数据处理和误差分析：(原始记录见附页，灰色格中为实验测得，其余为计算而得)

1. 有粘滞阻尼的阻尼振动

1、阻尼为0

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **阻尼为0** | | | | |
| **θ** | 152 | 140 | 129 | 119 | 110 |
| 151 | 139 | 129 | 119 | 109 |
| 149 | 138 | 127 | 117 | 109 |
| 149 | 137 | 127 | 117 | 107 |
| 147 | 136 | 125 | 115 | 107 |
| 146 | 135 | 125 | 115 | 106 |
| 145 | 134 | 123 | 114 | 105 |
| 144 | 133 | 123 | 113 | 104 |
| 143 | 131 | 121 | 112 | 103 |
| 141 | 131 | 121 | 111 | 103 |
| **Td** | 15.695 | 15.700 | 15.705 | 15.707 | 15.710 |

测量次数n=50时，，所以

2、阻尼为2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **阻尼为2** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
| **θ** | 149 | 134 | 121 | 109 | 99 | 89 |
| **Td** | 1.570 | 1.571 | 1.571 | 1.571 | 1.572 | 1.572 |
| **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** |
| 79 | 71 | 69 | 58 | 52 | 47 | 42 |
| 1.572 | 1.572 | 1.572 | 1.572 | 1.571 | 1.571 | 1.572 |

共测了13组，取后12组进行数据分析

当测量次数n=12时，查得

3、阻尼为3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **阻尼为3** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
| **θ** | 142 | 127 | 114 | 102 | 91 | 81 |
| **Td** | 1.569 | 1.57 | 1.571 | 1.572 | 1.571 | 1.571 |
| **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** |
| 74 | 66 | 59 | 53 | 47 | 42 | 38 |
| 1.572 | 1.572 | 1.572 | 1.572 | 1.572 | 1.572 | 1.572 |

依然取后12组进行分析

1. 电机运动时的受迫振动
2. 阻尼为2

测量数据如下

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **受迫振动阻尼2** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| **振幅（度）** | 52 | 56 | 72 | 90 | 105 | 119 | 127 |
| **受迫周期T（s）** | 1.514 | 1.518 | 1.532 | 1.542 | 1.552 | 1.557 | 1.563 |
| **相差（度）** | 158 | 156 | 149 | 140 | 128 | 117 | 106 |
| **固有周期T0（s）** | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 |
| **w/w0** | 1.0380 | 1.0353 | 1.0258 | 1.0192 | 1.0126 | 1.0094 | 1.0055 |
| **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
| 131 | 133 | 133 | 133 | 133 | 132 | 131 | 131 |
| 1.567 | 1.568 | 1.569 | 1.570 | 1.571 | 1.571 | 1.572 | 1.575 |
| 99 | 95 | 92 | 90 | 89 | 88 | 85 | 81 |
| 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 |
| 1.0029 | 1.0023 | 1.0016 | 1.0010 | 1.0004 | 1.0004 | 0.9997 | 0.9978 |
| **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** | **22** | **23** |
| 129 | 123 | 112 | 100 | 84 | 74 | 60 | 54 |
| 1.575 | 1.582 | 1.588 | 1.594 | 1.604 | 1.612 | 1.626 | 1.632 |
| 80 | 67 | 58 | 49 | 39 | 34 | 26 | 24 |
| 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 |
| 0.9978 | 0.9934 | 0.9897 | 0.9859 | 0.9798 | 0.9749 | 0.9665 | 0.9630 |

此法测出的为4.002，与理论值3.999误差为0.075%

由 可以计算出 如下表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **阻尼为2** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| **β** | 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 |
| **Td（s）** | 1.514 | 1.518 | 1.532 | 1.542 | 1.552 | 1.557 | 1.563 |
| **θ（度）** | 52 | 56 | 72 | 90 | 105 | 119 | 127 |
| **ω** | 4.150 | 4.139 | 4.101 | 4.075 | 4.048 | 4.035 | 4.020 |
| **ω0** | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 |
| **φtheory** | 155.56 | 153.93 | 146.29 | 138.05 | 126.10 | 118.29 | 107.23 |
| **φ** | 158 | 156 | 149 | 140 | 128 | 117 | 106 |
| **Δφ** | 2.4400 | 2.0723 | 2.7110 | 1.9467 | 1.9037 | 1.2919 | 1.2262 |
| **Δφ/φtheory** | 0.0157 | 0.0135 | 0.0185 | 0.0141 | 0.0151 | 0.0109 | 0.0114 |
| **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
| 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 |
| 1.567 | 1.568 | 1.569 | 1.57 | 1.571 | 1.571 | 1.572 | 1.575 |
| 131 | 133 | 133 | 133 | 133 | 132 | 131 | 131 |
| 4.010 | 4.007 | 4.005 | 4.002 | 3.999 | 3.999 | 3.997 | 3.989 |
| 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 |
| 99.00 | 96.87 | 94.73 | 92.57 | 90.41 | 90.41 | 88.25 | 81.82 |
| 99 | 95 | 92 | 90 | 89 | 88 | 85 | 81 |
| 0.0011 | 1.8740 | 2.7290 | 2.5721 | 1.4092 | 2.4092 | 3.2466 | 0.8206 |
| 0.0000 | 0.0193 | 0.0288 | 0.0278 | 0.0156 | 0.0266 | 0.0368 | 0.0100 |
| **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** | **22** | **23** |
| 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 | 0.0674 |
| 1.575 | 1.582 | 1.588 | 1.594 | 1.604 | 1.612 | 1.626 | 1.632 |
| 129 | 123 | 112 | 100 | 84 | 74 | 60 | 54 |
| 3.989 | 3.972 | 3.957 | 3.942 | 3.917 | 3.898 | 3.864 | 3.850 |
| 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 |
| 81.82 | 67.86 | 57.73 | 49.46 | 39.19 | 33.31 | 26.17 | 23.93 |
| 80 | 67 | 58 | 49 | 39 | 34 | 26 | 24 |
| 1.8206 | 0.8609 | 0.2709 | 0.4617 | 0.1947 | 0.6873 | 0.1704 | 0.0715 |
| 0.0223 | 0.0127 | 0.0047 | 0.0093 | 0.0050 | 0.0206 | 0.0065 | 0.0030 |

的理论值与实际值的误差大多数在2%以内，在接近90度时误差逐渐增大，最高达到3.68%，平均误差为1.51%

1. 阻尼为3

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **受迫阻尼振动3** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| **振幅** | 52 | 56 | 71 | 87 | 101 | 113 | 121 |
| **受迫周期** | 1.514 | 1.518 | 1.532 | 1.542 | 1.552 | 1.557 | 1.563 |
| **相差** | 157 | 155 | 147 | 138 | 126 | 116 | 106 |
| **固有周期** | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 |
| **w/w0** | 1.0380 | 1.0353 | 1.0258 | 1.0192 | 1.0126 | 1.0094 | 1.0055 |
| **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
| 124 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 124 |
| 1.566 | 1.568 | 1.570 | 1.570 | 1.570 | 1.570 | 1.572 | 1.574 |
| 99 | 96 | 92 | 91 | 91 | 90 | 86 | 83 |
| 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 |
| 1.0036 | 1.0023 | 1.0010 | 1.0010 | 1.0010 | 1.0010 | 0.9997 | 0.9985 |
| **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** | **22** | **23** |
| 124 | 117 | 108 | 97 | 82 | 73 | 60 | 54 |
| 1.575 | 1.582 | 1.588 | 1.594 | 1.604 | 1.611 | 1.626 | 1.632 |
| 80 | 68 | 59 | 51 | 41 | 36 | 29 | 25 |
| 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 | 1.5716 |
| 0.9978 | 0.9934 | 0.9897 | 0.9859 | 0.9798 | 0.9755 | 0.9665 | 0.9630 |

此法测出的为4.002，与理论值3.999误差为0.075%

由 可以计算出 如下表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **阻尼为3** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| **β** | 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 |
| **Td** | 1.514 | 1.518 | 1.532 | 1.542 | 1.552 | 1.557 | 1.563 |
| **θ** | 52 | 56 | 71 | 87 | 101 | 113 | 121 |
| **ω** | 4.150 | 4.139 | 4.101 | 4.075 | 4.048 | 4.035 | 4.020 |
| **ω0** | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 |
| **φtheory** | 154.76 | 153.09 | 145.32 | 137.01 | 125.11 | 117.43 | 106.64 |
| **φ** | 157 | 155 | 147 | 138 | 126 | 116 | 106 |
| **Δφ** | 2.2354 | 1.9053 | 1.6810 | 0.9859 | 0.8914 | 1.4298 | 0.6448 |
| **Δφ/φtheory** | 0.0144 | 0.0124 | 0.0116 | 0.0072 | 0.0071 | 0.0122 | 0.0060 |
| **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
| 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 |
| 1.566 | 1.568 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.572 | 1.574 |
| 124 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 124 |
| 4.012 | 4.007 | 4.002 | 4.002 | 4.002 | 4.002 | 3.997 | 3.992 |
| 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 |
| 100.72 | 96.63 | 92.48 | 92.48 | 92.48 | 92.48 | 88.31 | 84.16 |
| 99 | 96 | 92 | 91 | 91 | 90 | 86 | 83 |
| 1.7170 | 0.6304 | 0.4802 | 1.4802 | 1.4802 | 2.4802 | 2.3092 | 1.1613 |
| 0.0170 | 0.0065 | 0.0052 | 0.0160 | 0.0160 | 0.0268 | 0.0261 | 0.0138 |
| **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** | **22** | **23** |
| 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 | 0.0699 |
| 1.575 | 1.582 | 1.588 | 1.594 | 1.604 | 1.611 | 1.626 | 1.632 |
| 124 | 117 | 108 | 97 | 82 | 73 | 60 | 54 |
| 3.989 | 3.972 | 3.957 | 3.942 | 3.917 | 3.900 | 3.864 | 3.850 |
| 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 | 3.999 |
| 82.11 | 68.58 | 58.66 | 50.49 | 40.22 | 34.93 | 27.01 | 24.71 |
| 80 | 68 | 59 | 51 | 41 | 36 | 29 | 25 |
| 2.1094 | 0.5798 | 0.3364 | 0.5107 | 0.7798 | 1.0666 | 1.9945 | 0.2884 |
| 0.0257 | 0.0085 | 0.0057 | 0.0101 | 0.0194 | 0.0305 | 0.0739 | 0.0117 |

的理论值与实际值的误差大多数在2%以内，在接近90度时误差逐渐增大，最高达到2.68%，平均误差为1.67%

1. 幅频曲线

根据上述结果，绘制幅频曲线如下图

1. 相频曲线

根据上述结果，绘制相频曲线如下图

1. 实验小结

在预习实验时其实没有想到这次的实验对于我来说做的如此艰难。周二第一次做实验的时候，先是由于粗心大意，在最初测阻尼3的受迫振动时没有更改阻尼，浪费了时间；继而在阻尼3的状态下测完数据后没有意识到其峰值与阻尼2几乎相同，也就是说实验过程中存在问题。导致第二天处理数据时才发现曲线形状不对，只好周四上午重做实验。

周四上午实验的时候发现了周二数据错误似乎并非偶然现象。我在前两次测量阻尼3的过程中发现其振幅与我周二所测阻尼2的峰值相近。第三次发现在接近峰值的时候，即相差在80-100之间的时候，按闪光灯开关时有时会出现不同寻常的“啪”声，随后振幅会突然增加5-7个点，并且难以回落。回落也发生在某次按闪光灯开关时不同寻常的“啪”声之后。由于这种情况下所测数据已经不好同阻尼2相对比。我只好进行第四次重新测量。

在第四次重新测量中，我在每一个固定的驱动周期下依次测量阻尼2和阻尼3，这样保证了无论怎样，曲线不会出现二者交叉或者阻尼3与阻尼2太过接近。在这次测量中，当相差到80左右的时候，再次出现了之前的问题，我只好先换纸记录，到相差到40左右的时候又一次发生突变，这时我将驱动周期调回1.575秒左右，继续之前的测量，完成了数据的记录。

这个实验过程中的那个情况我不知道是什么情况引起的，考虑到这个实验中本人不会接触到机器内部，普通操作应该不会引发上述情况，而倘若是机器自身原因，周围与我使用同种机器的，以及其他组的16号同学似乎也没有遇到类似情况。因此我对此非常疑惑，希望老师能够给予简单解释。

在重做实验的过程中，我感觉自己能够不松懈，坚持把实验做完，并通过合理的操作而不是其他行为获得了真实的实验数据，这对于我来说是很大的收获，我收获了对于实验的严谨态度，还锻炼了耐心。