

## ^41：凸レンズ、凹レンズ、凹面鏡

### ○原則

①レンズの式 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$  は、球面鏡にも使うことができ、凹面鏡： $f > 0$       凸面鏡： $f < 0$  である。

②複数のレンズや球面鏡を組み合わせた問題は、一つ目のレンズや球面鏡でできた像を、次のレンズや球面鏡に対する物体だと考えて問題を解く。

### ○解答の方針

・問1～3は、原則①を使って解きます。また、点Bと点Cにそれぞれ一つずつ、レンズや球面鏡が置かれているので、原則②を使います。

つまり、点Bの凸レンズでできた像を、点Cにおける物体だと仮定して問題を解き進めていきます。

## 42：波のグラフ

### ○原則

①波の速さ： $v$     波長： $\lambda$     振動数： $f$     周期： $T$  とおくと、次の関係が成り立つ。

$$v = f\lambda = \frac{\lambda}{T}$$

←この公式は忘れないようにしましょう。 $v(m/s)$ 、 $\lambda(m)$ 、 $T(s)$  の単位を考えれば忘れにくくなります。

②縦波を  $\sin$  または  $\cos$  の式で表した(横波として表した)とき、  
 $y > 0$  の部分は縦波の密、 $y < 0$  の部分は縦波の疎の部分を表す。

③波の変位が最大または最少(波の山や谷)の部分は、速さが最大である。

波の変位が0の部分は、速さも0である。

④ある時刻における、各位置の変位を表すグラフをわずかにずらすと、運動の向きがわかる。

### ○解答の方針

・問2は、原則②の事実を使います。縦波の、横波への変換を理解していれば簡単に解けます。

・波の速度のグラフも、 $\sin$  または  $\cos$  形のグラフになります。

問3は、まず原則③より、大体のグラフの形を決めます。すると、 $t = 0$  では  $x = 1, 5$  と  $x = -1, 3$  のどちらかの速度が最大になることがわかります。

これを決めるために原則④を使います。進行方向(今回は右)に少しグラフをずらすと、 $x = 1, 5$  では上側にずれることから、この地点が最大の速度で動いているといえます。( (速度)  $> 0$  かつ速さが最大 )

・問5は、入射波による変位と、入射波と反射波による合成変位とを分けて考えることが大事です。これは、問4(1)で求めた時間で区切られることとなります。

## 43 : 縦波

### ○原則

- ①空気の変位の大きさが最大の点では、波の密度の変化が0となる。
- ②空気の変位が 負→正に変わるとき、変位0の点で波の密度の変化が最大となる。  
空気の变位が、正→負に変わるとき、変位0の点で波の密度の変化が最小となる。

③ドップラー効果について考えるとき、 $f = \frac{c'}{\lambda'}$  の関係について考えると、

観測者が速度 $v$ で動くとき(音源から遠ざかる向きを正とする)  $c' = c - v$

音源が速度 $v_1$ で動くとき(観測者に近づく向きを正とする)  $\lambda' = \frac{c - v_1}{f}$  となる。

### ○解答の方針

・縦波について考えるときは、ばねを横向きにしたときの単振動をイメージすると分かりやすくなります。

・問1の難しいところは、グラフの縦軸が、波の密度の変化分で示されていることです。(多くの問題では縦波のグラフを書くときは縦軸を空気の変位にします。) 今回のグラフの意味を間違えてはいけません。

まず、(1)では原則①より、もっとも密度の変化分が0に近い点を探します。さらに、「x軸の正の向きに」空気が最も大きく変位している点を考えると、(密度の変化分) $< 0$ 、つまり密度がこれから小さくなる点である $x_4$ が求める所です。

(2)の、「x軸の正の向きに空気が最も速く動いているところ」とは、波の密度が一気に少なくなっているところであるから、 $x_3$ が求める所です。

・問2では、まず空気が最も速く動いている点を見つけるために、もっとも密度の変化分が0に近い点を探します。つぎに、「x軸の負の向きに」から、(密度の変化分) $< 0$ 、つまり密度がこれから小さくなる点である $t_2$ です。

・問3では、反射板の位置が変わると、入射波と反射波の重なり方も変わることに注目します。この変化は、節と腹の位置関係に注目します。

・問4はドップラー効果についての問題なので、原則③を使って解けますが、公式を忘れても解けるよう、「解説のように1つ1つ状況を考えて解くことをおすすめします。

・問5(1)は定義です。

## 44 : 弦の振動

## ○原則

①n 倍振動とは、弦の中に n 個の腹がある振動ということである。

②弦を伝わる波の速さ  $v$  は、 $v = \sqrt{\frac{\text{(糸にかかる張力)}}{\text{(糸の線密度)}}}$  となる。

③1 本の弦と、他の物体の結合部分は、波の節になる。

## ○解答の方針

・問 3 は、原則①よりまず、(弦の長さ)  $= \frac{\lambda}{2} \times n$  として式を立てます。

次に、おもりにかかる重力が糸にかかる張力となるので、原則②を使って式を立てます。糸の線密度は、糸に固有の値なので、問 3 のどちらの状況でも同じになります。

・問 4 ~ 6 の状況のように、糸が一本でつながれている場合でも糸の線密度が異なるならば、原則②より波の速さは変わります。

今回、おんさが弦を振動させており、A-B-C 間の振動数はすべて等しいことから、波の速さが A-B、B-C 間で異なるならば、A-B、B-C 間の波長も変わります。

また、原則③より、A, B, C の部分はすべて節になることを考えて、問題を解いていきます。

## 45 : 気柱の共鳴

### ○原則

①気柱が閉管のとき、管の開いている方が波の腹、閉じている方が波の節になった時にもっとも大きな音が聞こえるようになる。

②気柱が開管のとき、両側とも管は開いており、どちらも波の腹になった時にもっとも大きな音が聞こえるようになる。

### ○解答の方針

・問 1 は閉管を用いているので、原則①を使います。閉じている方(今回はピストン側)が節になった時に大きな音が聞こえるようになるので、大きな音が聞こえてから次の大きな音が聞こえるまでにピストンを動かした距離は  $\frac{\lambda}{2}$  (節と節の距離) になります。

・問 3 は開管を用いているので、原則②を使います。気柱内の波長がどうなるかは  $\lambda = \frac{v}{f}$  の関係式から考えます。

・問4については、微粒子の様子が音波の様子と同じになること(sin または cos 型)から、音波の節の位置を数えればよいです。

#### 46：波の式の考え方とドップラー効果

○原則

①波を sin または cos 型で表したとき、 $2\pi$  で 1 周期である。

○解答の方針

I

・(1)、(2)は、原則①を使います。振動数は、単位時間あたりに1周期の波が何個分進むかを表し、波長は1周期分の波の長さを表していることから考えます。

II

…式変形のみで解ける、容易な問題です。

#### 47：速度成分を考えるドップラー効果

○原則

①音源や観測者が両者を結ぶ方向に動いていないとき、両者を結ぶ方向と、それに垂直な方向に速度を分解する。その後、両者を結ぶ方向への速度成分のみを使えば通常のドップラー効果と同じ式が立てられる。

○解答の方針

・(1)は、小物体 P が常に一定の位置で音波を受け続けたら、 $\Delta t = \Delta s$  となる。このようにならないのは、音源から小物体 P の距離が変わるからであり、この距離の変化分が  $\Delta t$  と  $\Delta s$  の大小関係にも影響を及ぼしているのだと考えます。

・(7)は、 $t = T$  に点 A に戻ってきた音波は、AC 間を往復しているだけであることに気付けるかがポイントです。また、 $t = T$  から少し時間が経って戻ってきた音波は、点 A と CD 間の一点を結ぶ線分を往復しています。

・(9)は、 $t_B$ に関する関係式を立てます。小物体 P が点 C を通る時間は  $t = 0$  ではないので間違えないように気を付けましょう。

#### 48：音波の干渉

○原則

①音源からの直接音と反射音が重なるとき、音が強くなるのは同位相( $2\pi$ )で重なるときで、音が弱くなるのは逆位相( $\pi$ )で重なるときである。

②振動数が違う音が重なったとき、うなりが生じる。 $f_1$ 、 $f_2$  の振動数の音が重なったときのうなりの振動数(=

1秒当たりのうなりの回数)  $f$  は、 $f = |f_1 - f_2|$  となる。

### ○解答の方針

I

・問1は、原則①から半波長ごとに音の大きさが切り替わることがわかるので、

(点AからBまで進んだ距離) = (半波長)  $\times$  28 という式が成り立ちます。

または、(点AからBまで進んだ時の波の経路差) = (波長)  $\times$  28 という考え方もできます。

・問2は、問1の考え方を利用して、(点BからCまで進んだ時の波の経路差) = (波長)  $\times$  (波の強弱の回数) という式から考えます。

II

・問3は、うなりの振動数について考えるので、原則②を使います。観測者が聞く直接音と反射音はどちらもドップラー効果が起こっているので、43: 縦波の原則③を使ってそれぞれの振動数を出します。

・問4は、「観測者に直接音が届く時間」と「観測者に反射音が届く時間」が異なることから起こることに気づきましょう。その後は、ドップラー効果の式よりそれぞれの振動数を求めて原則②を使うだけです。

## 49: ヤングの干渉実験

### ○原則

①光の干渉は、光源からその位置までの光の経路差が生まれることによっておこる。

### ○解答の方針

・問1は、明線や暗線の位置を求めるので、原則①から  $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow P$  と  $S_0 \rightarrow S_2 \rightarrow P$  の経路差を求めます。その後、48: 音の干渉の原則①が光の場合でも成り立つことを考えて問題を解きます。(経路差が同位相のときは明線、逆位相の時は暗線)

問1では、 $S_0S_1$ 間と  $S_0S_2$ 間 の距離が等しいことから  $S_1P$ 間と  $S_2P$ 間 の経路差を考えればよいことになります。

・問3では、 $S_0$ をずらしたことによって生じる光の経路差も含めて考えます。

・問4は、問3で求めた  $x$  の値から解きます。赤の波長と緑の波長は異なる値なので、赤と緑の光の  $x$  が一致しているときは  $x$  の式に  $\lambda$  が関係しない、と考えると、このときが  $m = 0$  となります。

・問5について、「干渉縞の明暗が最も明瞭になる」条件は、 $S_0$ 、 $S_0'$  のそれぞれを通った光が強め合っている位置が一致するときです。

## 50: 3スリットによる干渉、波の式

### ○原則

①波の重ね合わせでは、それぞれの波についての式を足し合わせることで合成波の様子を知ることができる。

## ○解答の方針

### I

・問1は、三平方の定理と近似を使って数学的に解いていくだけです。また、光の干渉の分野では、近似を使うことがかなり頻繁にあります。解説にある近似の式は使えるようにしておきましょう。

### II

・問4は、 $S_0$  からの波と、 $S_1 + S_2$  からの波の変位を足し合わせて導きます。

・問5は、「弱い明線」が振幅0のときではないことに注意しましょう。振幅0とは、波が打ち消しあってその地点に何も変化が起こらなくなるときなので、暗線であることを指します。

・問6(2)について、 $S_1S_0$ 間、 $S_0S_2$ 間の経路差はそれぞれ $\frac{\Delta x}{2}$  倍です。この経路差がそれぞれ $2\pi (= \lambda)$  になれば

強めあうことから、 $\frac{\Delta x}{2} = \lambda$  という関係になります。