世界史B，日本史B，地理B，政治・経済
物理，化学，生物　問題

はじめに，これを読みなさい。

1. この問題冊子は127ページある。ただし，**ページ番号のない白紙はページ数に含まない**。各科目のページ数は以下のとおりである。必要な科目を選択して解答すること。

世界史B	1ページから18ページ
日本史B	19ページから31ページ
地理B	32ページから57ページ
政治・経済	58ページから74ページ
物理	75ページから90ページ
化学	91ページから106ページ
生物	107ページから127ページ

2. 解答用紙に印刷されている受験番号が正しいかどうか，受験票と照合して，確認すること。
3. 問題文の中で，国名，地域名，企業名については略称，通称も用いている。
4. 監督者の指示にしたがい，解答用紙の氏名欄に氏名を記入すること。次に「解答科目マーク欄」にマークし，「解答科目名記入欄」に解答する科目名を記入すること。マークされていない場合，または複数の科目にマークされている場合は，0点とする。
5. 解答は，すべて解答用紙の解答欄にマークすること。所定欄以外のところには何も記入しないこと。
6. 1つの解答欄に，2つ以上マークしないこと。
7. 解答は，必ず鉛筆またはシャープペンシル(いずれもHB・黒)で記入のこと。
8. 訂正する場合は，消しゴムできれいに消し，消しくずを残さないこと。
9. 解答用紙は，絶対に汚したり折り曲げたりしないこと。
10. **解答用紙はすべて回収するので**，持ち帰らず，必ず提出すること。ただし，この問題冊子は，必ず持ち帰ること。
11. 試験時間は，60分である。
12. マーク記入例

良い例	悪い例

物　　　　理

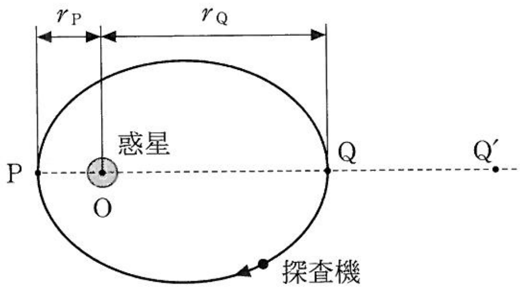
（解答番号　1 ～19）

物理の問題は全部で３題あります。

すべての問題を解答しなさい。

〔Ⅰ〕 次の文中の $\boxed{\quad 1 \quad}$ から $\boxed{\quad 6 \quad}$ に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び，解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。

質量 m_0 の小物体を搭載し，その小物体を含む全質量が m の惑星探査機がある。この探査機が，図のように質量 M の惑星の中心（O 点）を一つの焦点とする楕(だ)円軌道を運行している。楕(だ)円軌道とその長軸との交点のうち，惑星に近い点をP，遠い点をQとして，O 点からP点までの距離を $r_{\rm P}$，Q点までの距離を $r_{\rm Q}$ とする。探査機がP，Q点を通過するときのO点から見た速さは，それぞれ，$v_{\rm P}$，$v_{\rm Q}$ である。なお，万有引力定数を G とし，他の天体の影響は考えなくてよい。また，質量 M は m に比べて十分に大きく，惑星は動かないものとする。



(1) 惑星との万有引力によって探査機がもつ位置エネルギーは，探査機がP点に来たときは $\boxed{\quad 1 \quad}$ である。ただし，位置エネルギーは無限遠で0とする。このエネルギーと探査機がP点でもつ運動エネルギーとの和がP点にお

ける探査機の力学的エネルギーである。また，探査機とO点を結ぶ線分が単位時間に描く面積(面積速度)SはP点では$S=\frac{1}{2}r_Pv_P$である。Q点においてもP点と同様に力学的エネルギーと面積速度を考えることができる。探査機は惑星からの万有引力しか受けていないので，力学的エネルギーと面積速度Sはともに一定である。このことよりv_PをSとr_Pで表し，v_QをSとr_Qで表して力学的エネルギー保存則を使えば，SをG，M，r_P，r_Qで表すことができる。その結果は，$S=$ $\boxed{\ 2\ }$ となる。

(2) 楕円の面積はπabである。ここでaは楕円の半長軸で$a=\frac{1}{2}(r_P+r_Q)$，bは半短軸で$b=\sqrt{r_Pr_Q}$である。探査機が惑星の周りを一周する時間Tを面積速度Sを使って求めてG，M，r_P，r_Qで表すならば，$T=$ $\boxed{\ 3\ }$ となる。

(3) 楕円軌道を周回していた探査機がP点に来た瞬間に，搭載していた質量m_0の小物体を探査機の運動方向と逆向きに打ち出した。打ち出した直後の探査機の速さは，O点から見てv'_Pとなった。また，打ち出した直後の小物体の速さは，探査機から見てv_0であった。v'_Pをv_P，v_0，m，m_0を用いて表すと，$v'_P=$ $\boxed{\ 4\ }$ で与えられる。

(4) (3)の結果，探査機の速さv'_Pがv_Pのk倍になったとする。このとき探査機の面積速度S'は$S'=kS$となる。これ以後，探査機と小物体の間の万有引力は無視でき，探査機は惑星からの万有引力のみを受けて運動するものとする。探査機の軌道が再びO点を一つの焦点とする楕円軌道になる場合，今回の軌道上で惑星から一番遠い点Q′は，線分$\overline{\mathrm{OQ}}$の延長線上にある。このQ′点と惑星の中心Oとの距離$r_{Q'}$を，$S=$ $\boxed{\ 2\ }$ の式を使って求め，それをk，r_P，r_Qで表すと$r_{Q'}=$ $\boxed{\ 5\ }$ で与えられる。

kの値が大きくなって $\boxed{\ 6\ }$ になると$r_{Q'}$は無限大となり，このとき探査機は無限遠に飛び去ってしまう。

$\boxed{\ 1\ }$ の解答群

Ⓐ $G\frac{mM}{2r_P}$　Ⓑ $G\frac{mM}{r_P}$　Ⓒ $G\frac{mM}{2r^2_P}$　Ⓓ $G\frac{mM}{r^2_P}$

Ⓔ $-G\frac{mM}{2r_P}$　Ⓕ $-G\frac{mM}{r_P}$　Ⓖ $-G\frac{mM}{2r^2_P}$　Ⓗ $-G\frac{mM}{r^2_P}$

$\boxed{\quad 2 \quad}$ の解答群

Ⓐ $\sqrt{\dfrac{GM}{2}}\sqrt{\dfrac{r_P r_Q}{r_P + r_Q}}$

Ⓑ $\sqrt{2GM}\sqrt{\dfrac{r_P r_Q}{r_P + r_Q}}$

Ⓒ $2\sqrt{2GM}\sqrt{\dfrac{r_P r_Q}{r_P + r_Q}}$

Ⓓ $\sqrt{\dfrac{GM}{2}}\sqrt{\dfrac{r_P + r_Q}{r_P r_Q}}$

Ⓔ $\sqrt{2GM}\sqrt{\dfrac{r_P + r_Q}{r_P r_Q}}$

Ⓕ $2\sqrt{2GM}\sqrt{\dfrac{r_P + r_Q}{r_P r_Q}}$

$\boxed{\quad 3 \quad}$ の解答群

Ⓐ $\dfrac{\pi}{\sqrt{GM}} r_P r_Q (r_P + r_Q)^{\frac{1}{2}}$

Ⓑ $\dfrac{\pi}{\sqrt{2GM}} r_P r_Q (r_P + r_Q)^{\frac{1}{2}}$

Ⓒ $\dfrac{\pi}{2\sqrt{GM}} r_P r_Q (r_P + r_Q)^{\frac{1}{2}}$

Ⓓ $\dfrac{\pi}{\sqrt{GM}} (r_P + r_Q)^{\frac{2}{3}}$

Ⓔ $\dfrac{\pi}{\sqrt{2GM}} (r_P + r_Q)^{\frac{2}{3}}$

Ⓕ $\dfrac{\pi}{2\sqrt{GM}} (r_P + r_Q)^{\frac{2}{3}}$

Ⓖ $\dfrac{\pi}{\sqrt{GM}} (r_P + r_Q)^{\frac{3}{2}}$

Ⓗ $\dfrac{\pi}{\sqrt{2GM}} (r_P + r_Q)^{\frac{3}{2}}$

Ⓘ $\dfrac{\pi}{2\sqrt{GM}} (r_P + r_Q)^{\frac{3}{2}}$

$\boxed{\quad 4 \quad}$ の解答群

Ⓐ $\dfrac{mv_P + m_0 v_0}{m + m_0}$

Ⓑ $\dfrac{mv_P - m_0 v_0}{m + m_0}$

Ⓒ $\dfrac{mv_P + m_0 v_0}{m - m_0}$

Ⓓ $\dfrac{mv_P - m_0 v_0}{m - m_0}$

Ⓔ $\dfrac{mv_P + m_0 (v_P - v_0)}{m + m_0}$

Ⓕ $\dfrac{mv_P - m_0 (v_P - v_0)}{m + m_0}$

Ⓖ $\dfrac{mv_P + m_0 (v_0 - v_P)}{m - m_0}$

Ⓗ $\dfrac{mv_P - m_0 (v_0 - v_P)}{m - m_0}$

Ⓘ $\dfrac{mv_P + m_0 v_0}{m}$

Ⓙ $\dfrac{mv_P - m_0 v_0}{m}$

$\boxed{\quad 5 \quad}$ の解答群

Ⓐ $\dfrac{r_P r_Q}{k^2 r_P + (k^2 - 1) r_Q}$

Ⓑ $\dfrac{r_P r_Q}{k^2 r_P - (k^2 - 1) r_Q}$

Ⓒ $\dfrac{k^2 r_P r_Q}{r_P + (k^2 - 1) r_Q}$

Ⓓ $\dfrac{k^2 r_P r_Q}{r_P - (k^2 - 1) r_Q}$

Ⓔ $\dfrac{k^2 r_P r_Q}{k^2 r_P + (k^2 - 1) r_Q}$

Ⓕ $\dfrac{k^2 r_P r_Q}{k^2 r_P - (k^2 - 1) r_Q}$

$\boxed{\quad 6 \quad}$ の解答群

Ⓐ $\sqrt{\dfrac{r_P}{r_P + r_Q}}$

Ⓑ $\sqrt{\dfrac{r_Q}{r_P + r_Q}}$

Ⓒ $\sqrt{\dfrac{r_P}{r_Q - r_P}}$

Ⓓ $\sqrt{\dfrac{r_Q}{r_Q - r_P}}$

Ⓔ $\sqrt{\dfrac{r_P + r_Q}{r_P}}$

Ⓕ $\sqrt{\dfrac{r_P + r_Q}{r_Q}}$

Ⓖ $\sqrt{\dfrac{r_Q - r_P}{r_P}}$

Ⓗ $\sqrt{\dfrac{r_Q - r_P}{r_Q}}$

〔II〕 次の文中の $\boxed{\quad 7 \quad}$ から $\boxed{\quad 12 \quad}$ に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び，解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。

1. 図1のように，磁石を周期的に往復運動させて，N極をコイルに近づけたり遠ざけたりする。このとき，コイルには交流起電力が発生し，これを内部抵抗が十分に大きなオシロスコープで観測した。得られた交流を直流に変換すれば，さまざまな機器の直流電源として使うことができる。ただし，磁石の往復運動の間，磁石とコイルの中心軸は常に一致しており，往復運動の振幅と周期は一定とする。

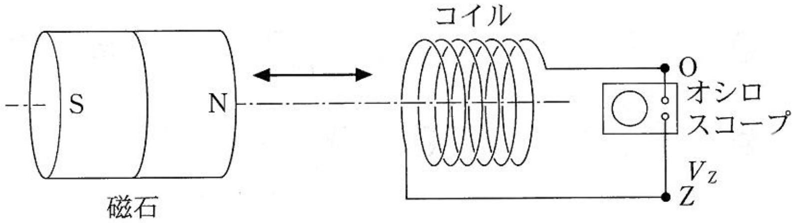


図1

(1) 時刻 $t=0$ にコイルから最も遠い点にあった磁石を，時刻 $t=\dfrac{T}{2}$ にコイルに最も近づけた後，時刻 $t=T$ にコイルから最も遠い点に戻した。このとき，図1のO点を基準としたZ点の電位 V_Z は，時間とともに図 $\boxed{\quad 7 \quad}$ のように変化した。

(2) 交流を直流に変換するための最初の段階として，図2に示すような電気回路を使うことができる。交流電源は，図2のO点を基準としたP点の電位が，時間 t に関して $V_P(t)=V_0\sin\left(\dfrac{2\pi t}{T}\right)$ となる電圧を発生するとしよう。$V_P(t)$ のグラフを図3に示した。図2の中の「整流素子」はスイッチの作用をし，P点からQ点に向かっては電流が抵抗なく流れるが，その逆向きには電流が流れない。図2に示したO点を基準としたQ点の電位 V_Q は，時間とともに図 $\boxed{\quad 8 \quad}$ のように変化する。

(3) 交流を直流に変換するための次の段階で，図4に示すような電気回路を使うことができる。ただし，電流計には内部抵抗はないものとする。この回路

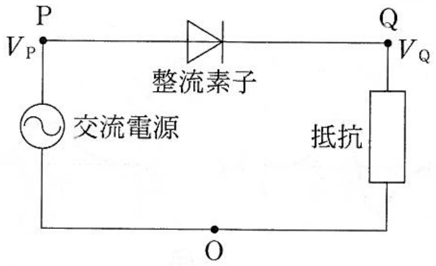


図 2

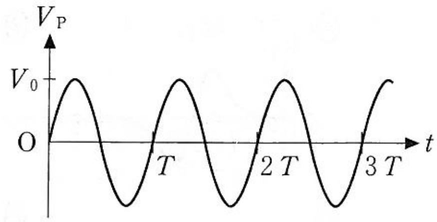


図 3

の動作原理を理解するために，電源には，O 点を基準とした A 点の電位 V_A が，図 5 のグラフに示した繰り返しの変化をするように電圧を発生させた。すると，コンデンサーは充電と放電を繰り返したが，抵抗があるために充電，放電には有限の時間がかかった。このとき，図 4 の O 点を基準とした B 点の電位 V_B は，時間とともに図 $\boxed{9}$ のように変化した。また，電流計に流れる電流 I は，時間とともに図 $\boxed{10}$ のように変化した。ただし，電流の正の向きは図 4 の矢印の向きとする。

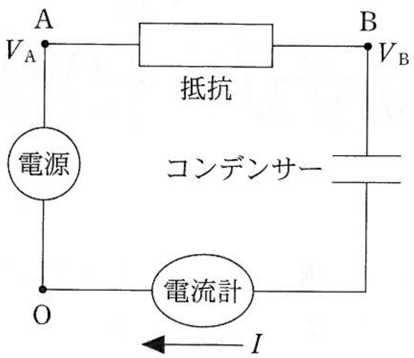


図 4

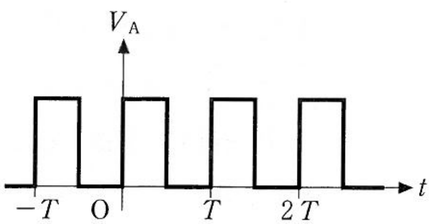
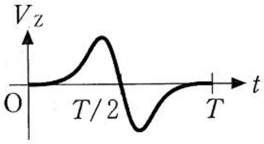
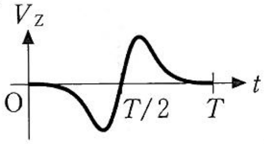
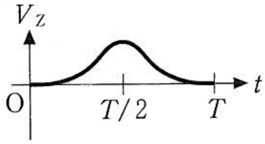


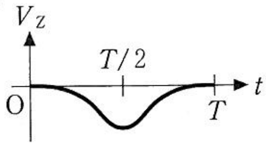
図 5

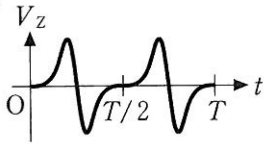
$\boxed{\quad 7 \quad}$ の解答群

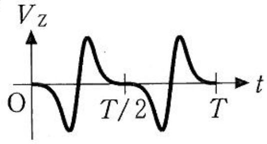
Ⓐ


Ⓑ


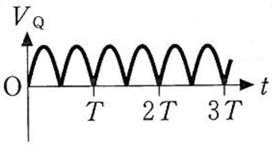
Ⓒ


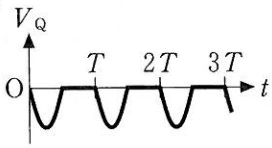
Ⓓ


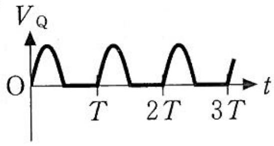
Ⓔ


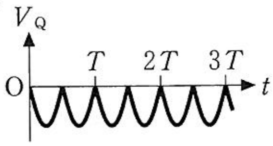
Ⓕ


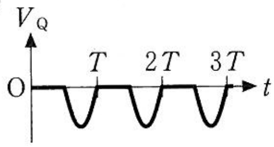
$\boxed{\quad 8 \quad}$ の解答群

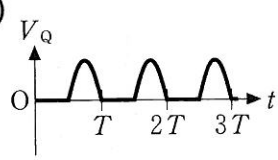
Ⓐ


Ⓑ


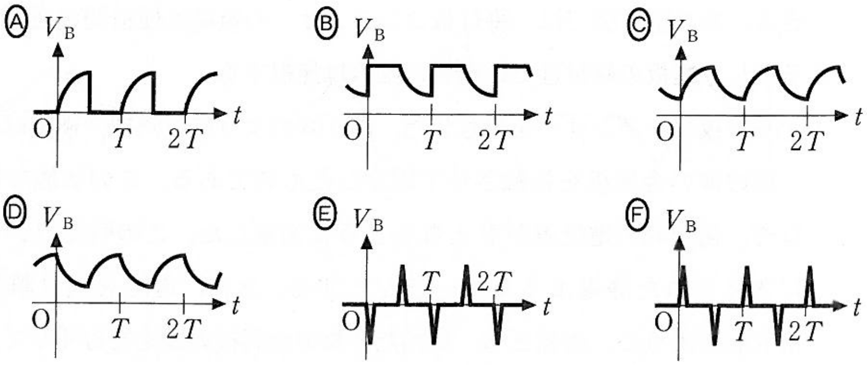
Ⓒ


Ⓓ


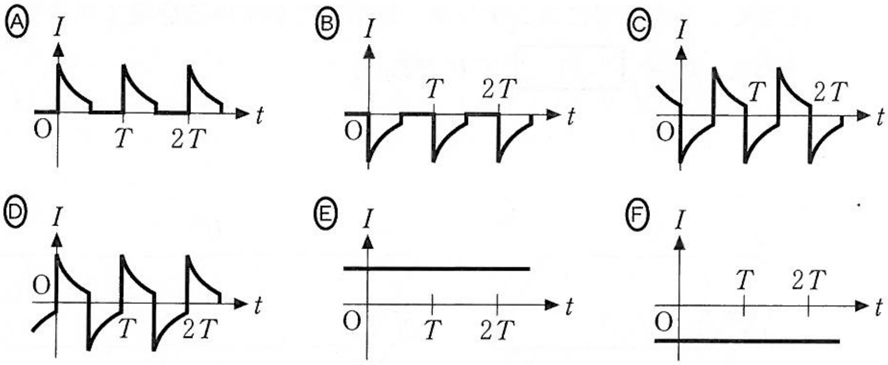
Ⓔ


Ⓕ


$\boxed{\ 9\ }$ の解答群



$\boxed{\ 10\ }$ の解答群



2. 直流電源でコンデンサーを充電すれば，電気的エネルギーを貯蔵することができる。次の(1)，(2)では，平行板コンデンサーの電場は極板間の空間で一様であるとし，極板の端付近での電場の乱れは無視する。

(1) 平行板コンデンサーを用意した。図6(a)のように，両極の極板はそれぞれ2枚の薄い金属板を接触させて固定したものである。この状態で電源につなぎ，極板間の電位差が V となるように充電した。この時にコンデンサーに蓄えられた静電エネルギーを U とする。次に，電源を切り離してから図6(b)のように，両極とも，重ねた2枚の金属板の固定をはずして，1枚の金属板をもう1枚の金属板に接触させつつゆっくり引き出し，両極板の面積をそれぞれ2倍にした。ただし，極板間の間隔は図6(a)のときと同じである。また，重なった極板を引き出す際に，外部との電荷の出入りはないものとする。このときにコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーを U' とすると，$U' = \boxed{\ 11\ } \times U$ である。

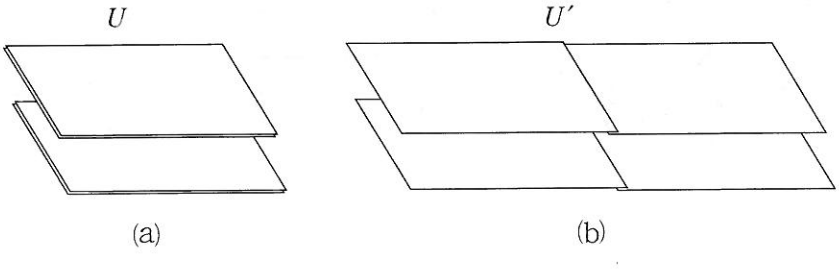


図6

(2) 同じ電気容量をもつ2個の平行板コンデンサーA，Bを用意した。一方のコンデンサーAを電源につないで充電してから，電源から切り離した。次に，図7のように，この充電したコンデンサーAと，あらかじめ完全に放電させておいたもう一方のコンデンサーBとを，極板どうしを導線でつないで接続した。ただし，一方の極板を接続する導線には抵抗を挿入し，他方の極板は導線だけで直結した。十分に時間がたつと，2個のコンデンサーそれぞれの極板間の電位差が変化しなくなった。このとき，コンデンサーAとコンデンサーBに蓄えられている静電エネルギーをU_AおよびU_Bとする。$U_A + U_B$の大きさは，接続に用いた抵抗の抵抗値と $\boxed{\quad 12 \quad}$。

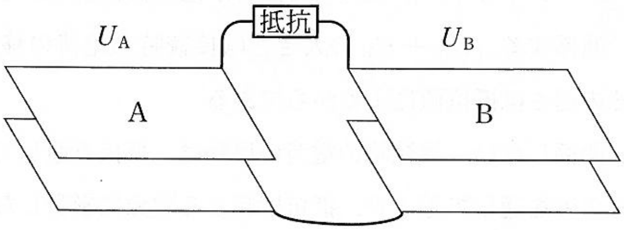


図7

$\boxed{11}$ の解答群

Ⓐ $\frac{1}{8}$　Ⓑ $\frac{1}{4}$　Ⓒ $\frac{1}{2}$　Ⓓ 1

Ⓔ 2　Ⓕ 4　Ⓖ 8

$\boxed{12}$ の解答群

Ⓐ 関係する。接続時の電荷の移動にともなって抵抗でジュール熱が発生し，エネルギーの一部が失われる。ジュール発熱の総量は抵抗値によるからである

Ⓑ 関係する。接続時の電荷の移動にともなって抵抗でジュール熱が発生し，エネルギーの一部が失われる。ジュール発熱の総量は抵抗値によらないが，エネルギーが失われる速さが抵抗値によるからである

Ⓒ 関係する。$U_A + U_B$ の大きさは接続時の電荷の移動の速さで決まり，その速さは抵抗値によるからである

Ⓓ 関係しない。接続時の電荷の移動は，抵抗を通してではなく直結した導線のみを通じて起こり，抵抗は起こる現象に影響しないからである

Ⓔ 関係しない。接続時の電荷の移動にともなって抵抗でジュール熱が発生することはないので，エネルギーの変化は抵抗値には無関係だからである

Ⓕ 関係しない。接続してから十分に時間がたった後にコンデンサーAとBに蓄えられる電気量は，コンデンサーの電気容量で決まり，抵抗値には無関係だからである

（このページは，計算に使用してよい。）

〔Ⅲ〕 次の文中の $\boxed{13}$ から $\boxed{19}$ に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び，解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。

図1のように，右端が閉じられた長さが L のガラス管と，発振器につながれたスピーカー(音源)がある。発振器により音源の振動板を振動させて，任意の振動数の音波を出すことができる。音波がガラス管内の気柱で共鳴するとき，気柱には定常波が生じている。気柱の閉口端では定常波の節となり，開口端では腹となる。ただし，開口端補正は無視できるものとする。

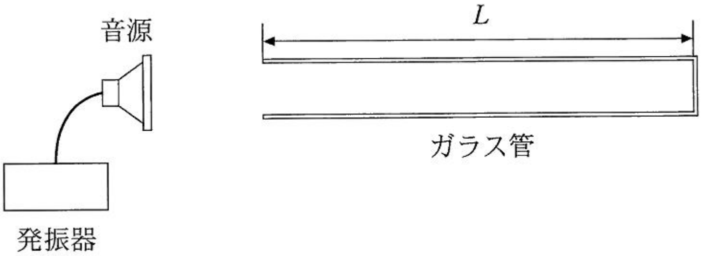


図1

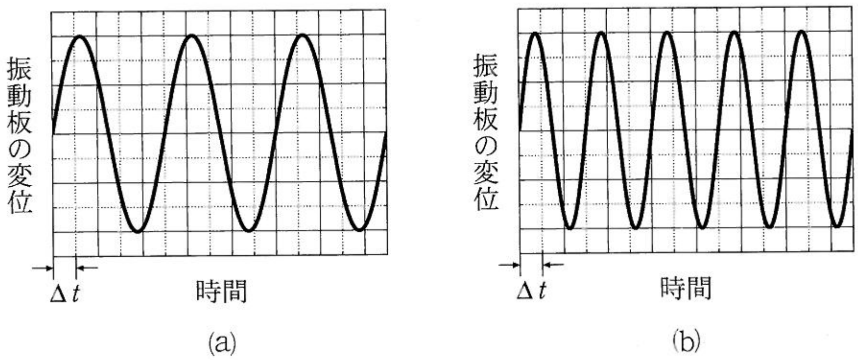


図2

いま，音源の振動板を図 2 (a)に示すように振動数 f_a で振動させると，発生した音波が気柱で共鳴して大きな音がした（1 回目の共鳴）。次に，音源の振動数を f_a から少しずつ変化させ，図 2 (b)に示すように振動数が f_b になったときに 2 回目の共鳴が起こった。図 2 の二つのグラフの横軸の 1 目盛はどちらも同じ時間間隔 Δt を表す。振動数 f_a を Δt で表すと，$f_a =$ $\boxed{13}$ である。さらに，二つのグラフを比較すると，$f_b =$ $\boxed{14}$ $\times f_a$ の関係にあることがわかる。

音速を V とすると，この気柱の n 倍振動の振動数は，$\boxed{15}$ である。ここで，1 倍振動は基本振動を表す。1 回目の共鳴のときに n_a 倍振動が生じていたとすると，n_a を f_a と f_b を使って表せば，$n_a =$ $\boxed{16}$ である。また，1 回目の共鳴のときに気柱に生じた定常波の節の数を n_a で表すと $\boxed{17}$ となる。

$f_b =$ $\boxed{14}$ $\times f_a$ と $n_a =$ $\boxed{16}$ の関係から n_a を求めると，1 回目の共鳴は $\boxed{18}$ 倍振動であり，2 回目の共鳴は $\boxed{19}$ 倍振動であることがわかる。

$\boxed{13}$ の解答群

Ⓐ $10\,\Delta t$　Ⓑ $5\,\Delta t$　Ⓒ $\dfrac{5\,\Delta t}{2}$　Ⓓ Δt

Ⓔ $\dfrac{1}{10\,\Delta t}$　Ⓕ $\dfrac{1}{5\,\Delta t}$　Ⓖ $\dfrac{2}{5\,\Delta t}$　Ⓗ $\dfrac{1}{\Delta t}$

$\boxed{14}$ の解答群

Ⓐ $\dfrac{10}{3}$　Ⓑ 2　Ⓒ $\dfrac{5}{3}$　Ⓓ $\dfrac{6}{5}$

Ⓔ $\dfrac{3}{10}$　Ⓕ $\dfrac{1}{2}$　Ⓖ $\dfrac{3}{5}$　Ⓗ $\dfrac{5}{6}$

$\boxed{15}$ の解答群

Ⓐ $\dfrac{nV}{L}$ ($n = 1, 2, 3, \cdots$正の整数)　Ⓑ $\dfrac{nV}{2L}$ ($n = 1, 2, 3, \cdots$正の整数)

Ⓒ $\dfrac{nL}{V}$ ($n = 1, 2, 3, \cdots$正の整数)　Ⓓ $\dfrac{2nL}{V}$ ($n = 1, 2, 3, \cdots$正の整数)

Ⓔ $\dfrac{nV}{4L}$ ($n = 1, 3, 5, \cdots$正の奇数)　Ⓕ $\dfrac{nV}{2L}$ ($n = 1, 3, 5, \cdots$正の奇数)

Ⓖ $\dfrac{4nL}{V}$ ($n = 1, 3, 5, \cdots$正の奇数)　Ⓗ $\dfrac{2nL}{V}$ ($n = 1, 3, 5, \cdots$正の奇数)

$\boxed{16}$ の解答群

Ⓐ $\dfrac{f_a - f_b}{2f_a}$　Ⓑ $\dfrac{f_a - f_b}{f_a}$　Ⓒ $\dfrac{2f_a}{f_a - f_b}$　Ⓓ $\dfrac{f_a}{f_a - f_b}$

Ⓔ $\dfrac{f_b - f_a}{2f_a}$　Ⓕ $\dfrac{f_b - f_a}{f_a}$　Ⓖ $\dfrac{2f_a}{f_b - f_a}$　Ⓗ $\dfrac{f_a}{f_b - f_a}$

$\boxed{17}$ の解答群

Ⓐ $\dfrac{n_a + 1}{2}$　Ⓑ $\dfrac{n_a}{2}$　Ⓒ $\dfrac{n_a - 1}{2}$　Ⓓ $n_a + 1$

Ⓔ n_a　Ⓕ $n_a - 1$　Ⓖ $2n_a + 1$　Ⓗ $2n_a$

Ⓘ $2n_a - 1$

$\boxed{18}$, $\boxed{19}$ の解答群

Ⓐ 1　Ⓑ 2　Ⓒ 3　Ⓓ 4

Ⓔ 5　Ⓕ 6　Ⓖ 7　Ⓗ 8

（このページは，計算に使用してよい。）