt 2 berechnen:



Die kinetische Energie ist dann



4. Der Wagen besitzt vor dem Loslassen nur potenzielle Energie. Nach dem Loslassen wird diese Energie in kinetische Energie und Wärmeenergie durch Reibungsarbeit umgewandelt.

Am Ende der geneigten Ebene besitzt der Wagen nur kinetische Energie. Die wird beim Ausrollen komplett über Reibungsarbeit in Wärmeenergie umgewandelt.

Die potenzielle Energie vom Anfang wurde also komplett über Reibungsarbeit in Wärmeenergie umgewandelt.

5.1. Der Wagen startet aus einer Höhe von 6 cm. Damit kann die potenzielle Energie in diesem Punkt berechnet werden:



Wie in Aufgabe 3 berechnet, hat der Wagen am Ende nur noch 0,011 J. Damit sind 0,022 J über die Reibungsarbeit in Wärme umgewandelt worden.

5.2. Die kinetische Energie des Wagens wird beim Auslaufen über Reibungsarbeit in Wärme umgewandelt. Diese Arbeit ist ganz allgemein



F ist die Reibungskraft und berechnet sich mit



FN ist die Normalkraft. Da die Bewegung auf einer waagerechten Ebene abläuft, entspricht sie genau der Gewichtskraft.

Die Reibungsarbeit ist demnach



Die Quelle dieser Arbeit ist die kinetische Energie zu Beginn des Ausrollens:



In dieser Gleichung ist die Reibungszahl die einzige unbekannte Größe und kann berechnet werden:



**117. Reibungszahl**

**Teil 1**

Massen der Körper:

Körper 1: 136,6 g

Körper 2: 60 g

Zeiten:

|  |  |
| --- | --- |
| Messung | Zeit in s |
| 1 | 1,69 |
| 2 | 1,88 |
| 3 | 2,13 |
| 4 | 2,31 |
| 5 | 2,15 |

Mittelwert: 2,03 s

Beschleunigung:



Herleitung der Gleichung für die Reibungszahl:

Das Newtonsche Grundgesetz lautet:



F ist die beschleunigende Kraft, m die Masse, die beschleunigt wird und a die Beschleunigung.

Die Kraft ist die Gewichtskraft von Körper 2 minus der Reibungskraft, die auf Körper 1 wirkt.



Da der Tisch waagerecht ist, kann als Normalkraft bei der Reibung die Gewichtskraft verwendet werden.

Die beschleunigende Masse ist die Summe der Massen beider Körper, da ja beide beschleunigt werden müssen.

Damit erhält man



Mit dem Federkraftmesser wird die Reibungskraft gemessen. Daraus kann die Reibungszahl bestimmt werden und sollte ein ähnliches Ergebnis wie der erste Wert liefern.

**Teil 2**

**1.** Die Kette beginnt dann zu rutschen, wenn die Gewichtskraft des herunterhängenden Teils größer ist als die Reibungskraft, mit der der obere Teil auf dem Tisch gehalten wird. Wenn man die beiden Kräfte gleich setzt, hat man genau den Grenzpunkt.



Beide Kräfte können mit Formeln beschrieben werden:



Die Fallbeschleunigung fliegt raus, das Experiment ist nicht ortsabhängig.



Wie groß sind die Massen der Teilstückchen? Da die Kette der Abbildung nach homogen ist, ist die Masse eines Teilstückes proportional zur Länge der Kette. Die halbe Kette hat auch nur die halbe Masse.

Damit kann man die Massen problemlos durch die Längen der Teilstückchen ersetzten:

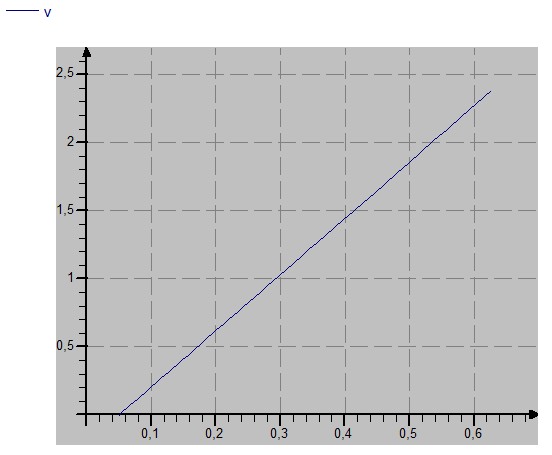


2.

Es wird die Simulationssoftware Moebius benutzt:

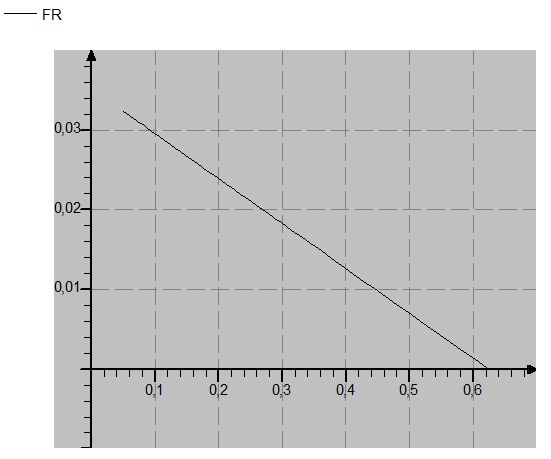
<https://www.primtext.de/moebius/index.html>

Das Modell findet man im Ordner Aufgaben als pr117.prg.



Das geeignete Diagramm ist ein v(x)-Diagramm. Bei x=0,6 ist die Kette komplett runter vom Tisch und hat eine Geschwindigkeit von etwa 2,3 m/s.

3.

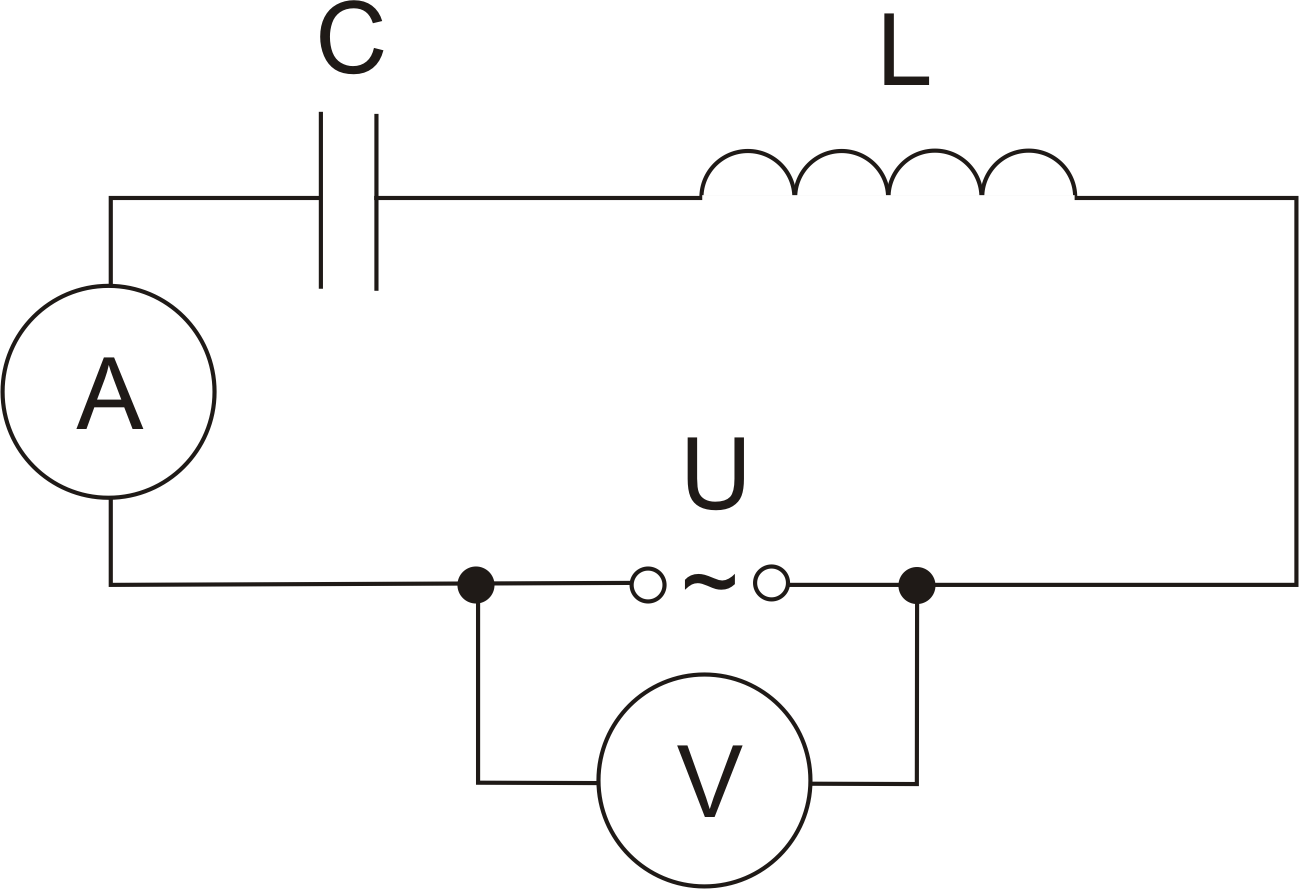


Die verrichtete Arbeit entspricht dem Flächeninhalt unter der FR(x)-Kurve. Diese Fläche ist ein Dreieck. Die maximale Kraft zum Beginn des Rutschens beträgt laut Diagramm 0,032 N, der Weg ist 0,55 m lang. Damit lässt sich die Fläche unter der Kurve berechnen:



**121. Wechselstromwiderstände**

Schaltung:



3. Der Strommesser zeigt die Gesamtstromstärke in der Reihenschaltung an. Die Größe einer Stromstärke wird durch die anliegende Spannung und den Widerstand der Schaltung bestimmt. Die Spannung ist konstant, so dass sich beim Einschieben des Eisenkerns der Widerstand der Schaltung verkleinert haben muss.

In einer Reihenschaltung aus Spule und Kondensator sind drei Größen für den Widerstand verantwortlich: ohmscher Widerstand der Spule, induktiver Widerstand der Spule und kapazitiver Widerstand des Kondensators.

Der ohmsche Widerstand und der kapazitive Widerstand sind bei diesem Versuch konstant. Durch das Einschieben des Eisenkerns ändert sich nur der induktive Widerstand der Spule.

Da der Eisenkern die Spule beim Einschieben mehr und mehr ausfüllt, wird der induktive Widerstand der Spule immer größer.

Wieso wird dann aber die Stromstärke größer?

Durch die auftretende Phasenverschiebung zwischen der Spannung und dem Strom werden die Widerstände nicht einfach addiert, sondern es gilt:

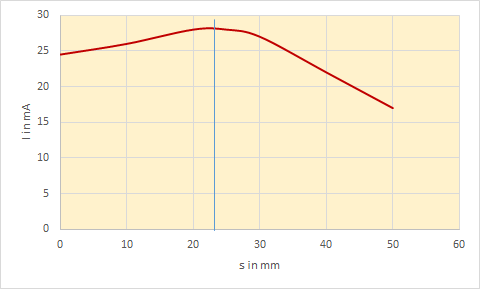


Wenn der Induktive Widerstand genau so groß ist wie der kapazitive Widerstand, erhält man in der Klammer durch die Subtraktion den Wert 0. Dann wirkt als Scheinwiderstand Z nur noch der ohmsche Widerstand der Spule.

In jedem anderen Fall ist das Quadrat des Klammerausdrucks größer als 0 und der Scheinwiderstand auch größer.

Im Resonanzfall ist der induktive Widerstand so groß wie der kapazitive Widerstand, beide heben sich dadurch auf und der Scheinwiderstand der Schaltung hat ein Minimum. Dadurch hat die Stromstärke ein Maximum.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| s in mm | 0 | 10 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |
| I in mA | 24,5 | 26 | 28 | 28 | 27 | 22 | 17 |



Bei der Resonanzstromstärke ist der Scheinwiderstand so groß wie der ohmsche Widerstand der Spule. Die Spannung wurde zu 5,5 V gemessen.



Im Resonanzfall sind kapazitiver Widerstand und induktiver Widerstand gleich groß. Da der kapazitive Widerstand bestimmt werden kann, lässt sich die Induktivität berechnen:



**122. Schräger Wurf nach oben**

**1.** Herleitung der Gleichung.

Der Energieansatz: Beim Start hat der Pendelkörper nur potenzielle Energie. Wird er losgelassen, wandelt er diese in kinetische Energie um. Im unteren Punkt hat er die gesamte potenzielle Energie in kinetische Energie umgewandelt.

Schwingt er dann weiter, wandelt sich die kinetische Energie wieder in potenzielle Energie um, er wird ja wieder angehoben.

Der untere Punkt ist für unsere Betrachtungen uninteressant. Es geht nur um den Startpunkt und den Punkt, wo der Körper die Kugel trifft.



Die gesuchte Geschwindigkeit steckt in der kinetischen Energie.



Wie schön zu sehen ist, kürzt sich die Masse raus, spielt also keine Rolle.



Wenn man diese Gleichung nach v umstellt, erhält man



Leider sind die Höhen aber nicht bekannt. Man kennt die Länge des Pendels und die Auslenkungen. Zum Glück gibt es den Satz des Pythagoras:



Das muss nach h umgestellt werden:



Setzt man das für die beiden Höhen ein, erhält man



Fertig!

Es wurden folgende Größen gemessen:



Damit kann die Geschwindigkeit des Pendelkörpers beim Auftreffen auf die Kugel berechnet werden:



**2.** **a)** Es wurden die folgenden Wurfweiten gemessen:

0,92 m

0,88 m

0,91 m

0,89 m

0,93 m

**b)** Es kann der absolute Fehler der Wurfweite berechnet werden.

Der Mittelwert der Messergebnisse ergibt eine Weite von 0,91m.

Der absolute Fehler ist



**c)** Der Auslenkwinkel kann aus der Länge des Pendels und der Auslenkung y2 berechnet werden:



d) Für den schrägen Wurf gilt die allgemeine Wurfparabel:



In dieser Gleichung ist für unseren Wurf alles, außer die Anfangsgeschwindigkeit bekannt. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, v zu bestimmen. z.B. kann der Solver des GTR benutzt werden. Man kann das Problem aber auch auf traditionelle Art lösen, also die Gleichung nach v umstellen.



Mit dieser Geschwindigkeit fliegt die Kugel auf und davon.

**3.** Die Geschwindigkeit der davonfliegenden Kugel ist deutlich größer als die Geschwindigkeit des anstoßenden Pendels.

Der Stoß zwischen beiden ist elastisch. Damit ist die Masse des Pendelkörpers deutlich größer als die Masse der Kugel.

Mit Hilfe des Impulserhaltungssatzes lässt sich zeigen, dass auf Grund der Massenunterschiede die Kugel mit einer größeren Geschwindigkeit davon fliegen muss.

**123. Geschwindigkeit einer rollenden Kugel**

3. Impulserhaltungssatz

**124. Interferenz von Schallwellen**

**1. Teil**

Zieht man den Ohrhörer nach oben, wird der Ton abwechselnd lauter und leiser. Es gibt sogar Stellen, an denen der Ton völlig verschwindet.

Bei den beiden anderen Frequenzen treten die gleichen Erscheinungen auf.

Bei 1500 Hz sind die Abstände zwischen laut und leise aber größer und bei 6000 Hz kleiner als bei 3000 Hz.

Erklärung: die beiden Ohrhörer erzeugen jeweils eine Schallwelle, die beide nach oben aus der Röhre kommen. Dabei überlagern sich die Wellen (Interferenz).

Sind die beiden Ohrhörer in entsprechenden Abständen, kommt es zur konstruktiven Interferenz (Verstärkung, lauter Ton) oder zur destruktiven Interferenz (Auslöschung, leiser Ton)

Bei 1500 Hz ist die Wellenlänge größer als bei 3000 Hz und dadurch werden die Abstände zwischen Verstärkung und Auslöschung größer. Der 6000 Hz-Ton hat eine kleinere Wellenlänge und die Abstände sind kleiner.

**2. Teil**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Frequenz in Hz | Abstand zwischen zwei Minima in cm | Produkt |
| 2000 | 17 | 34000 |
| 2500 | 14 | 35000 |
| 3000 | 11 | 33000 |
| 3500 | 9 | 31000 |
| 4000 | 8 | 32000 |

Bei größer werdender Frequenz werden die Abstände immer kleiner. Das kann eine indirekte Proportionalität sein.

Als Nachweis werden die beiden Zahlen multipliziert. Man sieht schön die Produktgleichheit.

|  |  |
| --- | --- |
| Was verbirgt sich dahinter?  Von beiden Hörern werden Wellen gleicher Frequenz ausgesendet. In der Röhre überlagern sich beide Wellen.  Beträgt der Abstand beider Hörer eine halbe Wellenlänge, überlagern sich die Wellen so, dass sie sich gegenseitig auslöschen. Verschiebt man den oberen Hörer um eine weitere halbe Wellenlänge, kommt es zur Verstärkung der Wellen, der Ton wird deutlich lauter. Nach noch einer Wellenlänge ist wieder Auslöschung.  Die beiden Punkte, bei denen der Ton ganz leise oder weg ist, liegen also eine ganze Wellenlänge auseinander.  Im Versuch wurde praktisch die Wellenlänge der Schallwelle bestimmt.  Da der Zusammenhang    gilt, ist der oben berechnete Proportionalitätsfaktor die Schallgeschwindigkeit in cm/s.  In der Einheit m/s erhält man ungefähr 330 m/s. |  |

**125. Energieumwandlung beim Auf- und Entladen von Kondensatoren**

**1.** Zum Aufladen des Kondensators C1 muss der Schalter S1 geschlossen werden. Die anderen beiden Schalter sind geöffnet. Die Spannung am Kondensator 1 beträgt 6,9 V.

**2.** Der Schalter S1 muss geöffnet werden und der Schalter S2 geschlossen.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t in s | 0 | 3 | 5 | 7 | 10 | 15 | 25 | 40 | 60 | 120 |
| I in mA | 0,61 | 0,58 | 0,54 | 0,51 | 0,46 | 0,4 | 0,29 | 0,19 | 0,11 | 0,4 |

Am Ende zeigt der Spannungsmesser eine Spannung von 4,2 V an.

**3.** Da der erste Kondensator vor dem Umladen von der Spannungsquelle getrennt wurde, ist die Ladungsmenge konstant. Es kommen ja keine Ladungen hinzu oder verschwinden. Die Summe der Ladungen nach dem Umladen ist also genau so groß wie die Ladung auf dem ersten Kondensator vor dem Versuch:



Über die Spannungen nach dem Umladen weiß man, dass sie an beiden Kondensatoren gleich sind. Der Strom fließt solange, bis die Spannungen ausgeglichen sind.

Es gibt also eine Spannung vor und nach dem Umladen. In der Aufgabenstellung werden sie mit U1 und U2 bezeichnet.

Für einen Kondensator gilt allgemein:



Setzt man das in die erste Gleichung ein, erhält man



Auf der rechten Seite kann die Spannung U2 ausgeklammert werden.



Und schon ist man bei der Gleichung, die hergeleitet werden soll:



4.

Die Energie in einem Kondensator wird mit



Damit können die beiden gesuchten Energiemengen berechnet werden.

Energie im Kondensator vor dem Umladen, also am Anfang des Experimentes



Die Energie am Ende des Experimentes, also nach dem Umladen, ist die Summe der in beiden Kondensatoren gespeicherten Energien:



**5.** Aus der Messung sind die Ströme durch den Widerstand bekannt. Da die Größe des Widerstandes auch bekannt ist, kann für jede Stromstärke die abfallende Spannung über

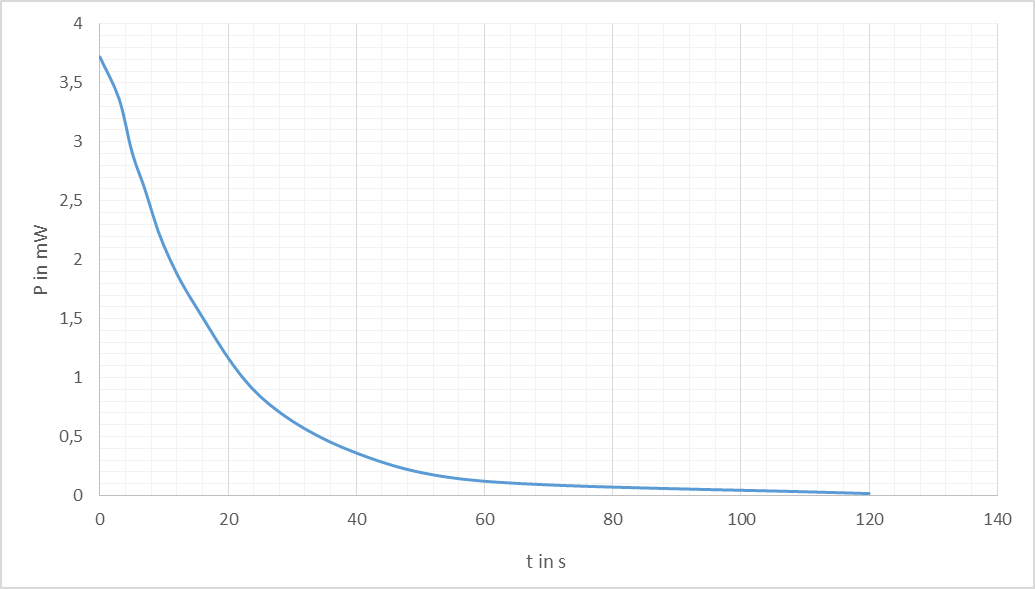


berechnet werden.

Die im Widerstand umgesetzte Leistung ist dann



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t in s | 0 | 3 | 5 | 7 | 10 | 15 | 25 | 40 | 60 | 120 |
| I in mA | 0,61 | 0,58 | 0,54 | 0,51 | 0,46 | 0,4 | 0,29 | 0,19 | 0,11 | 0,4 |
| P in mW | 3,7 | 3,4 | 2,9 | 2,6 | 2,1 | 1,6 | 0,8 | 0,4 | 0,1 | 0,02 |



Wenn man im Diagramm die Fläche unter der blauen Kurve auszählt, erhält man ungefäht eine elektrische Arbeit von 0,07 J.

[Diagrammquelle](pr125.xlsx)

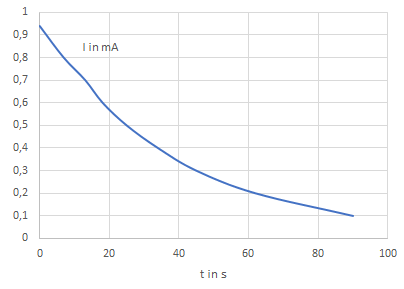
6. Die Energie zu Beginn des Umladens ist deutlich größer als die Energie in den beiden Kondensatoren nach dem Umladen.

Die fehlende Energie ist beim Umladen im Widerstand verbraten worden. Der Wert, der aus dem Diagramm bestimmt wurde, ist ungefähr der Energiewert, der „verloren gegangen ist“.

**126.** Reihen- und Parallelschaltung von Kapazitäten

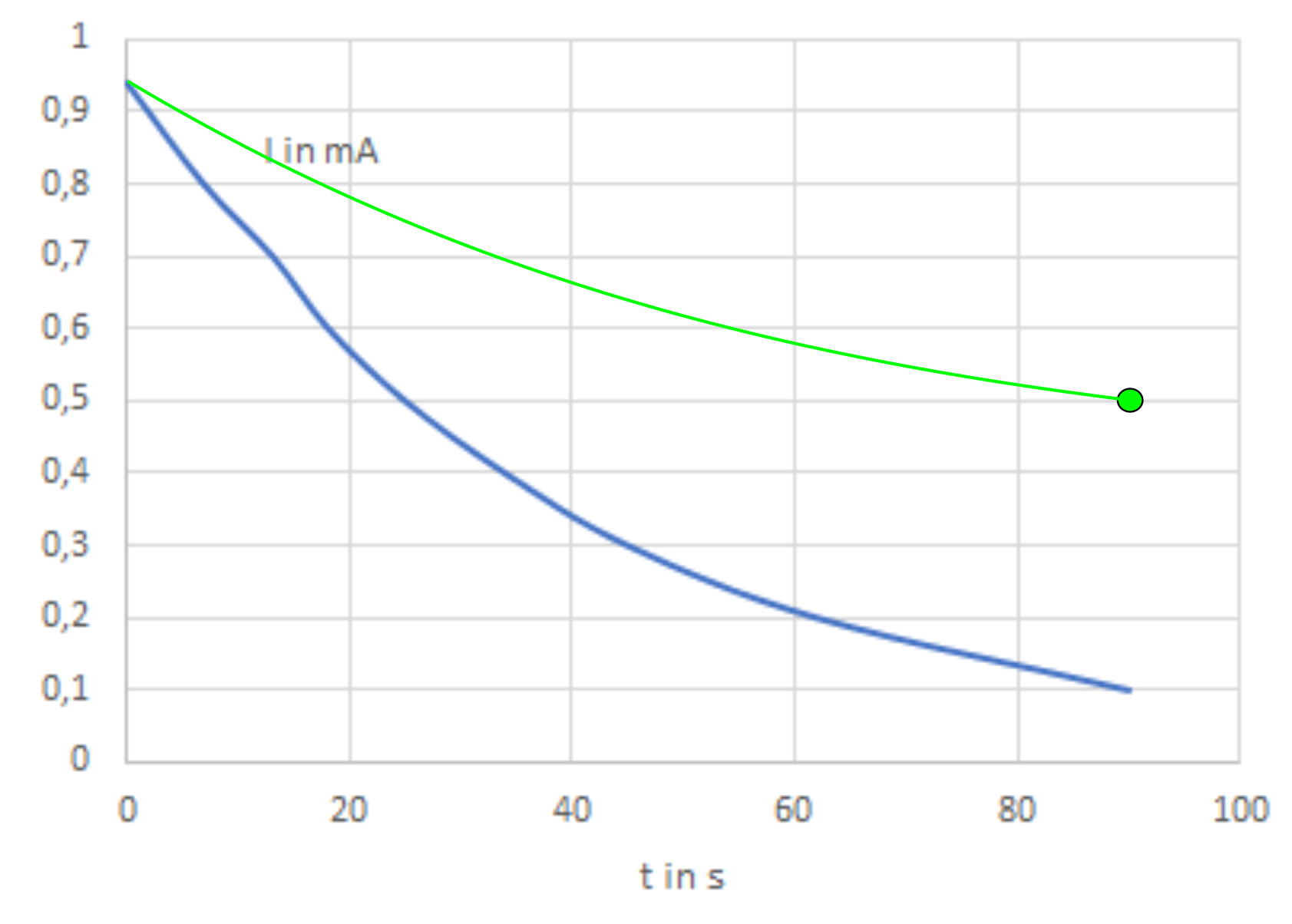
(GK Sachsen)

**a)** Die Stromstärke I0 beträgt 0,94 mA.



[Diagrammquelle](pr126.xlsx)

**b)** Für die Parallelschaltung beträgt die Stromstärke nach 90 s 0,5 mA.



Der Wert wird im Diagramm eingezeichnet. Die Entladekurve sieht wie bei der Reihenschaltung aus, verläuft aber flacher.

**c)** Die Kapazität ist definiert als der Quotient der gespeicherten Ladungen und der dazu notwendigen Spannung.

Die Spannung ist für beide Schaltungsarten gleich und braucht nicht weiter betrachtet zu werden.

Die gespeicherte Ladung entspricht der Fläche unter der /(t)-Kurve. Die ist bei der Parallelschaltung deutlich größer.

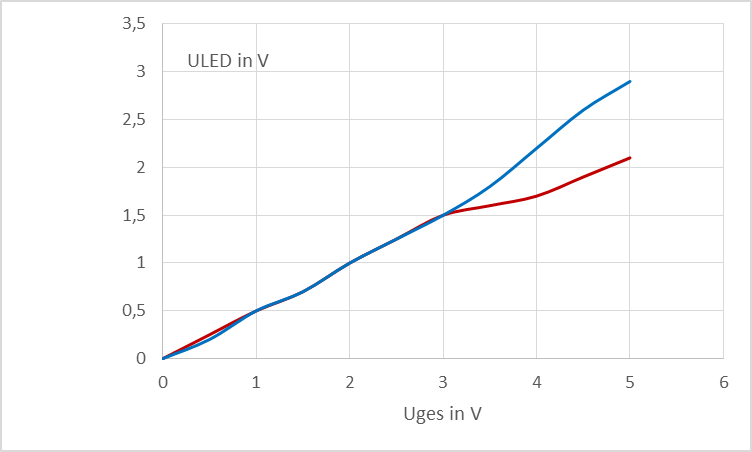
Demnach hat die Parallelschaltung eine größere Kapazität als die Reihenschaltung.

**127. Reihenschaltung LED**

Spannung für die rote LED: 1,5 V – 1,6 V

Spannung für die blaue LED 2,2 V – 2,3 V

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uges in V | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| Urot in V | 0 | 0,25 | 0,5 | 0,7 | 1 | 1,25 | 1,5 | **1,6** | 1,7 | 1,9 | 2,1 |
| Ublau in V | 0 | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 1 | 1,25 | 1,5 | 1,8 | **2,2** | 2,6 | 2,9 |
| Urot + Ublau | 0 | 0,45 | 1,0 | 1,4 | 2 | 2,5 | 3 | 3,4 | **3,9** | 4,5 | 5 |



[Diagrammquelle](pr127.xlsx)