

大気中に、図1のようにx軸上に振動数 f_0 の音源Sと観測者Oが存在し、音源Sはx軸正方向に速さ v で移動している。観測者Oは $x=x_0$ ($x_0 > 0$)の位置で静止している。大気中の音速は V で、音源Sの速さ v は音速 V より小さいとする。以下の問いで音源Sは、時刻 $t=0$ に $x=0$ の位置にあるとし、時間が経過しても観測者Oの位置にまだ到達していないものとする。

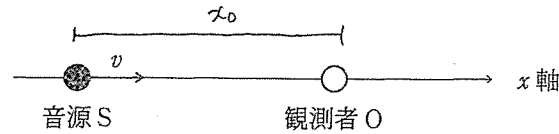


図1

はじめは無風状態で、大気は静止している。

問1 以下の問いに答えなさい。解答は、 f_0 、 v 、 V および x_0 のうち必要な記号を用いなさい。

(1) 時刻 $t=0$ に音源Sが発した音が観測者Oに伝わる時刻 t_1 を求めなさい。

$$t_1 = \frac{x_0}{V}$$

(2) 時刻 $t=t_1$ における、音源Sと観測者Oの間に存在する音波の波の数 n (1波長分を1個とする)を求めなさい。

$$n = f_0 t_1 = \frac{f_0 x_0}{V}$$

(3) 時刻 $t=t_1$ において音源Sが発した音が、観測者Oに伝わる時刻 t_2 を求めなさい。

$$t = \frac{x_0 - vt_1}{V} = \frac{x_0 - v \frac{x_0}{V}}{V}$$

$$t_2 = t_1 + t = \frac{x_0}{V} + \frac{x_0}{V} \left(1 - \frac{v}{V}\right)$$

(4) 観測者Oが聞く音の振動数 f_1 を求めなさい。

t_1 より t_2 の間は、 n 個の波を聞き、 x_0 の振動数(単位時間あたり)

$$\frac{n}{t_2 - t_1} = \frac{f_0 \frac{x_0}{V}}{\frac{x_0}{V} + \frac{x_0}{V} \left(1 - \frac{v}{V}\right) - \frac{x_0}{V}} = \frac{1}{1 - \frac{v}{V}} f_0 = \frac{V}{V - v} f_0$$

次に、速度 U の風が一様に吹いている場合を考える。ただし、 U は音速 V より小さいとする。音波は大気中を速度 V で伝わる波である。そのために、媒質である大気が移動する場合、音波の伝わる速度は「媒質(大気)中を伝わる速度」と「媒質(大気)の移動する速度」の合成になる。以下の問いに答えなさい。解答は、 f_0 、 v 、 V 、 x_0 および U のうち必要な記号を用いなさい。

問2 図2のように、x軸の正方向に速さ U の風が一様に吹いている場合を考える。

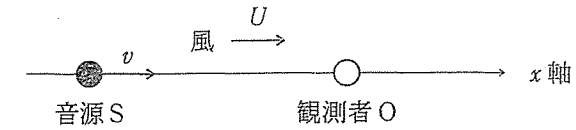


図2

(1) 音源Sから観測者Oに音が伝わる速さを求めなさい。

$$\underline{V + U}$$

(2) 時刻 $t=0$ に音源Sが発した音が観測者Oに伝わる時刻 t_3 を求めなさい。

$$t_3 = \frac{x_0}{V + U}$$

(3) 時刻 $t=t_3$ において音源Sが発した音が、観測者Oに伝わる時刻 t_4 を求めなさい。

$$t_4 = t_3 + \frac{x_0 - vt_3}{V + U} = \frac{x_0}{V + U} + \frac{x_0}{V + U} \left(1 - \frac{v}{V + U}\right)$$

(4) 観測者Oが聞く音の振動数 f_2 を求めなさい。

$$f_2 = \frac{f_0 t_3}{t_4 - t_3} = \frac{\frac{x_0}{V + U} f_0}{\frac{x_0}{V + U} + \frac{x_0}{V + U} \left(1 - \frac{v}{V + U}\right) - \frac{x_0}{V + U}}$$

$$= \frac{1}{1 - \frac{v}{V + U}} f_0 = \frac{V + U}{V + U - v} f_0$$

答 問1(1) $t_1 = \frac{x_0}{V}$ (2) $n = f_0 \frac{x_0}{V}$ (3) $t_2 = \frac{x_0}{V} \left(1 - \frac{v}{V}\right)$ (4) $f_1 = \frac{V}{V - v} f_0$

問2(1) $V + U$ (2) $t_3 = \frac{x_0}{V + U}$ (3) $t_4 = \frac{x_0}{V + U} \left(1 - \frac{v}{V + U}\right)$ (4) $f_2 = \frac{V + U}{V + U - v} f_0$