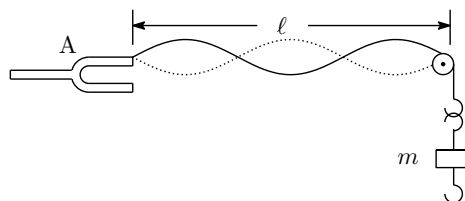


音

番 氏名

- 1 音さ A に減の左端を固定し、水平に移動することのできる滑車を通して右端におもりをつるし、弦の長さを変えられるようにした装置がある。弦の線密度を ρ 、おもりの質量を m とし、重力加速度の大きさを g とする。



いま、弦の長さを l とし、音さを振動させると、図のように腹が3個ある定在波を生じた。これから音さの振動数 f は **ア** と分かる。次に、おもりの下にもう一つ、質量 M のおもりを下げたら、同じ音さによって今度はちょうど腹が2個の定在波ができた。これから M は m の **イ** 倍である。

今度は A とほんの少し振動数の違う別の音さ B をとりつけて、図と同じく質量 m のおもりで実験した。このとき、同じく腹が3個の定在波を作るためには、滑車を動かして弦の長さを少しだけ長くしなければならなかった。そして、音さ A, B を同時に鳴らすと毎秒 n 回のうなりが聞こえた。これから B の振動数は f , n を用いて **ウ** と表される。また弦の長さは、弦を伝わる波の速さ v , l , n を用いて **エ** だけ長くされたことが分かる。

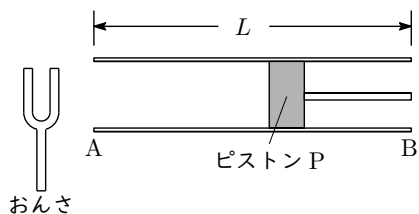
2 ガラス管 AB 中にピストン P を挿入し、開口部 A の近くで音を振動させる。音速を 340 m/s とし、開口端補正は無視できるものとする。

(1) P を A から B に向けてゆっくりと移動したところ、A からの距離が 20.0 cm のところで最初の共鳴が起こった。音の振動数 $f[\text{Hz}]$ を求めよ。

(2) P をさらに右に移動したところ、A からある距離になったときに次の共鳴が起こった。その位置は A から何 cm のところか。

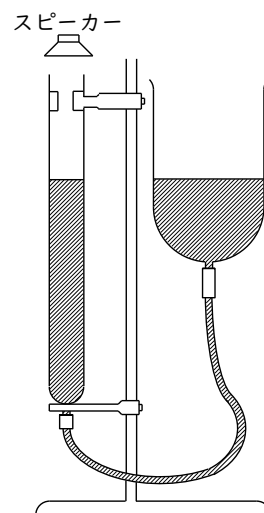
(3) P をさらに右に移動したところ B の位置までずっと共鳴が起こらなかったが、P をガラス管から取り外したところ、ちょうど共鳴が起こった。このガラス管の長さ $L[\text{cm}]$ を求めよ。また、このときの管内の定在波の様子を図に示せ。

(4) P を取り外したまま、振動数のより小さい音を用い、共鳴を起こしたい。その振動数 $f'[\text{Hz}]$ を求めよ。



3 ガラス管の管口の真上に取り付けたスピーカーから振動数 $f = 423 \text{ Hz}$ の音を出しておき、ガラス管を満たした水の面をゆっくり下げていったところ、水面が管口から $\ell_1 = 18.9 \text{ cm}$ のとき初めて音が大きく聞こえた。さらに水面を下げていくと、音はいったん小さくなり、管口から $\ell_2 = 59.1 \text{ cm}$ のときに再び大きく聞こえた。開口端補正は音の振動数などによって変わらないものとする。

- (1) 音波の波長 λ は何 cm か。音速 V は何 m/s か。また、開口端補正 $\Delta \ell$ は何 cm か。
- (2) $\ell_2 = 59.1 \text{ cm}$ のとき、管内において、次の位置を管口からの距離で答えよ。
 - ア. 空気の振動の振幅がとくに大きい位置
 - イ. 空気の密度の変動がとくに大きい位置
- (3) もしも、気温を上げて同じ実験をすると、 ℓ_1 , ℓ_2 の値は増すか、減るか、それとも変化しないか。
- (4) $\ell_2 = 59.1 \text{ cm}$ に保ったまま、スピーカーの音の振動数を 423 Hz からしだいに増していくと、音はいったん小さくなり、再び大きく聞こえた。このときの振動数は何 Hz か。



- 4 (1) ある時、音源から出た音の波面 H が、静止している人に向かう。音速を V とし、音源が近づく速さを $v(< V)$ とすると、時間 t 後の音源と波面 H との距離は **ア** である。音源の振動数を f_0 とすると、この距離の間に **イ** 個の波が入っているので、音波の波長は **ウ** となる。その結果、人には振動数が **エ** の音として聞こえる。
- (2) 静止している音源に向かって人が速さ $u(< V)$ で近づいていくときにも類似の現象が起こる。このとき、単位時間に人は **オ** の距離の間に含まれる音波が到達するから、人は振動数 **カ** の音として聞く。
- (3) 音源が速さ v で、人が速さ u で互いに近づくときには、人には振動数 **キ** の音が聞こえる。
- (4) 一定の速さ $w(< V)$ の風が吹いているとする。風と同じ向きに音源が v で進むとき、前方で静止している人には振動数 **ク** の音が聞こえる。

- 5 静かな水面に、細い針金の先端につけた小球 P をふれさせ、水面波を発生させる。図は、小球 P を毎秒 5 回水面にふれさせながら x 軸の正の方向に一定の速さ v で移動させたとき、発生した水面波をある時刻に観測したものである。図の実線は水面波の山の位置を表している。答えは解答群から選べ。

(1) 水面波の伝わる速さ V は何 cm/s か。

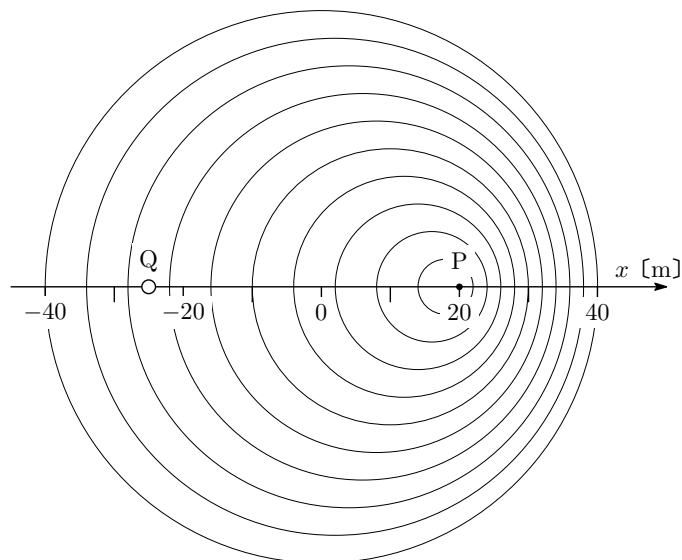
- ① 5 ② 10 ③ 15 ④ 20
⑤ 25 ⑥ 30 ⑦ 35 ⑧ 40

(2) 小球 P の速さ v は何 cm/s か。

- ① 2.5 ② 5.0 ③ 7.5 ④ 10
⑤ 12.5 ⑥ 15 ⑦ 17.5 ⑧ 20

(3) 図の Q の位置で観測される水面波の振動数 f は何 Hz か。

- ① $\frac{5}{3}$ ② $\frac{10}{3}$ ③ 5 ④ $\frac{20}{3}$
⑤ 10 ⑥ 15



6 岩壁に向かって一定の速さで進む船が、振動数 840 Hz の汽笛を鳴らした。船上の人は鳴らし始めてから 2 秒 後に反射音を聞き、その振動数は 20 Hz ずれていた。音速を 340 m/s とする。

(1) 船の速さはいくらか。

(2) 音を発射したときの船の位置は、岩壁から何 m 離れていたか。

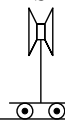
(3) 汽笛を鳴らした時間が 10 s 間のとき、船上では反射音は何 s 間聞こえるか。

- 7 静止している観測者，振動数 f_0 [Hz] の音を発する音源 S，音を反射する壁が図のように一直線上に並んでおり，壁はこの直線に対して垂直に置かれている。S と壁はその直線上を移動できるものとする。音速を V [m/s] とする。

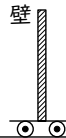
観測者



S



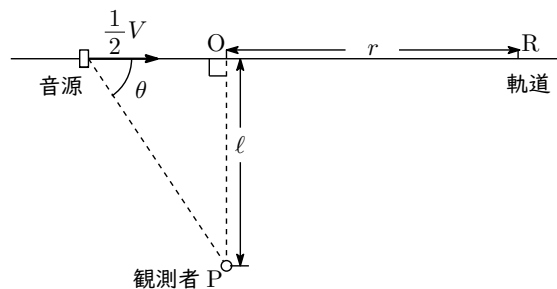
壁



- (1) 壁は固定して，音源 S を左へ速さ v [m/s] で動かす場合，
- ア. S から観測者に直接到達する音の振動数はいくらか。
 - イ. 壁で反射して観測者に到達する音の振動数はいくらか。
 - ウ. 観測者には 1 秒間に n_1 回のうなりが聞こえた。S の速さ v はいくらか。
- (2) 音源 S を固定して，壁を左へ速さ u [m/s] で動かす場合，
- ア. 壁で反射して観測者に到達する音の振動数はいくらか。
 - イ. 観測者には 1 秒間に n_2 回のうなりが聞こえた。壁の速さ u はいくらか。

8 点 P の位置に静止している観測者の前を、振動数 f_0 の音波を発する音源を備えた超高速列車が直線軌道を音速 V の半分の速さ $\frac{1}{2}V$ で通過していく。点 P から軌道までの距離を ℓ とする。

- (1) 観測者が聞く音の高さはどのように変化するか。10 字以内で簡潔に述べよ。
- (2) 音源が $\theta = 60^\circ$ の地点で発した音波を観測者が観測するときの振動数を f_0 を用いて表せ。
- (3) 音源が観測者の正面の点 O で発した音波を観測者が受けた瞬間に、観測者はその受けた音波と同じ振動数 f の音波を送り返した。 f を f_0 を用いて表せ。
- (4) 観測者が送った音波は、音源が点 O から距離 r だけ離れた点 R に達したときに音源に届いた。 r を ℓ で表せ。
- (5) 観測者が送った音波を、移動する列車上の音源の位置に置かれた測定器により、点 R を通過するときに観測したところ、その振動数は f' であった。 f' を f を用いて表せ。



9 自動車に振動数 f_0 [Hz] のサイレンを乗せ、点 O を中心とする半径 r [m] の円周上を、一定の速さ v [m/s] で左まわりに走らせた。円の外側の点 P に人が立ち、この音を聞くこととし、音速を V [m/s] とする。

(1) 図の円周上で、最大振動数 f_H [Hz] の音が発せられた点に A を、振動数 f_0 [Hz] の音が発せられた点に B を、最小振動数 f_L [Hz] の音が発せられた点に C を、それぞれ記入せよ。

(2) v と f_0 を、 f_H , f_L , V を用いてそれぞれ表せ。

(3) $f_H = 525$ [Hz], $f_L = 495$ [Hz], $V = 340$ [m/s] であるとき、525 Hz の音を聞く周期が 9.42 s であった。 v と r はいくらか。

(4) (3) において、距離 OP が $2r$ [m] に等しいとき、

ア. f_H [Hz] の音を聞いて、次に f_L [Hz] の音を聞くまでには、どれだけの時間がかかるか。

イ. f_0 [Hz] の音を聞いて、次に f_L [Hz] の音を聞き、再び f_0 [Hz] の音を聞くまでには、どれだけの時間がかかるか。

