

SETUP DRILL 15

波の基本 設定別ドリル

波の基本を6つの設定に分けた。

この分野でつまづく原因はほぼ一つ —— **横軸が位置か時間かを取り違えること。**

$y-x$ グラフは**ある瞬間の写真**、 $y-t$ グラフは**1点の記録**。読む前に必ず横軸を確認する。それを6回くり返す。

使い方

1周目 設定の見出しと公式を読んでから5問続けて解く。

2周目 グラフが出たら「**横軸は位置か時間か**」を口に出してから読む。

3周目 見出しを隠して、どの設定かを言い当ててから解く。

波の速さを v 、波長を λ 、周期を T 、振動数を f とする。

1章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

2章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

3章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

4章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

5章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

6章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

問 題 編

解説は後半にまとめてある。先に見ないこと。

横軸を必ず確認すること。

SETUP 01

波の要素をつなぐ

記号の約束

λ 波長 T 周期 f 振動数 v 波の速さ A 振幅

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「波長」「振動数」「速さ」のうち2つ
2. $\rightarrow v = f\lambda$ で3つ目が出る
3. $\rightarrow$ 速さは媒質で決まる、振動数は波源で決まる

この設定で使う公式

- $v = f\lambda = \frac{\lambda}{T}$
- $f = \frac{1}{T}$
- 媒質が変わると v と λ が変わり、 f は変わらない

1-1 つなぐ ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

波長 λ 、振動数 f の波について答えよ。

1. 速さを求めよ。
2. 周期を求めよ。
3. 1周期の間に波が進む距離を求めよ。

1-2 媒質が変わる ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

振動数 f 、波長 λ_1 、速さ v_1 の波が、別の媒質に入って速さが v_2 になった。

1. 振動数はどうなるか。
2. 新しい波長を求めよ。
3. なぜ振動数が変わらないのか。

1-3 横波と縦波 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

横波と縦波について答えよ。

1. 違いを述べよ。
2. 音波はどちらか。
3. 縦波を y - x グラフで描くときどうするか。

1-4 速さを測る ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

波源から距離 d 離れた点に、波が時間 t で届いた。この波の振動数は f である。

1. 波の速さを求めよ。
2. 波長を求めよ。
3. 時間 t の間に波源は何回振動したか。

1-5 媒質の速さ ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

振幅 A 、周期 T の波が伝わっている。媒質の各点は単振動している。

1. 媒質の点の最大の速さを求めよ。
2. 波の速さと同じか。
3. 波の速さを2倍にすると媒質の速さはどうなるか。

SETUP 02

y - x グラフと y - t グラフ

記号の約束

y 変位 x 位置 t 時刻

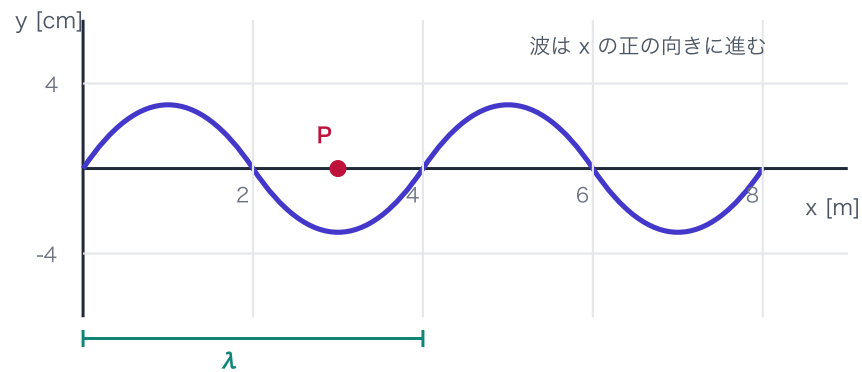
この設定を見分ける手がかり

1. グラフの横軸を見る
2. $\rightarrow x$ なら「写真」：読めるのは波長
3. $\rightarrow t$ なら「1点の記録」：読めるのは周期

この設定で使う公式

- y - x グラフ：横軸1周期分＝波長 λ
- y - t グラフ：横軸1周期分＝周期 T
- 両方あれば $v = \frac{\lambda}{T}$ が出る

波のグラフについて答えよ。



ある瞬間の波形 (y - x)

1. y - x グラフから読み取れる長さは何か。
2. y - t グラフから読み取れる時間は何か。
3. 両方あるとき波の速さはどう求めるか。

2-2 次の瞬間 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

y - x グラフが与えられ、波は x の正の向きに進んでいる。

1. 少し後の波形はどうなるか。
2. ある点の媒質は、次の瞬間どちらへ動くか、どう判断するか。

2-3 波の式 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

x の正の向きに速さ v で進む、振幅 A 、周期 T 、波長 λ の正弦波を考える。原点の変位は $y = A \sin \frac{2\pi}{T}t$ である。

1. 位置 x の点に振動が伝わるまでの時間を求めよ。
2. 位置 x での変位の式を書け。

2-4 位相差 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

波長 λ の波が伝わっている。

1. $\frac{\lambda}{2}$ 離れた2点の振動の関係を述べよ。
2. λ 離れた2点はどうか。
3. $\frac{\lambda}{4}$ 離れた2点はどうか。

2-5 グラフから全部 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

ある波について、 y - x グラフから波長 λ 、 y - t グラフから周期 T が読み取れた。振幅は A である。

1. 波の速さを求めよ。
2. 振動数を求めよ。
3. 媒質の点の最大の速さを求めよ。

SETUP 03

重ね合わせと定常波

記号の約束

y_1, y_2 重ね合わせる前の変位

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「2つの波が出会う」「向かい合って進む」
2. → 変位をそのまま足す（重ね合わせの原理）
3. → 同じ波が逆向きに進むと定常波ができる

この設定で使う公式

- 重ね合わせ： $y = y_1 + y_2$ （そのまま足すだけ）
- 定常波：腹と腹の間隔 $= \frac{\lambda}{2}$
- 腹と節の間隔 $= \frac{\lambda}{4}$

3-1 重ね合わせ ★★

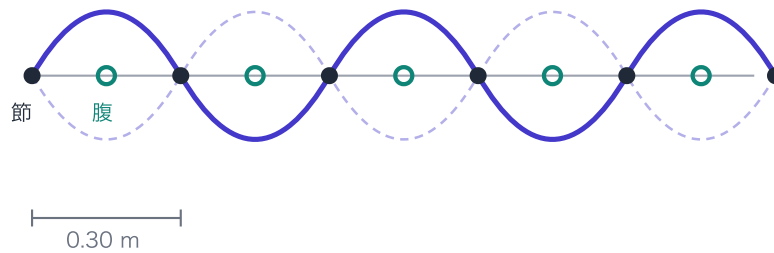
3周チェック ☐ ☐ ☐

2つの波が同じ場所で重なった。

1. 合成波の変位はどう求めるか。
2. 山と山が重なるとどうなるか。
3. 山と谷が重なるとどうなるか。

3-2 定常波 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

波長 λ の同じ波が、互いに逆向きに進んで重なり定常波ができた。



定常波の腹と節

1. 隣り合う腹と腹の間隔を求めよ。
2. 隣り合う節と節の間隔を求めよ。
3. 隣り合う腹と節の間隔を求めよ。

3-3 波長を読む ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

定常波ができている弦を観察したところ、隣り合う節と節の間隔が d であった。波の速さを v とする。

1. 波長を求めよ。
2. 振動数を求めよ。

3-4 反射 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

波が壁で反射するときを考える。

1. 固定端では反射波の位相はどうなるか。
2. 自由端ではどうか。
3. 端は腹になるか節になるか、それぞれ答えよ。

3-5 作図 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

波を壁に向かって送ったときの反射波の作図について答えよ。

1. 反射波を描く手順を述べよ。
2. 合成波はどう描くか。

SETUP 04

弦と気柱の固有振動

記号の約束

L 弦や管の長さ n 腹の数・倍振動の次数

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「弦を張って振動させる」「管に音を出す」
2. → 両端の条件を先に決める（節か腹か）
3. → 長さ L に $\frac{\lambda}{4}$ が何個入るかを数える

この設定で使う公式

- 弦（両端固定）： $L = n\frac{\lambda}{2} \rightarrow f_n = \frac{nv}{2L}$
- 閉管（一端閉）： $L = (2n-1)\frac{\lambda}{4} \rightarrow$ 奇数倍振動だけ
- 開管（両端開）： $L = n\frac{\lambda}{2}$

4-1 弦 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

長さ L の弦の両端を固定して振動させる。弦を伝わる波の速さを v とする。

1. 両端はどうなっているか。
2. 基本振動の波長を求めよ。
3. 基本振動数を求めよ。

4-2 倍振動 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

同じ弦の n 倍振動について答えよ。

1. 腹の数はいくつか。
2. 波長を求めよ。
3. 振動数を求めよ。

4-3 閉管 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

長さ L の一端を閉じた管（閉管）に音を出す。音速を V とする。

1. 閉じた端と開いた端はそれぞれ節か腹か。
2. 基本振動の波長を求めよ。
3. 出せる振動数を一般に書け。

4-4 開管 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

長さ L の両端が開いた管（開管）について答えよ。音速を V とする。

1. 両端は節か腹か。
2. 基本振動の波長を求めよ。
3. 閉管（同じ長さ）と基本振動数を比べよ。

4-5 開口端補正 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

閉管に音を出し、管の長さを変えながら共鳴する位置を探した。1回目の共鳴が長さ L_1 、2回目が L_2 であった。

1. $L_2 - L_1$ は波長の何倍か。
2. 波長を求めよ。
3. $4L_1$ を波長としてはいけない理由を述べよ。

SETUP 05

うなりとドップラー効果

記号の約束

f_1, f_2 2つの音源の振動数

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「2つの音がわずかに違う」「うなり」→ 差を取る
2. 問題文に「近づいてくる」「遠ざかる」「サイレン」→ ドップラー
3. → ドップラーは音源が動くか観測者が動くかで式の場所が変わる

この設定で使う公式

- うなりの回数： $|f_1 - f_2|$ (1秒あたり)
- ドップラー： $f' = \frac{V - v_o}{V - v_s} f$
- 分子が観測者、分母が音源。向きは音源→観測者を正

5-1 うなり ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

振動数 f_1 と f_2 ($f_1 > f_2$) の音を同時に鳴らした。

1. 1秒間のうなりの回数を求めよ。
2. うなりが聞こえなくなるのはどんなときか。

5-2 音源が動く ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

振動数 f の音源が、静止した観測者に速さ v_s で近づいてくる。音速を V とする。

1. 観測される振動数を求めよ。
2. 高く聞こえるか低く聞こえるか。
3. 波長はどうなっているか。

5-3 観測者が動く ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

静止した振動数 f の音源に、観測者が速さ v_o で近づいていく。音速を V とする。

1. 観測される振動数を求めよ。
2. 波長は変わるか。
3. 音源が動く場合と何が違うか。

5-4 符号 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

ドップラー効果の一般式 $f' = \frac{V - v_o}{V - v_s} f$ について答えよ。

1. v_o 、 v_s の正の向きはどう決めるか。
2. 観測者が音源から遠ざかるとき v_o の符号は。
3. 音源が観測者から遠ざかるとき v_s の符号は。

5-5 反射板 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

静止した振動数 f の音源から出た音が、音源に速さ u で近づいてくる反射板で反射し、音源のところで観測された。音速を V とする。

1. 反射板が受け取る振動数を求めよ。
2. 反射音の振動数を求めよ。
3. 観測されるうなりの回数を求めよ。

SETUP 06

どの道具を使うか（見分けの総まとめ）

記号の約束

d 経路差

この設定を見分ける手がかり

1. 1つの波の量を聞かれた $\rightarrow v = f\lambda$
2. 2つの波が重なる $\rightarrow$ 重ね合わせ・定常波
3. 動いている音源や観測者 $\rightarrow$ ドップラー

この設定で使う公式

- 量の変換： $v = f\lambda$ 、 $f = \frac{1}{T}$
- 重なり： $y = y_1 + y_2$ 、腹と節の間隔
- 固有振動：両端の条件から $\frac{\lambda}{4}$ を数える

6-1 選ぶ ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

次の問いをどの道具で解くか答えよ。

1. 弦を張って出せる最も低い音の振動数。
2. 救急車が通り過ぎる前後の音の高さ。
3. 2つの音さを同時に鳴らしたときの聞こえ方。

6-2 変わるもの ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

次の場合に、振動数・波長・速さのうち何が変わるか答えよ。

1. 波が別の媒質に入ったとき。
2. 音源が動いているとき。
3. 観測者が動いているとき。

6-3 $\lambda/4$ を数える ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

次の固有振動について、長さ L と波長の関係を書け。

1. 両端固定の弦の基本振動。
2. 閉管の基本振動。
3. 開管の基本振動。

6-4 音速 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

空気中の音速について答えよ。

1. 温度が上がると音速はどうなるか。
2. 気温が上がると、同じ管から出る音の高さはどうなるか。

6-5 総まとめ ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

波の問題を解く手順を整理せよ。

1. グラフが出てきたら最初に何を見るか。
2. 定常波が出てきたら何を数えるか。
3. ドップラーで最初に決めることは何か。

解説編

各問の冒頭にどちらのグラフとして読んだかを書いてある。

設定 1 波の要素をつなぐ

1-1 $v = f\lambda$

■(1) $v = f\lambda$

■(2) $T = \frac{1}{f}$

■(3) $vT = f\lambda \cdot \frac{1}{f} = \lambda$

1周期でちょうど1波長進む。これが $v = f\lambda$ の意味。

答 (1) $f\lambda$ (2) $\frac{1}{f}$ (3) λ

1-2 f が保たれる

■(1) 変わらない。

■(2) $\lambda_2 = \frac{v_2}{f} = \frac{v_2}{v_1} \lambda_1$

■(3) 境界で媒質が途切れずにつながっているから。

1秒間に f 回やってきた振動は、そのまま f 回向こうへ伝わるしかない。

振動数は波源が決め、速さは媒質が決める。

答 (1) 変わらない (2) $\frac{v_2}{v_1} \lambda_1$ (3) 境界で媒質がつながっているから

1-3 振動の向きで分ける

■(1) 媒質の振動の向きが、波の進む向きと

垂直なら横波、平行なら縦波。

■(2) 縦波（空気の圧縮と膨張が伝わる）。

■(3) 各点の変位の向きを 90° 回して、

進行方向の変位を縦軸に取り直して描く（縦波の横波表示）。

この表示ではグラフの傾きが 0 で y が 0 の点が、密か疎になる。

答 (1) 振動の向きが進行方向と垂直か平行か (2) 縦波 (3) 変位を 90° 回して描く

1-4 距離÷時間

■(1) $v = \frac{d}{t}$

■(2) $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{d}{ft}$

■(3) ft 回

波の速さは「山が進む速さ」であって、

媒質の粒子が動く速さではない。

答 (1) $\frac{d}{t}$ (2) $\frac{d}{ft}$ (3) ft 回

1-5 波の速さと別物

■(1) 単振動なので $v_{max} = A\omega = \frac{2\pi A}{T}$

■(2) まったく別物。

波の速さ $v = \frac{\lambda}{T}$ は振幅 A を含まないが、

媒質の速さは A に比例する。

■(3) 変わらない (A と T が同じなら)。

波は形が伝わるだけで、媒質は運ばれない。

答 (1) $\frac{2\pi A}{T}$ (2) 別物 (3) 変わらない

設定 2 y - x グラフと y - t グラフ

2-1 横軸を見る

■(1) 波長 λ (と振幅 A)

■(2) 周期 T (と振幅 A)

■(3) $v = \frac{\lambda}{T}$

1枚のグラフだけでは速さは出ない。

位置の情報と時間の情報の両方が要る。

答 (1) 波長 (2) 周期 (3) $\frac{\lambda}{T}$

2-2 進む向きへずらす

■(1) 波形全体が x の正の向きに平行移動する。

形は変わらない。

■(2) 少し左 (波が来る側) にある部分の高さが、

次の瞬間その点にやってくる。

つまりグラフの少し左側を見て、そこが今より高ければ上向き。

(進む向きが逆なら右側を見る。)

波形をずらして考えるのが最も確実。

答 (1) 正の向きに平行移動 (2) 波が来る側の高さを見る

2-3 位置と時間を両方入れる

■(1) $\frac{x}{v}$

■(2) 位置 x の点は、原点より $\frac{x}{v}$ だけ遅れて同じ動きをする

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

$v = \frac{\lambda}{T}$ を使えば

$$y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

マイナスなら正の向き、プラスなら負の向きに進む波。

答 (1) $\frac{x}{v}$ (2) $y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$

2-4 距離を波長で割る

■(1) 逆位相（一方が山なら他方は谷）。

■(2) 同位相（まったく同じ動き）。

■(3) $\frac{T}{4}$ ぶんずれる（位相で $\frac{\pi}{2}$ ）。

距離を波長で割った値が、位相のずれ（周期の何倍か）。

干渉の計算はすべてこの考え方に帰着する。

答 (1) 逆位相 (2) 同位相 (3) $T/4$ ずれる

2-5 2枚を組む

■(1) $v = \frac{\lambda}{T}$

■(2) $f = \frac{1}{T}$

■(3) $v_{max} = \frac{2\pi A}{T}$

(1) と (3) はまったく別の量。

(1) は波長が要るが、(3) は振幅が要る。

答 (1) $\frac{\lambda}{T}$ (2) $\frac{1}{T}$ (3) $\frac{2\pi A}{T}$

設定 3 重ね合わせと定常波

3-1 足すだけ

■(1) それぞれの変位を足す： $y = y_1 + y_2$

■(2) 振幅が2倍の山になる（強め合い）。

■(3) 打ち消し合って 0（弱め合い）。

波は重なっている間だけ影響し合い、

通り過ぎたあとは元の形に戻る（独立性）。

答 (1) 変位を足す (2) 振幅2倍 (3) 打ち消す

3-2 腹と節

■(1) $\frac{\lambda}{2}$

■(2) $\frac{\lambda}{2}$

■(3) $\frac{\lambda}{4}$

同じ種類どうしは $\frac{\lambda}{2}$ 、違う種類なら $\frac{\lambda}{4}$ 。

定常波は進まないなので、この間隔だけで波長が読める。

答 (1) $\frac{\lambda}{2}$ (2) $\frac{\lambda}{2}$ (3) $\frac{\lambda}{4}$

3-3 間隔から逆算

■(1) $\frac{\lambda}{2} = d \rightarrow \lambda = 2d$

■(2) $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2d}$

見えるのは節（動かない点）なので、

実験では節と節の間隔を測ることが多い。

答 (1) $2d$ (2) $\frac{v}{2d}$

3-4 端の種類で変わる

■(1) 固定端：位相が π ずれる（山が谷になって返る）。

■(2) 自由端：位相は変わらない（そのまま返る）。

■(3) 固定端は動けないので節、

自由端は最も大きく動けるので腹。

固定端＝節＝反転、自由端＝腹＝そのままとセットで覚える。

答 (1) π ずれる (2) 変わらない (3) 固定端は節、自由端は腹

3-5 折り返して足す

■(1) ①壁の向こうまで波形をそのまま延長して描く。

②その部分を壁の位置で左右に折り返す。

③固定端ならさらに上下も反転させる（自由端はしない）。

■(2) 入射波と反射波の変位を各点で足す。

この手順どおりにやれば、固定端では端が必ず 0 になり、

自由端では端が最大になる —— 作図が正しいことの検算になる。

答 (1) 延長→折り返し→（固定端なら）上下反転 (2) 各点で変位を足す

設定 4 弦と気柱の固有振動

4-1 両端が節

■(1) 固定されているので両端とも節。

■(2) 基本振動は腹1つ。 $L = \frac{\lambda}{2}$

$$\lambda = 2L$$

■(3) $f_1 = \frac{v}{2L}$

答 (1) 両端とも節 (2) $2L$ (3) $\frac{v}{2L}$

4-2 n 倍になる

■(1) n 個

■(2) $L = n \frac{\lambda}{2} \rightarrow \lambda_n = \frac{2L}{n}$

■(3) $f_n = \frac{nv}{2L} = n f_1$

基本振動数の整数倍がすべて出せる。

楽器の音色はこの倍音の混じり方で決まる。

答 (1) n 個 (2) $\frac{2L}{n}$ (3) $\frac{nv}{2L}$

4-3 奇数倍だけ

■(1) 閉じた端は空気が動けないので節、

開いた端は自由に動けるので腹。

■(2) 節から腹までは $\frac{\lambda}{4}$

$$L = \frac{\lambda}{4} \rightarrow \lambda = 4L$$

■(3) 節と腹の間に節と腹の組を足していくので

$$L = (2n-1) \frac{\lambda}{4} \rightarrow f = \frac{(2n-1)V}{4L}$$

奇数倍の振動数しか出ないのが閉管の特徴。

答 (1) 閉じた端は節、開いた端は腹 (2) $4L$ (3) $\frac{(2n-1)V}{4L}$

4-4 両端が腹

■(1) 両端とも腹。

■(2) 腹から腹までは $\frac{\lambda}{2}$

$$\lambda = 2L$$

■(3) 開管 $\frac{V}{2L}$ 、閉管 $\frac{V}{4L}$

→ 閉管のほうが1オクターブ低い。

同じ長さでも低い音が出せるのが閉管の利点。

答 (1) 両端とも腹 (2) $2L$ (3) 閉管は開管の半分の振動数

4-5 少しはみ出す

■(1) 共鳴の間隔は $\frac{\lambda}{2}$

■(2) $\lambda = 2(L_2 - L_1)$

■(3) 実際の腹は管口より少し外側にできるから（開口端補正）。

L_1 に補正分を足さないと正しい $\frac{\lambda}{4}$ にならない。

差を取れば補正が消えるので、

実験では必ず2回以上の共鳴位置の差から波長を求める。

答 (1) $\frac{1}{2}$ 倍 (2) $2(L_2 - L_1)$ (3) 開口端補正があるから

設定 5 うなりとドップラー効果

5-1 差を取る

■(1) $f_1 - f_2$

■(2) 2つの振動数が等しいとき。

楽器の調律は、うなりが消えるように合わせている。

答 (1) $f_1 - f_2$ (2) 振動数が等しいとき

5-2 分母が変わる

■(1) $f' = \frac{V}{V - v_s} f$

■(2) 分母が小さくなるので $f' > f \rightarrow$ 高く聞こえる。

■(3) 音源が波を追いかけるので前方で波長が縮む

$$\lambda' = \frac{V - v_s}{f}$$

音源が動くと波長そのものが変わるのがポイント。

答 (1) $\frac{V}{V - v_s} f$ (2) 高く聞こえる (3) 縮む

5-3 分子が変わる

■(1) $f' = \frac{V + v_o}{V} f$

■(2) 変わらない。音源が静止しているので波の形は変わらない。

■(3) 観測者が動く場合は波長は同じで、出会う回数が増えるだけ。

音源が動く場合は波長そのものが変わる。

同じ「高く聞こえる」でも中身が違う。

答 (1) $\frac{V + v_o}{V} f$ (2) 変わらない (3) 波長が変わるかどうか

5-4 向きを決める

■(1) 音源から観測者へ向かう向きを正にそろえる。

■(2) 遠ざかる＝正の向きに動くので 正

(分子が小さくなり、低く聞こえる。正しい。)

■(3) 遠ざかる＝負の向きなので 負

(分母が大きくなり、低く聞こえる。正しい。)

向きを1度決めたら、あとは機械的に代入する。

覚えるのは1本の式と「音源→観測者が正」だけ。

答 (1) 音源から観測者へ向かう向き (2) 正 (3) 負

5-5 2段で使う

■(1) 反射板を観測者とみなす（近づいている）

$$f_1 = \frac{V+u}{V}f$$

■(2) 反射板を振動数 f_1 の音源とみなす（近づいてくる）

$$f_2 = \frac{V}{V-u}f_1 = \frac{V+u}{V-u}f$$

■(3) 元の音との差

$$|f_2 - f| = \frac{2u}{V-u}f$$

反射板は「聞いてから鳴らす」の2段で扱う。

スピード違反の取り締まりはこの原理。

答 (1) $\frac{V+u}{V}f$ (2) $\frac{V+u}{V-u}f$ (3) $\frac{2u}{V-u}f$

設定 6 どの道具を使うか（見分けの総まとめ）

6-1 設定で決める

■(1) 固有振動。両端固定なので $f_1 = \frac{v}{2L}$ 。

■(2) ドップラー効果。近づくとき高く、遠ざかるとき低い。

■(3) うなり。振動数の差だけ音の大きがくり返される。

答 (1) 固有振動 (2) ドップラー (3) うなり

6-2 何が保たれるか

■(1) 波長と速さが変わり、振動数は変わらない。

■(2) 波長が変わる（速さは媒質で決まるので変わらない）。

結果として観測される振動数も変わる。

■(3) 波長も速さも変わらない。

観測者から見た相対的な音速が変わり、振動数だけが変わる。

3つのうちどれが動くかを毎回はっきりさせる。

答 (1) 波長と速さ (2) 波長 (3) どちらも変わらない（振動数だけ）

6-3 共通の手順

$\frac{\lambda}{4}$ がいくつ入るかで数えると統一できる。

■(1) 節－腹－節 なので $\frac{\lambda}{4}$ が2個 : $L = \frac{\lambda}{2}$

■(2) 節－腹 なので $\frac{\lambda}{4}$ が1個 : $L = \frac{\lambda}{4}$

■(3) 腹－節－腹 なので2個 : $L = \frac{\lambda}{2}$

両端の条件を書いて、間に節と腹を交互に並べる。

これなら公式を覚えていなくても出せる。

答 (1) $L = \frac{\lambda}{2}$ (2) $L = \frac{\lambda}{4}$ (3) $L = \frac{\lambda}{2}$

6-4 温度で変わる

■(1) 速くなる ($V = 331.5 + 0.6t$ m/s、 t は摂氏温度)。

■(2) 管の長さは変わらないので波長も変わらない。

$f = \frac{V}{\lambda}$ で V が大きくなるので 高くなる。

管楽器が冷えていると音が低いのはこのため。

答 (1) 速くなる (2) 高くなる

6-5 手順を言う

■(1) 横軸が x か t か。読める量が変わる。

■(2) 腹と節の位置と数。そこから λ が出る。

■(3) 正の向き (音源→観測者)。

決めたら $f' = \frac{V - v_o}{V - v_s} f$ に符号つきで代入するだけ。

この3つを守れば、波動で落とすところはほぼなくなる。

答 (1) 横軸 (2) 腹と節 (3) 正の向き