

入試問題研究 第4回 2004年センター試験 第4問 (波動)

第4問

A 図1のように置いた2つの音源 S_1 、 S_2 から振動数、振幅、位相が同じ正弦波の音波が発せられている。音源の前方にある直線 AB 上での音の聞こえ方を調べたところ、 S_1 、 S_2 から等距離の点 O では音が最も大きく聞こえた。点 O から直線 AB 上にそと離れるとしだいに音の大きさが小さくなり、点 P ではじめて極小となった。さらに点 O からはなれていくと今度はしだいに音が大きくなり、点 Q で音の大きさは再び極大となった。

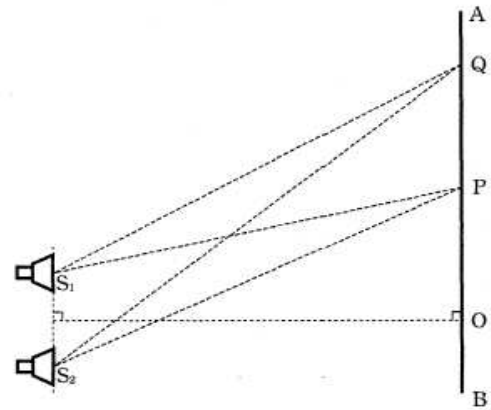


図 1

問1 二つの音源と観測点との間の距離がそれぞれ $S_1P=5.1\text{ m}$ 、 $S_2P=5.4\text{ m}$ 、 $S_1Q=5.8\text{ m}$ であったとすると、距離 S_2Q は何 m になるか。

問2 音源 S_1 の位相を音源 S_2 の位相と逆にして同様の実験をするとどうなるか。音の大きさの変化を説明しなさい。

問3 音源 S_2 を音源 S_1 とは少し異なる振動数で鳴らしたときの音の聞こえ方はどうなるか。

B 異なる屈折率をもつ二つの媒質の境界面における光の屈折について考えよう。

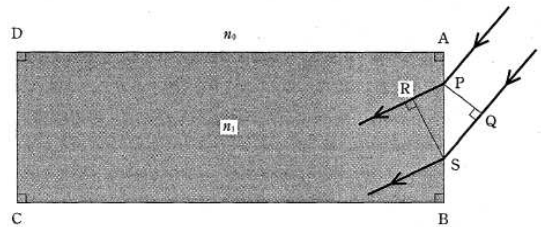


図 2

問4 図2のように、空気中から屈折率 n_1 のガラス直方体 $ABCD$ の側面 AB に平行光線を入射させる。図2の点 P と点 S は AB 上にあり、 PQ は入射光の進行方向に垂直、 RS は屈折光の進行方向に垂直である。距離 QS は距離 PR の何倍になるか。ただし、空気の屈折率を n_0 とし、 $n_1 > n_0$ とする。

問5 次に、図3のように、ガラス直方体の上面と下面に屈折率 n_2 のガラス板を密着させて、光線を側面 AB から入射させた。このとき、ガラス直方体中で光線が全反射を繰り返しながら、側面 CD まで到達するためには、 n_1 、 n_2 、図3の角度 θ の間にどのような関係がなければならないか。

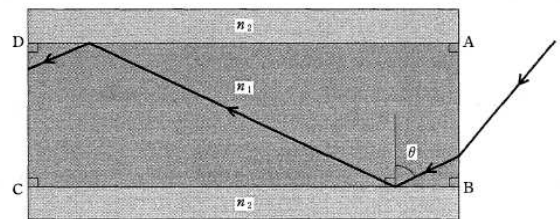


図 3

入試問題研究 第4回 2004年センター試験 第4問(波動) 解答・解説

A 音源が同位相であるとき、距離の差が半波長の偶数倍で強め合い、奇数倍で弱めあう(逆位相のときは強弱が入れ替わる)。「音源の位相」と「距離の差」に注目するだけで解ける。

問1 同位相の音源でO点(距離の差ゼロ)で強め合い、
 P点(距離の差 $5.4\text{m} - 5.1\text{m} = 0.3\text{m}$)で初めて弱め合うから、
 半波長の1倍が 0.3m すなわち、波長が 0.6m であることになる。
 次に強め合うQ点では、距離の差が半波長の偶数倍(0.6m)になるから、
 S_2Q は 6.4m である。

問2 音源を逆位相にすると、
 O点で弱め合うから音が小さくなり(極小)、
 P点では強め合うから音が大きく(極大)、
 Q点では弱め合うから音が小さくなる(極小)。

問3 少し異なる振動数にしたとき、
 どの位置でも、振動数の差に相当する振動数の「うなり」が観測されるだけ。

B ホイヘンスの原理と全反射(臨界角)が分かっておれば簡単に解ける。

問4 ホイヘンスの原理を使って「屈折の法則」 $n_{12} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$ …①を導いた。

また、ホイヘンスの原理より、波面PQからRSへの時間は同じだから、
 その距離は速度に比例する。

よって $PR : QS = v_1 : v_0 = n_0 : n_1$ より $QS = PR \times \frac{n_1}{n_0}$ から、 $\frac{n_1}{n_0}$ 倍である。

問5 内側のガラス直方体から外につけたガラス板への屈折率は、①より、 $n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$ である。

全反射するための入射角の条件は臨界角 i_0 以上であればよい。

臨界角 i_0 のとき屈折角が 180° になるから、 $n_{12} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i_0}{\sin 180^\circ}$ より、

臨界角は $\sin i_0 = \frac{n_2}{n_1}$ を満たす角度である。したがって、 $\frac{n_2}{n_1} < 1$ を満たす必要がある。

また、入射角が臨界角以上あればよいので、 $\sin \theta \geq \frac{n_2}{n_1}$ が全反射を繰り返す条件となる。

[注] 屈折の法則を $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ とだけ覚えるのはだめです。ホイヘンスの原理で証明する過程

で得た公式 $n_{12} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2}$ と、真空に対する屈折率(絶対屈折率) $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c}{v}$ の2つ

の公式を覚えておくことが必要になる。(このような出題の場合にはね！)