1,　実験目的

　オシロスコープを用いて,超音波送信器への入力信号と受信器の出力信号の周期や位相差から,空気中の音速を測定する.

2,　実験原理

 （;速度,;周波数,;波長）

　（;空気中の音速,;気温）※実験時の気温は25℃

3,　実験方法

　①図1のように発信された

Ch1

Ch2

　　発振器

　　超音波の波形をCh1で,

　　受信器で受信した超音波の

　　波形をCh2で見えるように

　　ものさしの上に配線する.

②Ch2の波形を観察しながら,　　　受信器　　　発信器　　　　オシロスコープ

　発信器の周波数を変え,振幅が　　　　　図1　配線の仕方

　一番大きくなる周波数に設定する.

③Ch1の波形から信号の周期を読む.

④周波数カウンターで周波数を測る.

⑤[方法1]

⑴受信器を動かし,送信側と受信側の波形が重なるときの受信器の

　　位置を測る.（mm）

　　⑵受信器を遠ざけ,波形がちょうど1周期分ずれ,再び重なったときの受信

　　　器の位置を測る.(mm)

⑶⑵の操作を繰り返し,まで測る.（は波長λである.）

　　[方法2]

　　⑴X-Yモードにしてリサージュ図形にする.受信器を動かして,位相がそろ

　　　って右上がりの直線になったときの受信器の位置を測る. （mm）

　　⑵受信器を遠ざけていき,図形が１巡変化して元の形にもどったとき

　　　の受信器の位置を測る. (mm)

　　⑶⑵の操作を繰り返し,まで測る.（は波長λである.）

* Ch2の信号はどんどん弱くなるので感度を上げていく.

3,　実験結果

　[方法1]

表1　方法1の測定結果

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 受信機の位置[] | | | | 10波長の長さ[] | 波長[] | 残差[] | 自乗誤差[] |
|  | 7.5 |  | 94.1 | 86.6 | 8.66 | 0.058 | 0.003 |
|  | 16.0 |  | 103.0 | 87 | 8.7 | 0.098 | 0.010 |
|  | 25.0 |  | 111.5 | 86.5 | 8.65 | 0.048 | 0.002 |
|  | 34.0 |  | 120.0 | 86 | 8.6 | -0.002 | 0.000 |
|  | 43.7 |  | 128.8 | 85.1 | 8.51 | -0.092 | 0.008 |
|  | 51.2 |  | 137.1 | 85.9 | 8.59 | -0.012 | 0.000 |
|  | 60.0 |  | 146.0 | 86 | 8.6 | -0.002 | 0.000 |
|  | 68.5 |  | 154.7 | 86.2 | 8.62 | 0.018 | 0.000 |
|  | 77.0 |  | 162.5 | 85.5 | 8.55 | -0.052 | 0.003 |
|  | 86.0 |  | 171.4 | 85.4 | 8.54 | -0.062 | 0.004 |
|  | | | | (平均) | 8.602 | (合計) | 0.031 |

　表1より

=8.602[mm],==0.018[mm],波長=8.602±0.518[mm]

=×=40.5332[kHz]×1000×8.602[mm]×=348.667 [m/s]

==40.5332[kHz]×1000×0.018[mm]×=0.749m/s]

=348.667±0.749 [m/s]

　[方法2]

表2　方法2の測定結果

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 受信機の位置[] | | | | 10波長の長さ[] | 波長[] | 残差[] | 自乗誤差[] |
|  | 16.0 |  | 103.1 | 87.1 | 8.71 | 0.095 | 0.009 |
|  | 25.1 |  | 112.0 | 86.9 | 8.69 | 0.075 | 0.006 |
|  | 34.0 |  | 120.0 | 86 | 8.6 | -0.015 | 0.000 |
|  | 42.9 |  | 129.2 | 86.3 | 8.63 | 0.015 | 0.000 |
|  | 51.5 |  | 137.5 | 86 | 8.6 | -0.015 | 0.000 |
|  | 60.0 |  | 146.2 | 86.2 | 8.62 | 0.005 | 0.000 |
|  | 68.7 |  | 154.5 | 85.8 | 8.58 | -0.035 | 0.001 |
|  | 77.2 |  | 162.9 | 85.7 | 8.57 | -0.045 | 0.002 |
|  | 86.0 |  | 172.0 | 86 | 8.6 | -0.015 | 0.000 |
|  | 94.5 |  | 180.0 | 85.5 | 8.55 | -0.065 | 0.004 |
|  | | | | (平均) | 8.615 | (合計) | 0.023 |

表2より

=8.615[mm],==0.016[mm],波長=8.615±0.016[mm]

=×=40.5332[kHz]×1000×8.615[mm]×=349.194 [m/s]

==40.5332[kHz]×1000×0.016[mm]×=0.649 [m/s]

=349.194±0.649[m/s]

4,　検討

　実験時の音速は公式によると346.625[m/s]である.測定結果から求められた音速348.667±0.749 [m/s]（方法1）349.194±0.649[m/s]（方法2）の誤差の間に含まれていない.しかし,実験の値は真値とそこまでの違いはないので.実験そのものが失敗というわけではない.そもそも,ものさしの検定公差を考えれば誤差は大きくなり,真値は実験値の誤差の中に含まれる.だが,その他にも誤差の原因があるようだ.真値が正確な値であるかを検討する必要がある.考察では,その点に触れようと思う.

5,　考察

　という空気中の音速の真値を求める公式だが,これはどのように導かれたものなのだろうか.

　音波は気体または液体中を伝わる弾性波であり,つまり,縦波なので圧力の変化の波,密度変化の波とみてもよい.媒質の微小部分の運動に着目する.音波の媒質は流体なので,流体の運動方程式から考えるが,音波の場合,すべての量が微少なので方程式中の2次以上の項ははじめから省略して考える.また,媒質は完全流体とする.そうすると,微少部分の運動方程式は

 ,  , 

　（;媒質の密度　;圧力の変化分 ;着目する部分の変位の速度）

　微小な体積の変化の割合は

 　　　⑴

　圧力が変化してこの体積変化が起こるから,媒質の体積弾性率をとすれば



　　　　　　⑵

　これを2度微分すると,次のようになる.

　　　⑶

　⑶式と⑴式を用いれば次の式をえる.

 ⑷

　これは,が速さの波として伝わることを示している.また,音波は密度の変化が極めて速やかであるので,断熱圧縮,断熱膨張が繰り返しおこる.即ち,温度の上昇・下降がおこるが,それが他の部分に伝わる暇がない.

　等温変化では,=一定であるが,断熱変化では, =一定　⑸　となる.

比熱比をとおくと,⑸式を微分すると, ⑹

　⑹式を変形すると, ⑺

 ⑻ ちなみに等温変化では.音速をとおくと

 ⑼　　気体定数を,絶対温度を,モル質量をとお

　　　　　　　　　　　　 いたとき気体の状態方程式は理想気体では

　⑼　であるので　　⑽

　⑾

　⑾式の近似式としては求められる.





≒



　ただし,気体定数=8.314472[J/(mol・K)]

=28.8×[kg/mol]　←空気の平均分子量

=273+[K]

このようにして音速の公式が求められるが,空気の状態はいつもちがうわけだし,空気は理想気体かといわれたら,そうとはいえないので,誤差が生じても不思議はない.

　※参考文献 裳書房　金原寿郎編　基礎物理学

　　　　　　　　裳書房　有山正孝著　基礎物理学選書8　振動・波動