

現役合格への 軌跡

2025 年度 神戸大物理 第3問 [問題編]

今回は 2025 年度の神戸大の第3問（波動問題）について解説します。第1問（力学問題）・第2問（電磁気問題）ともに随所に神戸大らしさが見られましたが、本問はどうでしょうか。では、チャレンジしてみてください。

Ⅲ 波動

静止した空気中におかれた共鳴箱のついた 2 台のおんさを考える。おんさ A をたたくと振動数 f_A [Hz] の音波を発生させるとともに、その共鳴箱は同じ振動数 f_A の音波に共鳴する。同様に、おんさ B は振動数 f_B [Hz] の音波を発生させ、その共鳴箱は振動数 f_B の音波に共鳴する。ただし、 f_A と f_B はわずかに異なり、 $f_A > f_B$ である。空気中における音波の伝わる速さを V [m/s] とし、おんさの移動する速さは V と比べて十分に遅いと考える。以下の問 1～5 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。

問 1 図 1 のように静止しているおんさ A と B を同時にたたいたところ、うなりが発生した。1 秒当たりのうなりの回数 f を f_A と f_B を用いて表しなさい。

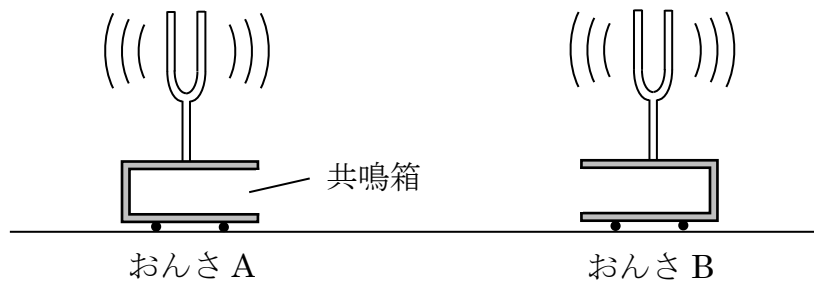


図 1

問 2 図 2 のようにおんさ B だけをたたいておんさ A に近づける向きに一定の速さ v [m/s] で動かしたところ、静止しているおんさ A が共鳴した。このとき、 f_A , f_B を f , V , v を用いて表しなさい。

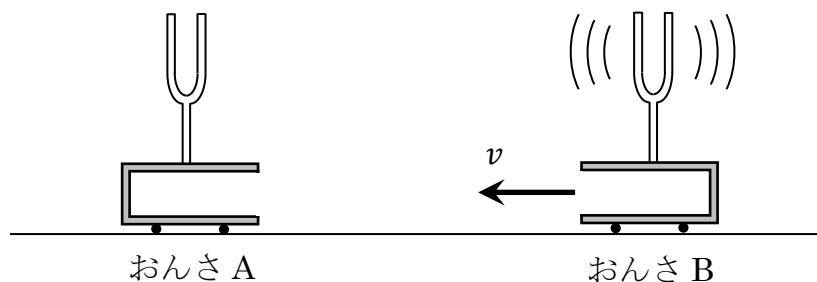


図 2

問3 図3のようにおんさA, 観測者, おんさBが一直線上に並んでいる。おんさAとBをたたいてから観測者から遠ざかるように逆向きに同じ一定の速さ v で動かした。静止している観測者が聞くおんさAとBの振動数 f_A' [Hz], f_B' [Hz]をそれぞれ f_A, f_B を用いて表しなさい。

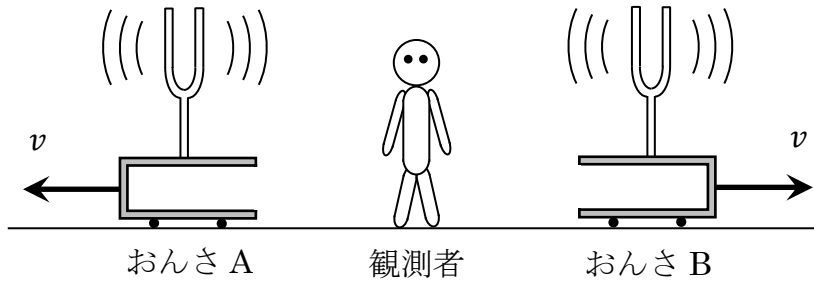
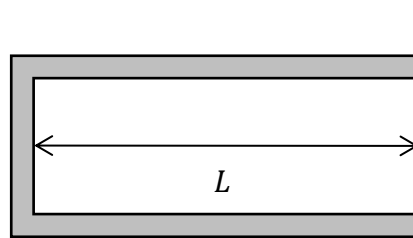


図3

問4 問3の観測者が聞く1秒当たりのうなりの回数 f_0 を f, V, v を用いて表しなさい。

問5 $f_A = 680$ Hzであるとき, 図4に示すおんさAの共鳴箱の長さ L [m]の最小値を求めなさい。ただし, $V = 340$ m/sとし, 開口端補正は無視できるものとする。



おんさAの共鳴箱

図4

【解答】

問1 うなりの公式より,

$$f = f_A - f_B \text{ [回/s]} \text{ ([Hz] でもよい)}$$

問2 ドップラー効果の公式より,

$$f_A = \frac{v}{v-v} f_B \text{ [Hz]} \quad \dots \text{ ①}$$

問1の結果を用いて,

$$f_A = \frac{v}{v} f \text{ [Hz]} \quad , \quad f_B = \frac{v-v}{v} f \text{ [Hz]}$$

問3 ドップラー効果の公式より,

$$f_A' = \frac{v}{v+v} f_A = \frac{1}{1+\frac{v}{v}} f_A \text{ [Hz]} \quad , \quad f_B' = \frac{v}{v+v} f_B = \frac{1}{1+\frac{v}{v}} f_B \text{ [Hz]}$$

問2の①より,

$$\frac{v}{v} = \frac{f_A - f_B}{f_A}$$

これを代入して,

$$f_A' = \frac{1}{1+\frac{f_A - f_B}{f_A}} f_A = \frac{f_A^2}{2f_A - f_B} \text{ [Hz]}$$

$$f_B' = \frac{1}{1+\frac{f_A - f_B}{f_A}} f_B = \frac{f_A f_B}{2f_A - f_B} \text{ [Hz]}$$

問4 うなりの公式より,

$$f_0 = f_A' - f_B' = \frac{v}{v+v} f_A - \frac{v}{v+v} f_B = \frac{v}{v+v} (f_A - f_B) \text{ [回/s]}$$

問1の結果を用いて,

$$f_0 = \frac{v}{v+v} f \text{ [Hz]}$$

問5 おんさAが発する音波の波長を λ_A [m] として,

$$\lambda_A = \frac{340}{680} = 0.5 \text{ [m]}$$

自然数を n として, おんさAの共鳴箱内で共鳴が起こるとき $L = \frac{2n-1}{4} \lambda_A$ である。 L が最小となるとき $n = 1$ であるので,

$$L = \frac{1}{4} \lambda_A = \frac{1}{4} \times 0.5 = 0.125 \text{ [m]}$$

【解説】

初めに述べておくと、本問は『物理の』入試問題としてはまったく難しくありません。誤解を恐れずに言うと、本問は入試において暗記すべき公式（うなりの公式やドップラー効果の公式、閉管の共鳴公式）を正確に使用するだけなのです。しかし、実際に解いてみると思った以上に時間がかかった人や、正答にたどり着けなかった人がいるはず。その理由は、答えを導くための計算手順にあります。すなわち、『計算力』です。

問 1 ここは絶対に正解しなければなりませんね。うなりの公式を立てるだけです。しかも、問題文に「 $f_A > f_B$ 」とまで書かれています。答えが1つに絞れますね。うなりの振動数 $f = f_A - f_B$ となるわけです。

問 2 ここも大丈夫でしょう。「おんさ B だけをたたいて（中略）静止しているおんさ A が共鳴した」のですから、ドップラー効果によりおんさ B からの音波の振動数が f_A となったのです。よって、ドップラー効果の公式から、

$$f_A = \frac{V}{V-v} f_B \quad \cdots \quad \textcircled{1}$$

が導かれます。そして、本問は「 f_A, f_B を f, V, v を用いて表しなさい」ですので、あとは問 1 の結果である

$$f = f_A - f_B \quad \cdots \quad \textcircled{2}$$

と①との連立方程式とみなして f_A, f_B について解けば OK です。

さて、高校物理を十分理解し、問題演習を積んできた受験生にとっては、問 2 まではまったく難しくありません。しかし、次の問 3 はどうでしょうか？おそらく、問 3 が解き切れたかどうかでこの大問の得点率は大きく変わったと思います。

問 3 一見、とても簡単そうです。おんさ A、おんさ B ともに観測者から遠ざかる向きに速さ v で運動しますから、ドップラー効果の公式より、

$$f_A' = \frac{V}{V+v} f_A \quad , \quad f_B' = \frac{V}{V+v} f_B \quad \cdots \quad \textcircled{3}$$

です。もう解けたも同然、と感じるかも知れませんね。しかし、問題はここからです。本問は「 f_A' [Hz], f_B' [Hz] をそれぞれ f_A, f_B を用いて表しなさい」とあります。要は v や V を消去しなければならないのですが、 v や V をうまく消去できるでしょうか？ここがこの大問の最大の山場と言ってもよいかも知れません。

まず、ありそうな失敗を書いておきます。それは初手として「③の 2 つの式の辺々を割れば $\frac{V}{V+v}$ がまとめて消去できるな・・・これでいけるのでは？」と発想することです。

現役合格への 軌跡

確かに、計算すると $\frac{f_A'}{f_B'} = \frac{f_A}{f_B}$ となり、これだけ見ればすっきりしますね。ただ、この後がいけない。 f_A' 、 f_B' を求めるためにはあと1つ式が必要ですから、今まで立式した他の式を見渡してみるのですが、いずれの式にも v や V 、 f が含まれています。すなわち、③から（部分的に） v や V を消しても、残りの式に v 、 V 、 f が含まれるために根本解決になっていないのです。しかし、これに気づかず頑張って計算を進める人もいるでしょうね。で、沼にはまりこんでいくと。これで時間を浪費したらもう厳しいです。実は、初手を上記のように考えた人にとっての今回の正解は「初手まで引き返す」でした。初手が悪手だった可能性を考えるのです。

ということで、初手からやり直しましょう。正解は、「③の2つの式の右辺を変形したら $\frac{v}{V}$ が作れるな・・・これを消去する方法はどうだろう？」と発想することです。実は問2

の①式から $\frac{v}{V} = \frac{f_A - f_B}{f_A}$... ①' と変形できます。ここに v も V も f も含まれてい

ないのが大きなポイントです。③は $f_A' = \frac{V}{V+v} f_A = \frac{1}{1+\frac{v}{V}} f_A$ 、 $f_B' = \frac{V}{V+v} f_B = \frac{1}{1+\frac{v}{V}} f_B$ と変形できますので、①'を代入することで容易に正答が導かれるのです。なんと簡単なことか！

さて、本問を振り返ってみると、問われている力は『物理の力』よりも『計算力』であることがわかります。作問者の意図は「問1～問2で物理の力は問いました。問3で計算力を問いますよ。」といったところでしょうか。確かに実際の大学の研究現場ではさまざまな計算をすることは日常茶飯事ですから、ある程度の計算力は問いたくなりますね。そして、近年の神戸大物理では、やや複雑な計算問題が増加傾向にあります。「物理の理論だけでなく、まじめに計算をして最後までしっかり正答を導き出すトレーニングを積んだ生徒に入学してほしい」という、神戸大学からのメッセージかも知れませんね。まあ、神戸大学がオフィシャルに公開している「出題の意図・評価ポイント」には計算力に関する言及がないので、筆者の妄想かも知れませんが・・・。

問4 本問も『計算力』ですね。問3では、③式からいったん $\frac{v}{V}$ を作り、それを消去する

方針で攻めましたが、本問はそれを忘れて、もともとの③式の形から攻めるとよいです。そうすると素直に、

$$f_0 = f_A' - f_B' = \frac{V}{V+v} f_A - \frac{V}{V+v} f_B = \frac{V}{V+v} (f_A - f_B) = \frac{V}{V+v} f$$

と正答に到ります。 $f_A - f_B$ を導くことができれば②式より f に変換できますね。 f 、 V 、 v を用いて答えるので、それを考慮に入れて冷静に初手から計算の方針を立て直すことが重要でした。柔軟な思考が必要でしたね。

なお、問 3 の結果から計算しようとするやや時間がかかります。

$$f_0 = f_A' - f_B' = \frac{f_A^2}{2f_A - f_B} - \frac{f_A f_B}{2f_A - f_B} = \frac{f_A(f_A - f_B)}{2f_A - f_B} = \frac{f_A}{2f_A - f_B} f$$

ここで、正答に用いてよいのが f , V , v ですので、 f_A , f_B を消去すべく問 2 の①式を使いましょう。 $f_B = \frac{V-v}{V} f_A$ として f_B に代入するのがいいですかね。

$$f_0 = \frac{f_A}{2f_A - \frac{V-v}{V} f_A} f = \frac{V}{2V - (V-v)} f = \frac{V}{V+v} f$$

です。時間を大きくロスすることにはならないと思われるので、実際の受験ではこの計算をガシガシやっっていく、というのでも OK ですね。

問 5 さて、最終問題です。驚きがあったと思います。本問、問 4 までの問題の流れをまったく引き継いでいません。単独の問題です。模範解答の通りで、シンプルな閉管による音波の基本振動の問題ですね。「えー、じゃあ問 5 だけ解いて点数を取る、ということも可能だったの？」と思われた方、正解です。確かに大学の個別試験では、途中の問題が解けないと次の問題も解けなくなる（雪崩式に解けなくなる）ことが多いです。ですので、途中であきらめて問 5 は解こうとしなかった、という受験生も多かったかも知れません。しかし、本問は違いました。受験生のみなさんにメッセージを送るなら、「受験問題は全体をしっかりと確認しましょう」「最後まであきらめずに解きましょう」という、受験に対する心構えのようなものになりますね。

以上、いかがだったでしょうか？ここまで読んでいただいた皆さん、ありがとうございました。ここままで 2025 年度前期のすべての物理問題を解説しました。みなさんの受験の一助となれば幸いです。