■　目的

オッシロスコープは電気計測において不可欠である。ここでは、オッシロスコープの基本的な使用法を学び、簡単な実験に応用する。

* 原理

オッシロスコープとは時間的に変化する電気信号をブラウン管上に図形として表し、観測する装置である。オッシロスコープは水平（Ｘ軸）入力と垂直（Ｙ軸）入力との入力端子をもち、ブラウン管上の輝点は水平、垂直方向にそれぞれの入力電圧に比例した変位を示す。この性質を利用して、以下の実験にとりくむ。

* + リサージュ図形

　　　　チャンネル1と２に別々の発振器から正弦波を入力する。ｘｙ動作にすると、ｘ軸にチャンネル１からの入力電圧に比例した変位があらわれ、ｙ軸にチャンネル２からの入力電圧に比例した変位があらわれる。その変位によって、規則的な図形が描かれる。これがリサージュ図形である。この図形から２つの信号の周波数比や位相差を容易に測定できる。

* + 音速

チャンネル１に発振器から正弦波を入力し、チャンネル２には発振器から取り出した正弦波をスピーカを通してから入力する。２つの正弦波の周波数は明らかに等しい。この２つの関係をリサージュ図形にあらわして、一波長分ずれたところで波長を求める。リサージュ図形が同じ図形に戻ったとき、一波長分ずれたことになる。その波長を用いて、より音速を求めることができる。この日の室温は20.8度だったので、音速の理論値は344.0(m/s)となる。

* + ＲＣ回路

下図で表されるようなＲＣ回路にで表される正弦波を入力すると、で表される正弦波が出てくる。またの間には、の関係がある。そして、である。(特性周波数)と呼ぶ。これを用いて、、

となる。いま、であるから、≒1592となる。

* 実験方法
  + リサージュ図形

1. チャンネル１とチャンネル２に別々の発振器をつないだ。
2. 電源を入れて、適切な表示がなされるように調整した。
3. ＴＩＭＥ/ＤＩＶダイヤルをＸＹに合わせた。
4. 実験室に備え付けてあるパネルの通りに図形が描かれるように発振器の周波数を調整した。
   * 音速
5. チャンネル１に発振器をつないだ。
6. 発振器から取り出した正弦波をスピーカーにつなぎ、チャンネル２につないだ。
7. スピーカーを金尺の上に向かい合わせて置いた。
8. ＴＩＭＥ/ＤＩＶダイヤルをＸＹに合わせた。
9. 周波数を４０ｋＨｚにした。
10. リサージュ図形が直線になるようにスピーカーの位置を調整した。
11. スピーカーをずらしてリサージュ図形がもとに戻るまでの距離を測った。これを１０回繰り返した。
12. 波長を求めて、それから音速を求めた。
    * ＲＣ回路
13. チャンネル１に発振器をつないだ。
14. 実験室に備えてあったＲＣ回路に発振器から取り出した正弦波を入力して、出力端子側をチャンネル２につないだ。
15. 垂直表示切替スイッチをＣＨＯＰにした。
16. 発振器の周波数を７通りに変えて、そのときの２つの電圧を測定した。
17. それをグラフに表して、理論値との比較をした。

■　実験結果

表１　波長の測定結果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ｉ |  |  |  |
| 1 | 0.88 | 0.007 | 49 |
| 2 | 0.89 | -0.003 | 9 |
| 3 | 0.89 | -0.003 | 9 |
| 4 | 0.88 | 0.007 | 49 |
| 5 | 0.90 | -0.013 | 169 |
| 6 | 0.89 | -0.003 | 9 |
| 7 | 0.88 | 0.007 | 49 |
| 8 | 0.88 | 0.007 | 49 |
| 9 | 0.88 | 0.007 | 49 |
| 10 | 0.90 | -0.013 | 169 |
| 合計 | 8.87 | 0.000 | 610 |
| 平均値 | 0.887 |  |  |

平均値の平均自乗誤差は0.00260である。

よって、波長は0.887±0.003ｃｍである。ｍ単位に直すと、ｍとなる。ここでより、(m/s)と求めることができる。

表２　RC回路の測定結果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 周波数（Hz） |  |  |  |  | の理論値 |
| 500 | 7.80 | 7.20 | 0.923 | -0.304 | 0.872 |
| 1000 | 7.80 | 6.10 | 0.782 | -0.561 | 0.784 |
| 2000 | 7.60 | 4.40 | 0.579 | -0.898 | 0.666 |
| 3000 | 7.50 | 3.28 | 0.437 | -1.083 | 0.589 |
| 5000 | 7.50 | 2.18 | 0.291 | -1.263 | 0.491 |
| 7000 | 7.50 | 1.60 | 0.213 | -1.347 | 0.430 |
| 10000 | 7.50 | 1.12 | 0.149 | -1.413 | 0.371 |

* 考察

　音速の理論値は原理のところで述べたように344.0(m/s)である。一方、今回の実験で求めた音速は(m/s)だった。この理論値から逆に理論上の波長を求めると344/40000＝0.00860ｍとなる。今回の実験で得た波長はｍだったから、誤差の原因としては、読み違えがまず考えられる。最小目盛りの１０分の１までを読み取らなければならないのだが、今回の実験では１０分の１mmまで読み取らなければならなかった。この作業は慣れていなかったので、読み取りの感覚がずれていたのかもしれない。また、厳密には平行にスピーカーをずらすことができていなかったということも考えられる。あと他に考えられる原因としては発振器の周波数が40ｋHzから厳密にはずれていたということも考えられる。×１０ｋHｚにダイヤルをあわして周波数を調整したわけだが、×１０ｋHzともなるとわずかなダイヤルのズレでも大きな周波数のズレを生じることとなる。仮に波長の方は正しく測定できていたとすると、344/0.00887＝3.89ｋHzとなる。実際にはここまで極端には間違えることはないと思うので、さまざまな要因がからみ合って今回の誤差を生み出したと考えるのが普通だろう。

　ＲＣ回路の結果を図２のように表すと、理論値とはかなりの開きがある。誤差の原因は、測定しながら感じていたことだが、目盛りの読み違いが最も大きい原因だと思う。オッシロスコープにあらわれているグラフから数値を読み取ろうとすると、グラフの線が目盛りの間隔の割にはかなり太いと感じた。そして、細かく見ようとしてもそんなにきれいな線で表されているわけではないので、非常に読み取りにくかった。目盛りの１０分の１まで正確に読み取ることはかなり難しいことだと感じた。他には、この実験でも発振器の周波数が厳密にずれていたことが考えられる。

　また、周波数が増えるにしたがって、が減少している。これは、周波数が増えると流れている電流も大きくなると考えられ、Ｖ＝ＲＩの関係から電圧降下が大きくなるからだと考えられる。表の結果から考察すると周波数が増加するとΔφも大きくなるということもわかる。式の形式から判断すると当然の結果ではある。

* 感想

今回初めてオッシロスコープを使ったわけだが、操作自体にはそんなに戸惑うことはなかったが、正確に数値を読み取るのが非常に困難に感じられた。それぞれの値を測定するときに細かい配慮が欠けていることがあると思った。実験結果をもとに考察したときに、その実験をしたときのことを思い出してみても、確認できていないことが多かったりする。今後の実験ではより正確なデータを取るために、細かいところまで気をつけたいと思う。

　時間が足りなくて、実験が少し残ってしまったので、迅速な実験を行うためにも予習をしっかりしようと思った。しかし、今回のように、初めて使う器具の場合、教科書だけ読んでも、イメージが湧きにくいことがある。そういう場合は初めにＴ．Ａ．の方にして頂く説明をすぐに理解するように努めたい。

* 参考文献
  + 慶応義塾大学理工学部編　自然科学実験　物理学編
  + 三省堂　物理