平成 24 年度　　　　　　　　　　　　　　〔試験時間　80 分〕

P 3 物　理　　　　　P 4 化　学

この冊子は，物理と化学の問題を 1 冊にまとめてあります。

数学科は，物理または化学のどちらかを選択

建築学科と電気電子情報工学科は物理指定

物理の問題は，　1 ページより 15 ページまであります。
化学の問題は，16 ページより 26 ページまであります。

〔注　　意〕

(1)　試験開始の指示があるまで，この冊子を開いてはいけません。

(2)　監督者から受験番号等記入の指示があったら，解答用マークシートに受験番号及び氏名を記入し，さらに受験番号・志望学科をマークしてください。

(3)　解答は所定の解答用マークシートにマークしたものだけが採点されます。

(4)　解答用マークシートについて

①　解答用マークシートは絶対に折り曲げてはいけません。

②　マークには黒鉛筆（H B または B）を使用してください。指定の黒鉛筆以外でマークした場合，採点できないことがあります。

③　誤ってマークした場合は消しゴムで丁寧に消し，消しくずを完全に取り除いたうえ，新たにマークしてください。

④　解答欄のマークは横 1 行について 1 箇所に限ります。 2 箇所以上マークすると採点されません。あいまいなマークは無効となるので，はっきりマークしてください。

(5)　試験開始の指示があったら，初めに問題冊子のページ数を確認してください。
ページの落丁・乱丁，印刷不鮮明等に気づいた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。

(6)　問題冊子は，試験終了後，持ち帰ってください。

物　　理

1　次の問題の $\boxed{}$ の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。(同じ番号を何回用いてもよい。)　(40点)

水平な床上での小球の衝突と運動について考えてみよう。以下の設問では，水平面の左右を x 軸として右向きを正の方向に，鉛直上下を y 軸として上向きを正の方向とする。小球の大きさ，および床との摩擦は無視できるものとし，小球同士，および小球と床のはねかえり係数（反発係数）を e とする。また，重力加速度の大きさを $g\,[\mathrm{m/s^2}]$ とする。

(1)　最初に，簡単な衝突について考える。x 軸上に質量 $M\,[\mathrm{kg}]$ の小球 B が静止しており，x 軸上の左側から速さ $v\,[\mathrm{m/s}]$ で質量 $m\,[\mathrm{kg}]$ の小球 A が衝突した。はねかえり係数 $e=1$（弾性衝突）の場合には，衝突後の小球 A の速度は $\boxed{\text{(ア)}}\times v\,[\mathrm{m/s}]$，B の速度は $\boxed{\text{(イ)}}\times v\,[\mathrm{m/s}]$ となる。

はねかえり係数 $e\neq 1$ の場合には $\boxed{\text{(ウ)}}$ の総和が保存しない。衝突前後の相対速度の関係を用いると，衝突後の小球 A の速度は $\boxed{\text{(エ)}}\times v\,[\mathrm{m/s}]$，B の速度は $\boxed{\text{(オ)}}\times v\,[\mathrm{m/s}]$ と求められる。

(ア)，(イ) の解答群

0 $\dfrac{m}{m+M}$　1 $\dfrac{2m}{m+M}$　2 $\dfrac{M}{m+M}$　3 $\dfrac{2M}{m+M}$

4 $\dfrac{m-M}{m+M}$　5 $\dfrac{2m-M}{m+M}$　6 $\dfrac{m-2M}{m+M}$　7 $\dfrac{M-m}{m+M}$

8 $\dfrac{2M-m}{m+M}$　9 $\dfrac{M-2m}{m+M}$

(ウ) の解答群

0 質量　1 運動エネルギー

2 運動量

(エ)，(オ) の解答群

0 $\dfrac{em}{m+M}$　1 $\dfrac{(1+e)m}{m+M}$　2 $\dfrac{eM}{m+M}$　3 $\dfrac{(1+e)M}{m+M}$

4 $\dfrac{em-M}{m+M}$　5 $\dfrac{e(m-M)}{m+M}$　6 $\dfrac{m-eM}{m+M}$　7 $\dfrac{eM-m}{m+M}$

8 $\dfrac{e(M-m)}{m+M}$　9 $\dfrac{M-em}{m+M}$

(2) 次に，両方の小球が動いている場合を考えよう。前問と同様に小球 A は小球 B の左側にあるものとする。衝突前の小球 A の速度を v[m/s] ($v > 0$)，小球 B の速度を V[m/s] ($V < 0$) とする。速度 V[m/s] で動いている観測者から見ると，小球 B は静止しており，小球 A は速度 $\boxed{\text{(カ)}}$ [m/s] で動いている。その観測者から見たときの運動は，前問 **(1)** の結果から簡単に求めることができ，衝突後の小球 A の速度が $\boxed{\text{(エ)}} \times \boxed{\text{(カ)}}$ [m/s]，小球 B の速度が $\boxed{\text{(オ)}} \times \boxed{\text{(カ)}}$ [m/s] となる。

以上のことから，静止している観測者から見ると，衝突後の小球 A の速度は $\left(\boxed{\text{(キ)}} \times v + \boxed{\text{(ク)}} \times V\right)$ [m/s]，衝突後の小球 B の速度は $\left(\boxed{\text{(ケ)}} \times v + \boxed{\text{(コ)}} \times V\right)$ [m/s] と求められる。

(カ) の解答群

0 v　　1 V　　2 $v+V$　　3 $v-V$　　4 $V-v$

(キ), (ク), (ケ), (コ) の解答群

0 $\dfrac{em}{m+M}$　　1 $\dfrac{(1+e)m}{m+M}$　　2 $\dfrac{eM}{m+M}$　　3 $\dfrac{(1+e)M}{m+M}$

4 $\dfrac{em-M}{m+M}$　　5 $\dfrac{e(m-M)}{m+M}$　　6 $\dfrac{m-eM}{m+M}$　　7 $\dfrac{eM-m}{m+M}$

8 $\dfrac{e(M-m)}{m+M}$　　9 $\dfrac{M-em}{m+M}$

(3) **図1**に示すように，$x = 0\,\mathrm{m}$ の位置に高さ $h\,[\mathrm{m}]$ の段差があり，段差の上では左側に，段差の下では右側に水平な床が広がっている。小球A，B，Cが段差の上の水平な床に配置されている。その座標はそれぞれ $x = -16a\,[\mathrm{m}]$，$-12a\,[\mathrm{m}]$，$0\,\mathrm{m}\,(a > 0)$ である。時刻 $t = 0\,\mathrm{s}$ で，小球Aを右向きに速さ $4v\,[\mathrm{m/s}]$，小球Cを左向きに速さ $5v\,[\mathrm{m/s}]$ でそれぞれ動かした。小球Aの質量は $2m\,[\mathrm{kg}]$，小球Bの質量は $4m\,[\mathrm{kg}]$，小球Cの質量は $m\,[\mathrm{kg}]$ であり，小球同士および小球と床とのはねかえり係数を $e = \dfrac{1}{2}$ とする。

最初に起こるのは，左から動いてくる小球Aと静止している小球Bとの衝突である。衝突後の小球Bの速度は $\boxed{\text{(サ)}}$ $\times v\,[\mathrm{m/s}]$ である。

衝突された小球Bは右に動き，右側から来る小球Cと衝突する。その衝突地点の x 座標は $\boxed{\text{(シ)}}$ $\times a\,[\mathrm{m}]$ であり，衝突時刻は $t =$ $\boxed{\text{(ス)}}$ $\times \dfrac{a}{v}\,[\mathrm{s}]$ である。小球Cと衝突した後，小球Bは時刻 $t =$ $\boxed{\text{(セ)}}$ $\times \dfrac{a}{v}\,[\mathrm{s}]$ で小球Aに再び衝突する。

一方，小球Cは小球Bと衝突した後，時刻 t_1 に，速度 $v_1 =$ $\boxed{\text{(ソ)}}$ $\times v\,[\mathrm{m/s}]$ で段差から飛び出して落ちる。飛び出してから $t_f =$ $\boxed{\text{(タ)}}$ $[\mathrm{s}]$ 後に段差の下の床に衝突してはね上がる。床との衝突で小球Cが失う運動エネルギーは $\boxed{\text{(チ)}}$ $[\mathrm{J}]$ である。衝突後に小球Cが最高高度に達する時刻は $t = t_1 +$ $\boxed{\text{(ツ)}}$ $\times t_f\,[\mathrm{s}]$ であり，最高高度に達したときの y 座標（図のOが原点で $y = 0\,\mathrm{m}$ とする）は $\boxed{\text{(テ)}}$ $\times h\,[\mathrm{m}]$ である。

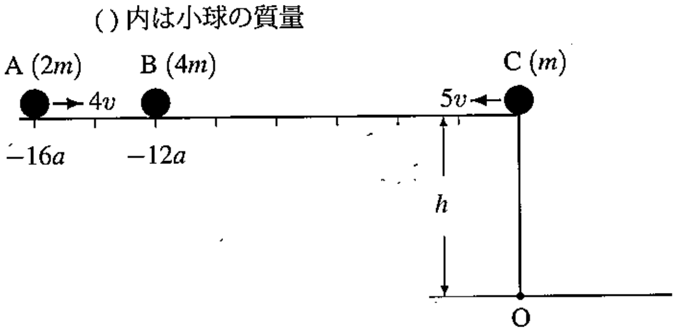


図1

右のページは白紙です。

◇M39 (528—615)

(サ) の解答群

0 $\frac{1}{3}$　1 $\frac{1}{2}$　2 $\frac{2}{3}$　3 1　4 $\frac{3}{2}$

5 $\frac{5}{3}$　6 2　7 $\frac{5}{2}$　8 3　9 $\frac{7}{2}$

(シ) の解答群

0 -2　1 -3　2 -4　3 -5　4 -6

5 -7　6 -8　7 -9　8 -10　9 -11

(ス) の解答群

0 $\frac{1}{3}$　1 $\frac{1}{2}$　2 $\frac{2}{3}$　3 1　4 $\frac{3}{2}$

5 $\frac{5}{3}$　6 2　7 $\frac{5}{2}$　8 3　9 $\frac{7}{2}$

(セ) の解答群

0 2　1 6　2 10　3 12　4 14

5 16　6 20　7 22　8 24　9 28

(ソ) の解答群

0 $\frac{3}{5}$　1 1　2 $\frac{7}{5}$　3 2　4 $\frac{11}{5}$

5 $\frac{13}{5}$　6 3　7 $\frac{17}{5}$　8 $\frac{19}{5}$　9 4

(タ) の解答群

0 $\frac{h}{2g}$　1 $\frac{h}{g}$　2 $\frac{g}{h}$　3 $\frac{g}{2h}$

4 $\sqrt{\frac{h}{2g}}$　5 $\sqrt{\frac{h}{g}}$　6 $\sqrt{\frac{2h}{g}}$　7 $\sqrt{\frac{2g}{h}}$

8 $\sqrt{\frac{g}{h}}$　9 $\sqrt{\frac{g}{2h}}$

(チ) の解答群

0 $\frac{1}{8}mgh$　1 $\frac{1}{4}mgh$　2 $\frac{3}{8}mgh$　3 $\frac{1}{2}mgh$

4 $\frac{5}{8}mgh$　5 $\frac{3}{4}mgh$　6 mgh

(ツ)，(テ) の解答群

0 $\frac{1}{8}$	1 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{3}{8}$	3 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{3}{4}$
5 1	6 $\frac{5}{4}$	7 $\frac{3}{2}$	8 $\frac{7}{4}$	9 2

2　次の問題の $\boxed{}$ の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。(同じ番号を何回用いてもよい。)　(35 点)

(1)　**図 2-1** のように，抵抗値 R_1 [Ω] の抵抗 6 本と抵抗値 R_2 [Ω] の抵抗 6 本を立体的に接続する。点 a と点 h の間の合成抵抗を求めるには次のように考える。

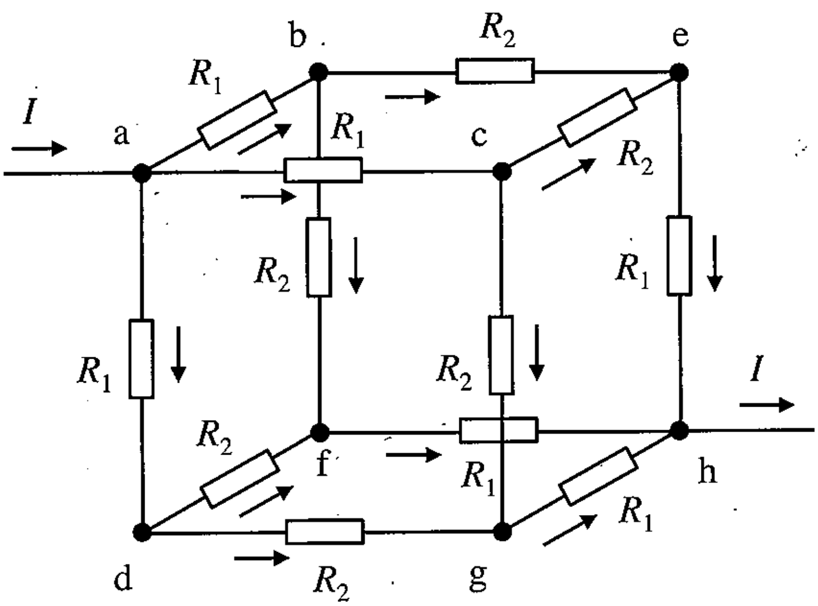


図 2-1

まず，点 a に流れ込む電流と点 h から流れ出る電流は等しいので，これを I [A] とおく。この回路の点 a から点 h まで，矢印に沿ってどの経路をとっても，R_1 の抵抗を二度，R_2 の抵抗を一度通る。これらのことから，点 a と点 b の間，点 a と点 c の間，点 a と点 d の間を矢印の向きに流れる電流は等しく，それぞれ $\boxed{\text{(ア)}}$ $\times I$ [A] である。同様にして，点 e と点 h の間，点 f と点 h の間，点 g と点 h の間を矢印の向きに流れる電流は，それぞれ $\boxed{\text{(イ)}}$ $\times I$ [A] である。また，点 b において，流れ込む電流と流れ出る電流は等しいので，点 b と点 e の間，点 b と点 f の間を矢印の向きに流れる電流は，それぞれ $\boxed{\text{(ウ)}}$ $\times I$ [A] である。

次に，点 a と点 h の間の電圧降下を求める。任意の 2 点の間の電圧降下は経路によらないことから，例えば，点 a から点 h まで，点 b と点 e を経由した経路を選ぶと，点 a と点 h の間の電圧降下は $\boxed{\text{(エ)}}$ [V] である。これらのことから，点 a と点 h の間の合成抵抗は $\boxed{\text{(オ)}}$ [Ω] と求められる。

(ア)，(イ)，(ウ) の解答群

0 $\frac{1}{12}$	1 $\frac{1}{8}$	2 $\frac{1}{6}$	3 $\frac{1}{4}$	4 $\frac{1}{3}$	5 $\frac{1}{2}$
6 $\frac{2}{3}$	7 $\frac{3}{4}$	8 $\frac{5}{6}$	9 1		

(エ) の解答群

0 $\left(\frac{1}{3}R_1+\frac{1}{3}R_2\right)I$	1 $\left(\frac{2}{3}R_1+\frac{1}{3}R_2\right)I$	2 $\left(\frac{4}{3}R_1+\frac{1}{3}R_2\right)I$
3 $\left(\frac{1}{4}R_1+\frac{1}{4}R_2\right)I$	4 $\left(\frac{1}{2}R_1+\frac{1}{4}R_2\right)I$	5 $\left(R_1+\frac{1}{4}R_2\right)I$
6 $\left(\frac{1}{6}R_1+\frac{1}{6}R_2\right)I$	7 $\left(\frac{1}{3}R_1+\frac{1}{6}R_2\right)I$	8 $\left(\frac{2}{3}R_1+\frac{1}{6}R_2\right)I$

(オ) の解答群

0 $\frac{1}{3}R_1+\frac{1}{6}R_2$	1 $\frac{2}{3}R_1+\frac{1}{6}R_2$	2 $\frac{4}{3}R_1+\frac{1}{6}R_2$
3 $\frac{1}{4}R_1+\frac{1}{8}R_2$	4 $\frac{1}{2}R_1+\frac{1}{8}R_2$	5 $R_1+\frac{1}{8}R_2$
6 $\frac{1}{6}R_1+\frac{1}{12}R_2$	7 $\frac{1}{3}R_1+\frac{1}{12}R_2$	8 $\frac{2}{3}R_1+\frac{1}{12}R_2$

(2) 小問 (1) における抵抗値 R_2 [Ω] の抵抗を静電容量 C [F] のコンデンサーに置き換える。図 **2-2** のように，点 a と点 h の間に電圧 U [V] の電池をつなぐと，十分に時間が経過した後，それぞれの抵抗の両端の電位差は $\boxed{\text{(カ)}}$ $\times U$ [V] となる。したがって，それぞれのコンデンサーの両端の電位差は $\boxed{\text{(キ)}}$ $\times U$ [V] となる。この時，それぞれのコンデンサーに蓄えられる電荷は $\boxed{\text{(ク)}}$ $\times CU$ [C]，静電エネルギーは $\boxed{\text{(ケ)}}$ $\times CU^2$ [J] である。6 個のコンデンサーは $\boxed{\text{(コ)}}$ 接続と見なせるので，合成容量は $\boxed{\text{(サ)}}$ $\times C$ [F] である。

ところで，電池をつないだ瞬間から 6 個のコンデンサーが十分に充電されるまでの間，電池は電荷 $\boxed{\text{(シ)}}$ $\times CU$ [C] を電位差 U [V] の間で移動させるので，電池がした仕事は $\boxed{\text{(ス)}}$ [J] である。この仕事は，6 個のコンデンサーに蓄えられる静電エネルギーと 6 本の抵抗を流れる電流により発生するジュール熱の総和に等しい。したがって，抵抗 1 本あたり発生するジュール熱は $\boxed{\text{(セ)}}$ [J] である。

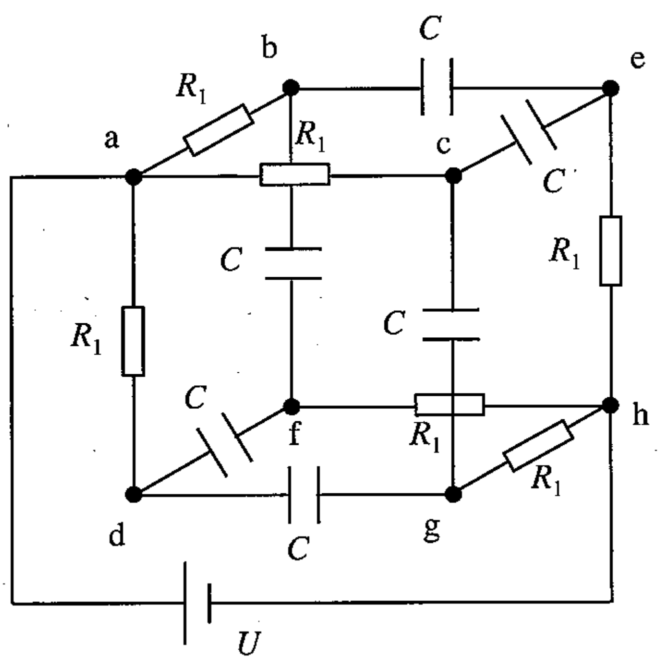


図 **2-2**

◇M39(528—620)

(カ), (キ) の解答群

0 0　　1 $\frac{1}{6}$　　2 $\frac{1}{4}$　　3 $\frac{1}{3}$　　4 $\frac{1}{2}$

5 $\frac{2}{3}$　　6 $\frac{3}{4}$　　7 1

(ク), (ケ), (サ), (シ) の解答群

0 $\frac{1}{6}$　　1 $\frac{1}{4}$　　2 $\frac{1}{3}$　　3 $\frac{1}{2}$　　4 1

5 2　　6 3　　7 4　　8 6

(コ) の解答群

0 直列　　1 並列　　2 直交　　3 平行

(ス) の解答群

0 $2CU^2$　　1 $4CU^2$　　2 $6CU^2$　　3 $8CU^2$

4 $CU^2+\frac{U^2}{R_1}$　　5 $CU^2+\frac{2U^2}{R_1}$　　6 $2CU^2+\frac{2U^2}{R_1}$　　7 $2CU^2+\frac{3U^2}{R_1}$

8 $3CU^2+\frac{3U^2}{R_1}$

(セ) の解答群

0 $\frac{1}{6}CU^2$　　1 $\frac{1}{4}CU^2$　　2 $\frac{1}{3}CU^2$　　3 $\frac{1}{2}CU^2$

4 CU^2　　5 $\frac{1}{6}\frac{U^2}{R_1}$　　6 $\frac{1}{4}\frac{U^2}{R_1}$　　7 $\frac{1}{3}\frac{U^2}{R_1}$

8 $\frac{1}{2}\frac{U^2}{R_1}$　　9 $\frac{U^2}{R_1}$

3 次の問題の $\boxed{}$ の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。

(25 点)

図 3 のように，物体が点 O を中心とした円軌道を矢印の向きに速さ V [m/s] で等速円運動をしている。この物体の位置を A とする。物体からは一定の振動数 f_0 [Hz] の音波が放射され，速さ v [m/s] で周囲に伝わる。このとき，円軌道の内側の点 B で観測される音波の振動数 f [Hz] は物体の位置の関数として表される。これは以下のように理解できる。

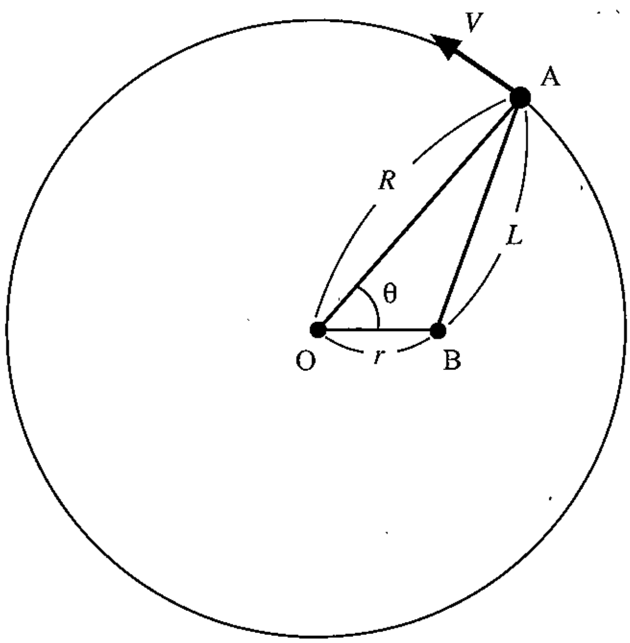


図 3

ある時刻 t [s] に物体と点 B の間の距離が L [m] であったとすると，時刻 t に物体を出た音波は時刻 $\boxed{\text{(ア)}}$ [s] に点 B に達する。点 O と物体の間の距離を R [m]，点 O と点 B の間の距離を r [m] $(0 < r < R)$，∠AOB の大きさを θ [rad] とすると，$L = \boxed{\text{(イ)}}$ [m] と表される。ただし，点 O と点 B を結ぶ線の方向を $\theta = 0$ rad とし，反時計まわりに θ は 0 から 2π の値をとるものとする。微小時間 Δt [s] が経過した後の時刻 $(t+\Delta t)$ [s] に，物体と点 B の間の距離が $(L+\Delta L)$ [m] となり，∠AOB の大きさが $(\theta+\Delta\theta)$ [rad] になったとする。時刻 $t+\Delta t$ に物体を出た音波が点 B に達する時刻は $\left(t+\boxed{\text{(ウ)}}\right)$ [s] である。また，$\Delta\theta = \boxed{\text{(エ)}} \times \Delta t$ [rad] と与えられる。ΔL と $\Delta\theta$ の関係は，$\Delta L = \boxed{\text{(オ)}} \times \Delta\theta$ [m] と表される。ここで，近似式 $\Delta L \fallingdotseq \dfrac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}\theta} \times \Delta\theta$，および，以下の微分公式を用いてよい（ただし，$a$，$b$ は $a > 0$，$|b| \leqq a$ を満たす任意の定数とする）。

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\theta}\sqrt{a+b\sin\theta} = \frac{b\cos\theta}{2\sqrt{a+b\sin\theta}}$$

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\theta}\sqrt{a+b\cos\theta} = \frac{-b\sin\theta}{2\sqrt{a+b\cos\theta}}$$

一方，振動数 f_0 [Hz] の音波は時間 Δt [s] の間に $\Delta t \times f_0$ 回の振動をするが，点 B ではこの振動を時間 $\boxed{\text{(カ)}}$ [s] の間に受けとるから，この音波は振動数 $f = \boxed{\text{(キ)}} \times f_0$ [Hz] として観測される。これらのことから，R，r，V，v，θ，f_0 を用いて，$f = \boxed{\text{(ク)}} \times f_0$ [Hz] と表される。また，この関数の最大値と最小値を調べると，$\cos\theta = \dfrac{r}{R}$ を満たす θ が極値を与える。したがって，f の θ による変化をもっとも適切に表しているのは $\boxed{\text{(ケ)}}$ のグラフである。

(ア) の解答群

0 $t+\dfrac{L}{V}+\dfrac{L}{v}$　1 $t+\dfrac{L}{V}$　2 $\dfrac{L}{V}$　3 $\dfrac{L}{v}$

4 $t+\dfrac{L}{v}$　5 $\dfrac{L}{V}+\dfrac{L}{v}$

(イ) の解答群

0 $\sqrt{R^2+r^2-2Rr\sin\theta}$　1 $\sqrt{R^2+r^2+2Rr\sin\theta}$

2 $\sqrt{R^2+r^2-2Rr\cos\theta}$　3 $\sqrt{R^2+r^2+2Rr\cos\theta}$

(ウ) の解答群

0 $\Delta t+\dfrac{L}{v}$　1 $\Delta t+\dfrac{\Delta L}{v}$　2 $\Delta t+\dfrac{L+\Delta L}{v}$

3 $\dfrac{L+\Delta L}{v}$　4 $\dfrac{L}{v}$　5 $\dfrac{\Delta L}{v}$

(エ) の解答群

0 $\dfrac{v}{r}$　1 $\dfrac{v}{L}$　2 $\dfrac{v}{R}$　3 $\dfrac{V}{r}$

4 $\dfrac{V}{L}$　5 $\dfrac{V}{R}$

(オ) の解答群

0 $\dfrac{-rR\sin\theta}{\sqrt{R^2+r^2+2Rr\cos\theta}}$　1 $\dfrac{rR\sin\theta}{\sqrt{R^2+r^2-2Rr\cos\theta}}$

2 $\dfrac{rR\cos\theta}{\sqrt{R^2+r^2+2Rr\sin\theta}}$　3 $\dfrac{-rR\cos\theta}{\sqrt{R^2+r^2-2Rr\sin\theta}}$

(カ) の解答群

0 $\Delta t+\dfrac{\Delta L}{v}+\dfrac{\Delta L}{V}$　1 $\Delta t-\dfrac{\Delta L}{v}+\dfrac{\Delta L}{V}$　2 $\Delta t+\dfrac{\Delta L}{V}$

3 $\Delta t+\dfrac{\Delta L}{v}$　4 $\Delta t-\dfrac{\Delta L}{v}$

(キ) の解答群

0 $\dfrac{V\Delta t}{V\Delta t+\Delta L}$　1 $\dfrac{V\Delta t}{V\Delta t-\Delta L}$　2 $\dfrac{v\Delta t}{V\Delta t+\Delta L}$　3 $\dfrac{v\Delta t}{V\Delta t-\Delta L}$

4 $\dfrac{v\Delta t}{v\Delta t+\Delta L}$　5 $\dfrac{v\Delta t}{v\Delta t-\Delta L}$

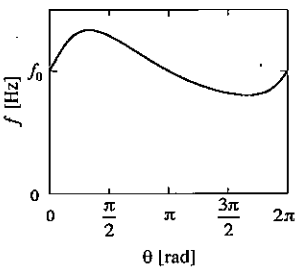
(ク) の解答群

0 $\dfrac{\sqrt{R^2+r^2-2Rr\cos\theta}}{\sqrt{R^2+r^2-2Rr\cos\theta}+\dfrac{rV}{v}\sin\theta}$　　1 $\dfrac{\sqrt{R^2+r^2+2Rr\sin\theta}}{\sqrt{R^2+r^2+2Rr\sin\theta}+\dfrac{rV}{v}\cos\theta}$

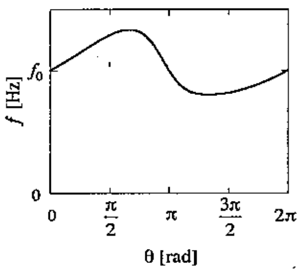
2 $\dfrac{\sqrt{R^2+r^2+2Rr\cos\theta}}{\sqrt{R^2+r^2+2Rr\cos\theta}-\dfrac{rV}{v}\sin\theta}$　　3 $\dfrac{\sqrt{R^2+r^2-2Rr\sin\theta}}{\sqrt{R^2+r^2-2Rr\sin\theta}-\dfrac{rV}{v}\cos\theta}$

(ケ) の解答群

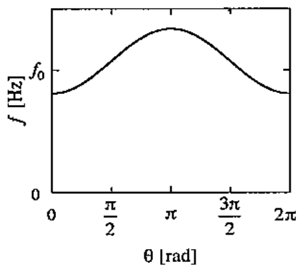
0



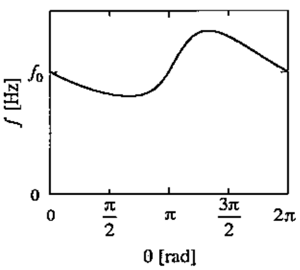
1



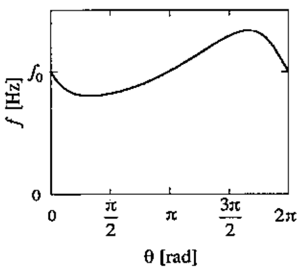
2



3



4



5