

物理のこれだけはできないと「やばい」問題集

No.20

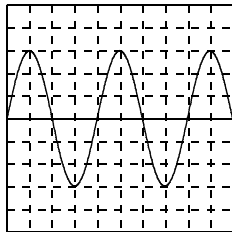
音波編

フツリヨキワメ

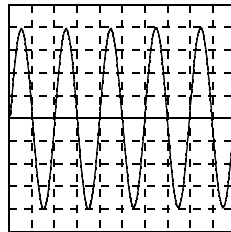
1 次の文章を読み、空欄イ～へに適切な語句を入れよ。また、後の問にも答えよ。

音叉をたたき音を出したとき、水の中に入れると水面が振動することから、音叉が振動していることが分かる。このように、振動して音を出す物体を（イ）という。音が伝わるのは、（イ）の振動が空気中を伝わり耳に届くからである。このように振動を伝える物質を（ロ）という。音波は（ロ）のない真空中では伝わらない。音の特徴は（ハ）と（ニ）、そして、音色で決まるのでこれらを音の3要素という。（ハ）は振動数で決まり、人が聞こえるのは約（ホ）[Hz]から約（ヘ）[Hz]までである。また、（ニ）は振幅、音色は波形で決まる。

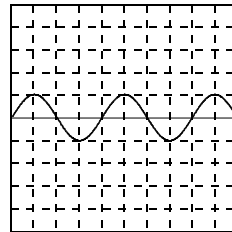
次に、オシロスコープを用いて異なる4つの音1～4（耳で観測できない音も含む）を観測した。以下のグラフがその結果である。このときの横軸は時間を表し、10目盛りで0.01[s]である。



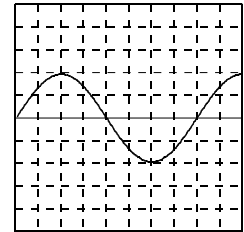
(音1)



(音2)



(音3)



(音4)

- (1) 音1～4を音が大きい順に数字で答えよ。
- (2) 音1～4のなかで、同じ高さになる音を選び、数字で答えよ。
- (3) 音1～4のなかで、もっとも高い音の振動数を選び、振動数も求めよ。

2 次の文章を読み、これを説明する現象名を答えよ。

- (1) 音叉を2つ用意し、片方の音叉をたたき鳴らしたところ、もう一方の音叉が自然に鳴り始めた。
- (2) 振動数がわずかに異なる音叉を2つ用意し、両方の音叉をたたき鳴らしたところ、大きな音と小さな音が周期的に繰り返して聞こえた。
- (3) 山登りの際、隣の山に向かって「ヤッホー」と声をかけると、「ヤッホー」と聞こえた。
- (4) 晴れた日の夜には、遠くからの音がよく聞こえる。
- (5) 教室の外で話している声が、教室の中にも聞こえた。
- (6) 2つの音源から音を出すと、大きく聞こえる場所と小さく聞こえる場所があった。

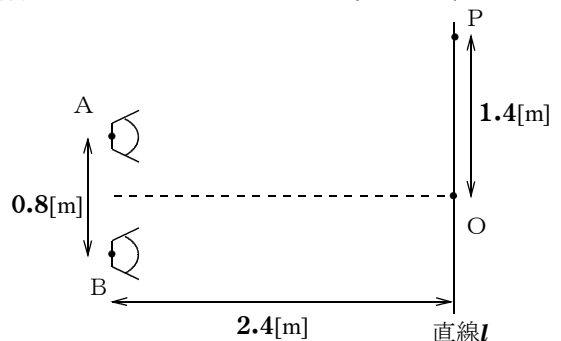
3 次の文章を読み、各問いに答えよ。ただし、答えは有効数字2桁で答えよ。

図のように2つの小さいスピーカーA、Bを間隔0.8[m]離して置き、840[Hz]の音を出した。ABに平行に2.4[m]離れた直線*l*上で音を観測したところ、ABの垂直二等分線と*l*の交点Oで最も大きく聞こえOから離れるにつれ音が小さくなった音が、Oから1.4[m]離れた点Pで再び大きくなった。ただし、壁等からの反射音はないものとする。

- (1) 波長を求めよ。
- (2) 音速を求めよ。

次に、スピーカの振動数を上げていき、点Pで音を聞いたところ、初めは音が小さくなっていき、しばらくすると再び大きくなり音が最大になった。

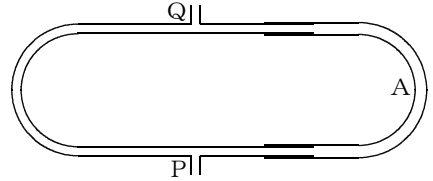
- (3) 最大の音を聞いたときのスピーカの振動数を求めよ。
- (4) (3)の振動数に保ったまま、点Pから点Oと反対向きに進んでいく。大きな音が何回聞こえるか。



4 次の文章を読み、各問いに答えよ。

図のようなクインケ管があり、Aの部分を出し入れすることで長さが変われる。Pから振動数 3000 [Hz] の音を入れてQで音を観測した。Aをゆっくり引き出すとQで聞く音は大きくなったり、小さくなったりした。ただし、音速を 336 [m/s] とする。

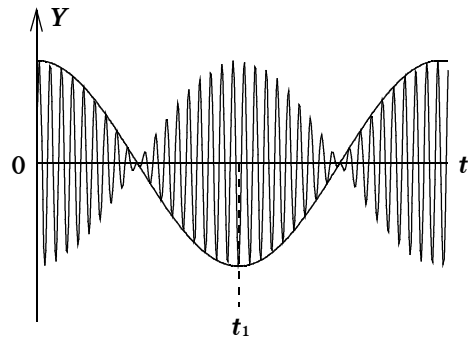
- (1) 波長を求めよ。
- (2) Aをいくら引き出す毎にQで最も小さい音が聞こえるか。



5 次の文章を読み、各問いに答えよ。

振動数がわずかに異なる音源A, Bからそれぞれ振動数 f_1, f_2 [Hz] の音を出している ($f_1 > f_2$)。この2つの音源からの音をA Bの中点Oで聞くと、点Oでの音源A, Bから出る音波の変位がそれぞれ $y_1 = A \sin 2\pi f_1 t$, $y_2 = A \sin 2\pi f_2 t$ で表される。

- (1) 点Oでの合成音の変位 Y を求めよ。
- (2) $\sin(A+B) + \sin(A-B) = 2\sin A \cos B$ を用いて(1)を式変形せよ。
- (3) 右のグラフは(2)のグラフを表したものである。 t_1 を求めよ。

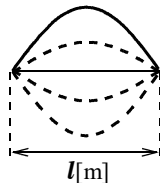


6 次の文章を読み、空欄に適切な式・語句を入れよ。

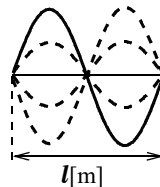
わずかに異なる振動数 f_1, f_2 ($f_1 > f_2$) の音がある。同時にならすと、音が大きくなったり、小さくなったりが周期的に繰り返される。この現象を (1) という。その周期を T とすると、 T を用いて (2) = 1 となるので、単位時間当たりの (1) の回数は (3) である。

7 次の文章を読み、後の問いに答えよ。

長さ l [m] の弦を水平に張り、弦を弾いたところ (図1) のような定常波ができた。(図1) より、この定常波の波長は (1) と分かる。弦を伝わる横波の速さを v [m] とおくと、振動数 f_1 は (2) である。このときの振動を基本振動、生じる音を基本音といい、弦にできた定常波の振動数を (3) という。次に (図2) のような定常波ができたときを考える。この定常波の波長は (4)、振動数 f_2 は (5) $\times f_1$ となる。同様に考えていくと、弦の取り得る振動 f_m は m を整数として (6) となる。



(図1)

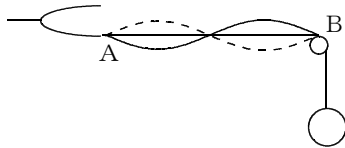


(図2)

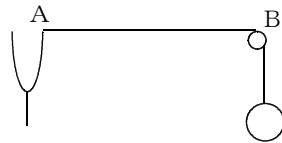
8 次の文章を読み、各問いに答えよ。

(図1)のように、弦の線密度 ρ [kg/m] の弦の一端を電磁音叉の一端Aに付け、滑車Bを経て他端に質量 m [kg] のおもりをつるす。重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、糸と滑車との間には摩擦はないものとする。

- (1) 弦を伝わる波の速さを求めよ。ただし、線密度 ρ [kg/m]、張力 S [N] を用いて $\sqrt{\frac{S}{\rho}}$ と表せる。
- (2) $AB = l$ [m] にすると、A B は2区に分かれて大きく振動した。
 (ア) 弦を伝わる波の波長を求めよ。
 (イ) 電磁音叉の振動数を求めよ。
- (3) 次に(図2)のように、電磁音叉を鉛直にした。このときの弦を伝わる波の波長を求めよ。また、このときの弦の振動は何倍振動か。
- (4) (3)で、(図1)と同じ振動にするにはおもりの質量をいくらにすればよいか。



(図1)



(図2)

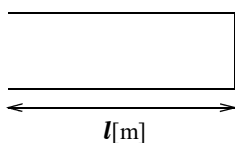
9 次の文章を読み、各問いに答えよ。

S I 単位系の基本的物理量には長さ L (Length)、質量 M (Mass)、時間 T (Time) などがある。物理量はこの基本的物理量を用いて $L^x M^y T^z$ の形に表される。この構成関係を次元という。たとえば、速度の次元は $[LT^{-1}]$ で表せる。

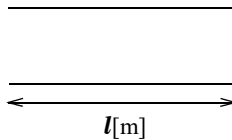
- (1) 加速度の次元を表せ。
- (2) 力の次元を表せ。
- (3) 弦の振動を伝わる速さは線密度 ρ [kg/m]、張力 S [N] を用いて $\rho^x S^y$ と表せる。 x, y を求めよ。

10 次の文章を読み、空欄に適切な式・語句・図を入れよ。

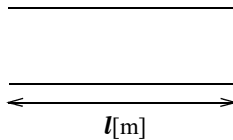
図のような長さ l [m] の閉管に息を吹き込むと音が聞こえた。閉管内の気柱の振動について調べる。閉管内では、入射波と反射波が合成され定常波ができています。閉端では固定端反射するので定常波の(1)が、開口付近では自由端反射するので定常波の(2)ができています。波長が最も長い定常波は(3)のようになり、波長は(4)となる。ただし、開口端補正を Δl [m] とする。また、音速を V [m/s] とおくと、振動数 $f_1 =$ (5) と求まる。次に波長が長い定常波は(6)のようになり、これから波長は(7)となる。また、振動数は(8) $\times f_1$ となる。



(3) の解答欄



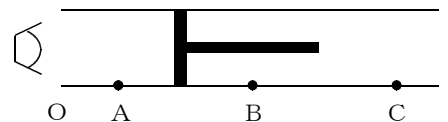
(6) の解答欄



11 次の文章を読み、各問いに答えよ。

長いガラス管に柄のついた栓をはめ込み、開口端Oのすぐそばにスピーカーを置いて振動数 450 [Hz] の音を出しながら、栓を開口端から遠ざけていくとA, B, Cの位置で管内の気柱が共鳴した。ただし、 $OA = 17.5$ [cm]、 $OB = 55.5$ [cm] である。

- (1) この音波の波長を求めよ。
- (2) 開口端補正を求めよ。
- (3) OC を求めよ。
- (4) 音速を求めよ。
- (5) 気柱内の温度を求めよ。ただし、温度 t [°C] での音速は $331 + 0.6t$ で表される。
- (6) Bの位置に栓を固定しスピーカーの振動数を上げた。次に共鳴するのは何 [Hz] のときか。

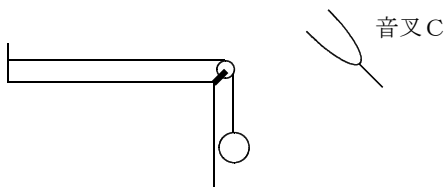


12 次の文章を読み、各問いに答えよ。

振動数 $440[\text{Hz}]$ の音叉Aと振動数の分からない音叉Bを同時に鳴らしたところ、毎秒 5 回のうなりが聞こえた。

図のように、線密度 $\rho[\text{kg/m}]$ 、振動部分の長さ $l[\text{m}]$ の弦の一端に質量 $m[\text{kg}]$ のおもりDを固定し、他端を壁に固定した。音叉Cを鳴らすと同時に弦をはじいたところ、弦には基本振動が生じ、うなりが毎秒 n 回聞こえた。おもりDの質量を少しずつ増やしていくとうなりの振動数は減少し、おもりDの質量が $m'[\text{hg}]$ のとき（これをおもりEとする）、弦には基本振動が生じ、うなりが $n' (<n)$ 回聞こえた。ただし、重力加速度を $g[\text{m/s}^2]$ とする。

- (1) 音叉Bの振動数を求めよ。
- (2) 弦の振動を伝える速さを求めよ。
- (3) おもりEの質量を求めよ。



13 次の文章を読み、空欄に適切な式・語句を入れよ。

振動数 $f_0[\text{Hz}]$ の音を出す音叉がある。この音叉は周期 $T[\text{s}]$ 間に (1) 個の波を発生する。この分だけ波は進んでいくので音速を $V[\text{m/s}]$ とすると、波長 $\lambda =$ (2) となる。

次に、音叉を一定の速さ $v[\text{m/s}]$ で運動させ、時刻 $0[\text{s}]$ で音を鳴らし始めた。時刻 $0[\text{s}]$ での音叉の位置を点Oとすると、 $T[\text{s}]$ 後には音波の先頭と音叉は点Oからそれぞれ (3)、(4) $[\text{m}]$ 進んだ点Pと点Qにある。この間に (5) 個の波があるので、波長 $\lambda' =$ (6) と求まる。静止している観測者がこの音を開くと振動数 $f_1[\text{Hz}]$ は (7) となる。

次に、音叉を点Oで固定し、観測者が一定の速さ $v'[\text{m/s}]$ で音叉から遠ざかった。時刻 $t[\text{s}]$ で観測者が音叉から出る音を聞き始めたとし、そのときの観測者の位置を点Rとする。時刻 $t+T[\text{s}]$ には音波の先頭と観測者は点Rからそれぞれ (8)、(9) $[\text{m}]$ 進んだ点Sと点Tにある。観測者の聞いた音の振動数を $f_2[\text{Hz}]$ とおくと、この間の波が (10) 個となることから (8) - (9) = (10) $\times \lambda$ となる。したがって、 v' 、 V 、 f を使って、 $f_2 =$ (11) となる。

最後に、音叉を一定の速さ $v[\text{m/s}]$ で運動させ、観測者が音叉の運動と同じ向きに一定の速さ $v'[\text{m/s}]$ で音叉から遠ざかった。観測者の聞く音の振動数 $f_3[\text{Hz}]$ は v' 、 V 、 λ' を使うと (12) となり、 v 、 v' 、 V 、 f を使うと (13) となる。

14 次の文章を読み、各問いに答えよ。

救急車が静止したまま警笛を鳴らしている。自転車に乗って一定の速さでそばを通り過ぎた人が聞いた警笛の振動数は、通過前が $700[\text{Hz}]$ 、通過後が $660[\text{Hz}]$ であった。音速を $340[\text{m/s}]$ とする。

- (1) 警笛の振動数はいくらか。
- (2) 人の速さはいくらか。

15 次の文章を読み、各問いに答えよ。

海岸に向かって一定の速さで進む船が振動数 $660[\text{Hz}]$ の警笛を鳴らしている。その警笛を海岸の観測者が聞くと振動数は $680[\text{Hz}]$ であった。音速を $340[\text{m/s}]$ とする。

- (1) 船の速さを求めよ。
- (2) 観測者が船と同じ方向に $10[\text{m/s}]$ で進んでいる場合に聞く振動数を求めよ。

16 次の文章を読み、各問いに答えよ。

速さ 20[m/s] で点 P に向かっている音源から、音速 340[m/s] 、振動数 500[Hz] の音波が出ている。

- (1) 点 P に達する音波の波長と、点 P で観測される音の振動数を求めよ。
- (2) 音源に対して点 P と反対側にある点 Q に達する音波の波長と振動数を求めよ。

17 次の文章を読み、各問いに答えよ。

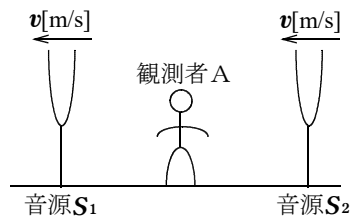
振動数 $f\text{[Hz]}$ の音源 S があり、右向きに速さ $v\text{[m/s]}$ で進んでいる。このとき、音源の右側には観測者 A、左側には観測者 B がいる。ただし、S、A、B は同一直線上にあり、音速を $V\text{[m/s]}$ とする。

- (1) 観測者 A、B が聞く振動数を求めよ。
- (2) 風が右向きに $w\text{[m/s]}$ で吹いている場合、観測者 A、B が聞く振動数を求めよ。

18 次の文章を読み、各問いに答えよ。

図のように、音源 S_1 が左向きに $v\text{[m/s]}$ の速さで動き、音源 S_2 は左向きに $v\text{[m/s]}$ の速さで動いている。観測者 A は音源と音源の間におり、音源はともに音速が $V\text{[m/s]}$ 、振動数が $f\text{[Hz]}$ である。

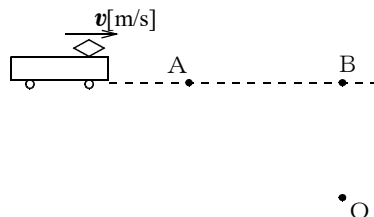
- (1) 観測者 A の聞く音の波長をそれぞれ求めよ。
- (2) 観測者 A は 1[s] 間に何回のうなりを聞くか。



19 次の文章を読み、各問いに答えよ。

汽車が一定の速さ $v\text{[m/s]}$ で直線 AB 上を走っている。汽車が点 A を通過したときに発した音を、直線 AB から離れた汽車より前方の点 O に立っている観測者がこの音を聞いた。音速を $V\text{[m/s]}$ 、 $\angle OAB = \theta$ とする。

- (1) 観測者が聞く振動数を求めよ。



20 次の文章を読み、各問いに答えよ。

振動数 $f\text{[Hz]}$ の音源 S と観測者 A が静止している。音源 S と観測者 A の右側から、反射板 B が一定の速さで近づいてきている。ただし、S、A、B は同一直線上にあり、音速を $V\text{[m/s]}$ とする。

- (1) 反射板 B の速さを $v\text{[m/s]}$ として、反射板上の観測者が聞く振動数を求めよ。
- (2) 反射板 B の速さを $v\text{[m/s]}$ として、観測者 A が聞く反射音の振動数を求めよ。
- (3) 観測者 A が聞くうなりは毎秒 n 回であった。反射板の速さ v を f 、 V 、 n を用いて表せ。

【チャレンジ問題】

21 次の文章を読み、空欄に適切な式・語句を入れよ。

振動数 f_0 [Hz] の音を出す音叉と観測者が L [m] 離れて位置している。この時刻を 0 [s] とする。ただし、音速を V [m/s] とする。

音叉が観測者に向かって速さ v [m/s] で進んでいる。

- (1) 時刻 0 [s] に音叉が出した音が観測者に到達する時刻を求めよ。
- (2) 時刻 t [s] に音叉が出した音が観測者に到達する時刻を求めよ。
- (3) 観測者が聞く音の振動数を求めよ。

同じ音叉が静止していて、観測者が一定の速さ v' [m/s] で遠ざかっている。

- (4) 時刻 0 [s] に音叉が出した音が観測者に到達する時刻を求めよ。
- (5) 時刻 t [s] に音叉が出した音が観測者に到達する時刻を求めよ。
- (6) 観測者が聞く音の振動数を求めよ。

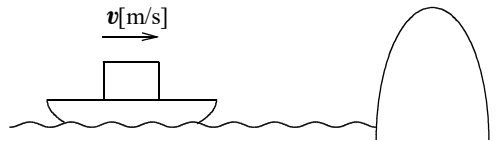
同じ音叉が一定の速さ v [m/s] で観測者に向かって進み、観測者が一定の速さ v' [m/s] で音叉から遠ざかっている。

- (7) 時刻 0 [s] に音叉が出した音が観測者に到達する時刻を求めよ。
- (8) 時刻 t [s] に音叉が出した音が観測者に到達する時刻を求めよ。
- (9) 観測者が聞く音の振動数を求めよ。

22 次の文章を読み、各問いに答えよ。

岩壁に向かって速さ v [m/s] で進んでいる船がある。その船から t [s] 間だけ f [Hz] の警笛を鳴らした。音速を V [m/s] とする。

- (1) 警笛を t [s] 間鳴らした時に発生した波の個数を求めよ。
- (2) 船上の人が反射音を聞いていた時間を求めよ。
- (3) 船上の人が聞く反射音の振動数を求めよ。



23 次の文章を読み、各問いに答えよ。

汽車が一定の速さ v [m/s] で直線 AB 上を走っている ($AB = a$ [m])。汽車が点 A を通過したとき (時刻 0 [s]) に、 t [s] 間だけ振動数 f [Hz] の汽笛をならし、点 B から直線 AB に垂直に b [m] 離れた点 O にいる観測者がこの音を聞いた。音速を V [m/s] とする。ただし、 t は非常に小さく、 t の 2 乗の項は無視してよい。また、 1 に比べて十分小さい x について $(1+x)^n \approx 1+nx$ が成り立つことを用いても構わない。

- (1) 点 A で発した汽笛を観測者が聞く時刻を求めよ。
- (2) 時刻 t [s] に発した汽笛を観測者が聞く時刻を求めよ。
- (3) $\angle OAB = \theta$ として、これ等を用いて観測者が汽笛を聞いていた時間を表せ。
- (4) 観測者が聞く振動数を求めよ。

