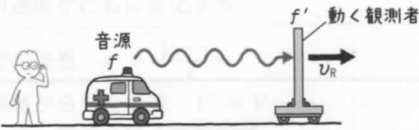


◆反射板がある場合のドップラー効果

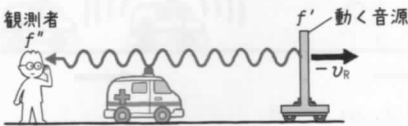
(a) 音源からの音が反射板に達するまでの過程



反射板が観測する振動数

$$f' = \frac{V - v_R}{V} f$$

(b) 反射板からの反射音が観測者に達するまでの過程



観測者に聞こえる音の振動数

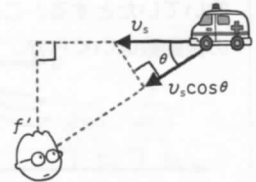
$$f'' = \frac{V}{V + v_R} f' = \frac{V - v_R}{V + v_R} f$$

発展

◆音源または観測者が斜め方向に動く場合のドップラー効果

音源が斜めに動く場合、音源の速度の観測者方向の成分は $v_s \cos \theta$ なので、観測者に聞こえる音の振動数 f' は、

$$f' = \frac{V}{V - v_s \cos \theta} f$$



観測者が斜め方向に動く場合も同様に、観測者に聞こえる音の振動数 f'' は、

$$f'' = \frac{V - v_o \cos \theta}{V} f$$

公式に慣れよう!

例題 1 振動数 400 Hz で振動する音源 S からの音が、速さ 5.0 m/s で音源 S から遠ざかる反射板 R で反射して、音源と反射板の間の観測者 O に達する。音速を 340 m/s とする。

① 反射板 R が観測する音の振動数はいくらか。

解 反射板 R を観測者と見なすと、観測者が動く場合のドップラー効果の式より、

$$f_R = \frac{V - v_R}{V} f = \frac{340 \text{ m/s} - 5.0 \text{ m/s}}{340 \text{ m/s}} \times 400 \text{ Hz} \approx 394 \text{ Hz}$$

② 観測者 O に聞こえる音の振動数はいくらか。

解 反射板 R を、振動数 f' の音源と見なすと、音源が動く場合のドップラー効果の式より、

$$f_O = \frac{V}{V + v_R} f' = \frac{V - v_R}{V + v_R} f = \frac{340 \text{ m/s} - 5.0 \text{ m/s}}{340 \text{ m/s} + 5.0 \text{ m/s}} \times 400 \text{ Hz} \approx 388 \text{ Hz}$$

③ 観測者 O には、単位時間に何回のうなりが聞こえるか。

解 単位時間に聞くうなりの回数は、音源 S からの直接の音と、反射板 R からの反射音との振動数の差に等しいから、

$$n = |f - f_O| = 400 \text{ Hz} - 388 \text{ Hz} = 12 \text{ Hz} \quad \underline{12 \text{ 回}}$$

(1) 例題 1 で、反射板 R が速さ 5.0 m/s で音源 S に近づく場合、

① 反射板 R が観測する音の振動数はいくらか。

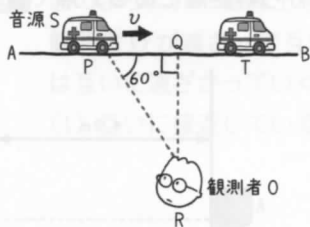
② 観測者 O に聞こえる音の振動数はいくらか。

③ 観測者 O には、単位時間に何回のうなりが聞こえるか。

(2) 例題 1 で、反射板がある一定の速さで音源 S から遠ざかったところ、観測者 O には 380 Hz の音が聞こえた。反射板の速さはいくらか。

発展 例題 2

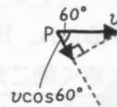
図のように、音源 S が振動数 f_0 の音を出しながら直線 AB 上を一定の速さ v で A から B に向かって進んでいる。音速を V とする。



① $\angle QPR = 60^\circ$ を満たす点 P で出した音は、点 R にいる観測者にはいくらの振動数の音として聞こえるか。

解
$$f' = \frac{V}{V - v \cos 60^\circ} f_0$$

$$= \frac{2V}{2V - v} f_0$$



② 点 Q を音源が通過したときに出した音は、観測者にはいくらの振動数の音として聞こえるか。

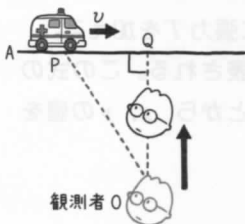
解 点 Q を通過するとき、音源は観測者の方には近づかない。したがって、観測者に聞こえる音の振動数は音源の振動数 f_0 のものである。

発展

(3) 例題 2 で、点 Q に対して点 P と対称な位置にある点 T で音源が出した音は、点 R にいる観測者にはいくらの振動数の音として聞こえるか。

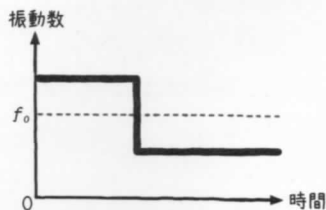
発展

(4) 例題 2 で、観測者が点 Q に近い位置に移動して、音源が点 P で出した音を聞いた。このとき、移動前と比べて音の高さはどのように変化するか。



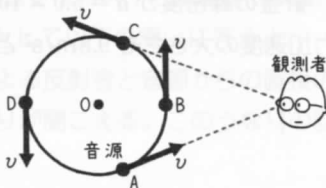
発展

(5) 例題 2 で、観測者が RQ 上のある位置に立って、音源 S の音を聞いたところ、その振動数は右図のような変化をしたという。このとき、観測者は RQ 上のどこに立っていたか。



発展 例題 3

図のように半径一定の円周上を振動数 f_0 の音源が一定の速さ v で回転している。このとき、図の点 A ~ D で発した音を聞くものとし、音速を V とする。



このとき、音源がどの点で発した音が、最も高く聞こえるか。また、その振動数はいくらか。

解 音源の速度が観測者に近づく向きである点 A で発した音が最も高く聞こえる。また、観測者に聞こえる音の振動数は、

$$f = \frac{V}{V - v} f_0$$

発展

(6) 例題 3 で、音源がどの点で発した音が、最も低く聞こえるか。また、その振動数はいくらか。