

物理プリント(管楽器の原理)

()組 ()番 氏名 ()

気柱の振動 管楽器は管の中の空気柱の振動を利用した楽器。管の長さや音速の変化により音程が変わることは経験的にわかっている。

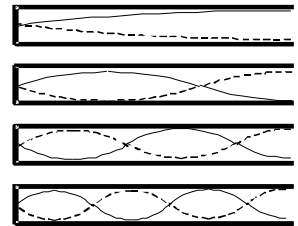
気体中を伝わる振動(波)の速さ(音速)は 気体の[]や、気体の[]により大きな影響を受ける。

空気の場合、気温を $t^{\circ}\text{C}$ とすると、

空気中を伝わる音波の速さの公式 →

気柱の振動は管の両端で反射される。開口端は自由端反射、閉口端は固定端反射を繰り返し、気柱には定常波ができる。固定端(閉口端)は「節」になり、自由端(開口端)は「腹」になる。

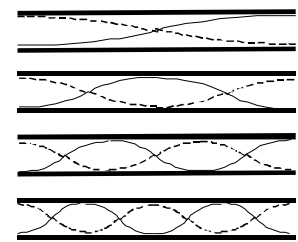
閉管(一方が閉じた管)の場合、管にできる定常波を考えると次の場合に限られることがわかる。一番上の管の振動を [] 振動、2 番目以下を [] 振動、[] 振動、[] 振動 … という。したがって、管の長さを l [m] とすると、「節-腹間の距離が 4 分の 1 波長に相当」しているの、 m 倍振動のとき、管を伝わる波の波長は $\lambda = []$ であるので、 $v = f\lambda$ に代入して求めると、



閉管の振動数 →

(ただし、 m は奇数を示す)

開管(両方が開いた管)の場合、管にできる定常波を考えると次の場合に限られることがわかる。一番上の管の振動を [] 振動、2 番目以下を [] 振動、[] 振動、[] 振動 … という。したがって、管の長さを l [m] とすると、「節-腹間の距離が 4 分の 1 波長に相当」しているの、 m 倍振動のとき、管を伝わる波の波長は $\lambda = []$ であるので、 $v = f\lambda$ に代入して求めると、

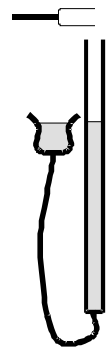


開管の振動数 →

(ただし、 m は偶数を示す)

入門 長さ 10 [cm] のパイプの片端を閉じ、反対側を口で吹くと音が出せる。このパイプを吹いたときに出せる音の振動数を求めなさい。ただし、音速を 340 [m/s] とする。b

初級 右の図のような装置を組み立て、水溜部分を上下させるとパイプの水の量を変化させることができる。パイプの中の水面をパイプの最上部に合わせてパイプの口でおんさを鳴らす。水面を静かに下げてゆくと水面がパイプの口から 8.5 [cm] になったところでパイプが共鳴し大きな音が鳴った。さらに水面を下げてゆくと 26.5 [cm] になったときに二度目の共鳴が起こり大きな音が聞こえた。音速を 340 [m/s] としなさい。



- (1) 三度目の共鳴は水面がどれだけ下がったところで起こるか。
- (2) おんさが出す音の波長はいくらになるか。
- (3) おんさの振動数はいくらになるか。
- (4) パイプの開口部とパイプの共鳴でできる定常波の腹の位置は少しずれている。このずれ(開口端補正)はいくらになるか。

物理プリント (管楽器の原理) 解説

気柱の振動 管楽器は管の空気柱の振動を利用した楽器。管の長さや音速の変化により音程が変わることは経験的にわかっている。

気体中を伝わる振動(波)の速さ(音速)は 気体の[成分]や、気体の[温度]で大きな影響を受ける。空気の場合、気温を $t^{\circ}\text{C}$ とすると、

$$\text{空気中を伝わる音波の速さの公式} \rightarrow v = 331.5 + 0.6t$$

気柱の振動は管の両端で反射される。開口端は自由端反射、閉口端は固定端反射を繰り返し、気柱には定常波ができる。固定端(閉口端)は「節」になり、自由端(開口端)は「腹」になる。

閉管(一方が閉じた管)の場合、管にできる定常波を考えると次の場合に限られることがわかる。一番上の管の振動を 基本振動、2番目以下を 3倍振動、5倍振動、7倍振動...という。したがって、管の長さを l [m] とすると、「節-腹間の距離が4分の1波長に相当」しているので、 m 倍振動のとき、管を伝わる波の

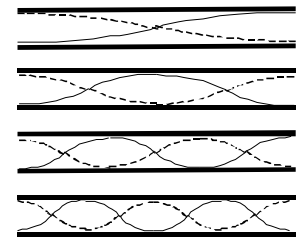
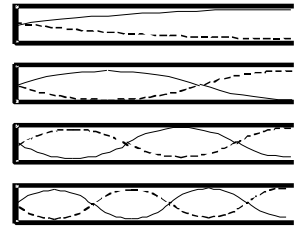
波長は $\frac{\lambda}{4} = \frac{l}{m}$ であるので、 $v = f\lambda$ に代入して求めると、

$$\text{閉管の振動数} \rightarrow f = \frac{mv}{4l} \quad (\text{ただし、} v \text{ は音速、} m \text{ は奇数を示す})$$

開管(両方が開いた管)の場合、管にできる定常波を考えると次の場合に限られることがわかる。一番上の管の振動を 基本振動、2番目以下を 2倍振動、3倍振動、4倍振動...という。したがって、管の長さを l [m] とすると、「腹-腹間の距離が2分の1波長に相当」しているので、 m 倍振動のとき、管を伝わる波

の波長は $\frac{\lambda}{2} = \frac{l}{m}$ であるので、 $v = f\lambda$ に代入して求めると、

$$\text{開管の振動数} \rightarrow f = \frac{mv}{2l} \quad (\text{ただし、} m \text{ は整数を示す})$$

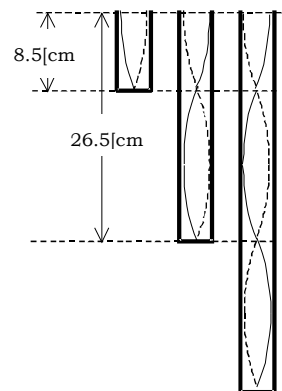


入門 片端が閉じた「閉管」なので、パイプの中に出来る定常波の「節-腹」の間隔が $\frac{0.10}{2n+1}$ [m] (ただし、

$n = 0, 1, 2, 3, \dots$) である。これが4分の1波長になるので、波長は $\lambda = \frac{0.40}{2n+1}$ である。よって、 $v = f\lambda$

より、 $f = 340 \div \frac{0.40}{2n+1}$ だから、振動数は 850[Hz]、2250[Hz]、4250[Hz]...

初級 腹の位置は正確に言えば開口部ではない。パイプの外にすこし出ているのが普通である。したがって、最初の共鳴のパイプの長さは不正確。右の図より、1回目の共鳴と2回目の共鳴の時のパイプの長さの差が正確に節-節の間隔に相当していることがわかる。したがって、 $26.5 - 8.5 = 18$ [cm] が節-節の間隔。



(1) $26.5 + 18 = 44.5$ [cm] で三度目の共鳴が起こる。

(2) 節-節の間隔が波長の半分だから、 $18 \times 2 = 36$ より、波長は 36 [cm]。

(3) $v = f\lambda$ より、 $340 = f \times 0.36$ より、 $f = 944.44\dots$ であるので、おんさの振動数は 940 [Hz]。

(4) 開口部の位置は正確には腹ではない。正確な腹-節の間隔は 9.0 [cm] だから、 $9.0 - 8.5 = 0.5$ [cm] 腹の位置がパイプの開口部より出ている(開口端補正量は 0.5 [cm])。