2023年度　前期B方式入学試験問題

Ⅰ型受験

◆機械工学科　◆機械システム工学科
◆電気電子工学科
◆建築学科／建築専攻（Ⅰ型）◆建築学科／インテリアデザイン専攻（Ⅰ型）
◆建築学科／土木・環境専攻（Ⅰ型）
◆建築学科／かおりデザイン専攻（Ⅰ型）
◆情報システム学科
◆情報デザイン学科（Ⅰ型）
◆総合情報学科／経営情報コース（Ⅰ型）
◆総合情報学科／スポーツ情報コース（Ⅰ型）

物　　理

受験上の注意

※必須教科を含め３教科受験型です。受験する教科数に過不足があると判定しない場合がありますので注意してください。
※物理または化学のいずれか一つを選んで解答してください。

1．受験票は、机の端の見える位置に置いてください。

2．**解答用紙Ａ（ＯＣＲ用紙）**は１枚、**解答用紙Ｂ**は１枚です。

3．試験監督者の指示により、受験番号を解答用紙Ａ（OCR用紙）と解答用紙Ｂの指定された場所に必ず記入してください。

4．試験開始の合図があるまで、この問題用紙の中を見てはいけません。

5．試験開始後は、試験終了まで退室できません。

6．用件のある場合は、手を挙げてください。

7．問題の余白は計算に使用しても結構です。

8．解答用紙Ａ（ＯＣＲ用紙）の記入上の注意

（ア）解答用紙Ａは、直接コンピュータ処理をするため、汚したり、折り曲げたりしないでください。

（イ）記入は、鉛筆もしくはシャープペンで、ていねいに記入してください。
また、訂正の場合は消しゴムで完全に消してください。

（ウ）解答は「記入文字例」の数字を参考に記入してください。

9．問題用紙は持ち帰ってください。

10．※印の欄には記入しないでください。

［Ⅰ］次の問いの $\boxed{}$ の中の答えを，それぞれの解答群の中から１つずつ選べ。解答群の中の番号は，同じものを何度使ってもよい。

図１のように，磁石のＮ極とＳ極に挟まれた真空領域に，不導体の棒 α の端に付けた半径 r の円形導線を置く。Ｎ極とＳ極の面は xz 面に平行で，円形導線で囲まれる円の面積より十分に広い。棒 α は x 軸と平行で，円形導線の中心は棒 α の延長線上にある。円形導線には端子（直線導線）a，b が平行に付けられている。端子 a と b の間の距離は半径 r と比べて十分小さく，端子間の面積は円形導線で囲まれる円の面積と比べて無視できる。

円形導線はＮ極とＳ極で作り出される一様な磁場（磁界）の中で，不導体棒 α を軸として図１の矢印の向きに回転する。図２は円形導線を x 軸の正の側から見た図である（記号⊙は x 軸が紙面の裏から表への向きであることを示す）。時刻 $t=0$ で円形導線は xy 面に平行，かつ端子 a は b よりも y 座標が大きな位置にある。その後の時刻 t での円形導線の回転角 $\theta(t)=2\pi\nu t$（ν は正の定数）は，端子 a の y 軸からの回転角として定義する。

以下，Ｎ極とＳ極で作る一様な磁場の磁束密度の大きさは B とする。また，回路に生じる誘導起電力の符号は，円形導線上を端子 a から b の向きに電流を流すような起電力の場合に正とする。

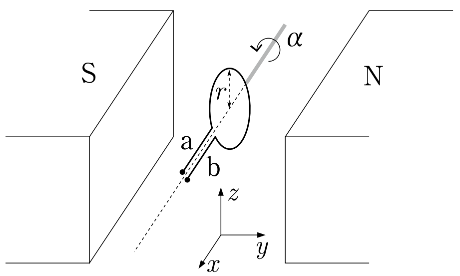

図１

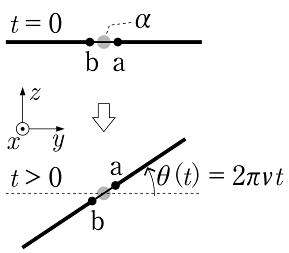

図２

(1) Ｎ極とＳ極で作り出される一様な磁場の向きは $\boxed{\text{ア}}$ 方向である。そして，時刻 t で円形導線が囲む面を通る磁束 $\Phi(t)$ の大きさ $|\Phi(t)|=\left|\boxed{\text{イ}}\right|$ である。また，時刻 t から $t+\delta t$ の間（δt は十分短い時間）の磁束の変化量 $\delta\Phi=\boxed{\text{ウ}}$ と与えられる。よって，定数 β と時刻 t による以下の公式（近似公式）のいずれかを使うと，磁束の変化量の大きさ $|\delta\Phi|=\left|\boxed{\text{エ}}\times\delta t\right|$ となる。

$$\sin(\beta(t+\delta t))=\sin(\beta t)+\beta\delta t\cos(\beta t),\quad \cos(\beta(t+\delta t))=\cos(\beta t)-\beta\delta t\sin(\beta t)$$

(2) 時刻 t で円形導線に生じる誘導起電力 $V(t)$ の大きさ $|V(t)|=\left|\boxed{\text{オ}}/\delta t\right|$ と与えられる。よって，起電力の符号の決め方に基づいて，起電力 $V(t)=\boxed{\text{カ}}$ となる。これは，周期 $T=\boxed{\text{キ}}$，角周波数 $\omega=\boxed{\text{ク}}$ の交流電源となる。

(3) 図１の装置を交流電源とし，図３のように端子 a と b に抵抗値 R の電気抵抗を接続し電流を流した。電流の符号は図３の矢印の向きを正とする。時刻 t において，電気抵抗の電流 $I(t)=\boxed{\text{ケ}}$，消費電力 $P(t)=\boxed{\text{コ}}$ である。また，電気抵抗の電圧の実効値 $V_e=\boxed{\text{サ}}$，電流の実効値 $I_e=\boxed{\text{シ}}$，消費電力の時間平均 $\bar{P}=\boxed{\text{ス}}$ となる。

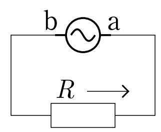

図３

解答群　（以下の選択肢中の $\theta(t)=2\pi\nu t$ である。）

$\boxed{\text{ア}}$
① x 軸の正　② x 軸の負　③ y 軸の正
④ y 軸の負　⑤ z 軸の正　⑥ z 軸の負
⑦ y 軸の正方向に進む右ねじの回転　⑧ y 軸の負方向に進む右ねじの回転

$\boxed{\text{イ}}$，$\boxed{\text{エ}}$
① $B\sin\theta(t)$　② $B\cos\theta(t)$　③ $2\pi\nu B\sin\theta(t)$　④ $2\pi\nu B\cos\theta(t)$
⑤ $\pi r^2B\sin\theta(t)$　⑥ $\pi r^2B\cos\theta(t)$　⑦ $2\pi^2r^2\nu B\sin\theta(t)$　⑧ $2\pi^2r^2\nu B\cos\theta(t)$
⑨ $2\pi rB\sin\theta(t)$　⓪ $4\pi^2r\nu B\sin\theta(t)$

$\boxed{\text{ウ}}$
① $\dfrac{\Phi(t)}{\delta t}$　② $\Phi(\delta t)$　③ $\Phi(t)\delta t$　④ $\Phi(t)-\delta t$
⑤ $\Phi(t)+\delta t$　⑥ $\dfrac{\Phi(t+\delta t)}{t+\delta t}$　⑦ $\Phi(t+\delta t)-\Phi(t)$
⑧ $\Phi(t)-\Phi(t+\delta t)$　⑨ $\Phi(t+\delta t)+\Phi(t)$　⓪ $\Phi(t+\delta t)\delta t$

$\boxed{\text{オ}}$
① $\delta\Phi$　② $B\delta\Phi$　③ $2\pi r\delta\Phi$　④ $2\pi rB\delta\Phi$　⑤ $\pi r^2\delta\Phi$　⑥ $\pi r^2B\delta\Phi$

$\boxed{\text{カ}}$
① $2\pi\nu B\sin\theta(t)$　② $-2\pi\nu B\sin\theta(t)$　③ $2\pi\nu B\cos\theta(t)$　④ $-2\pi\nu B\cos\theta(t)$
⑤ $2\pi^2r^2\nu B\sin\theta(t)$　⑥ $-2\pi^2r^2\nu B\sin\theta(t)$　⑦ $2\pi^2r^2\nu B\cos\theta(t)$
⑧ $-2\pi^2r^2\nu B\cos\theta(t)$　⑨ $4\pi^2r\nu B\sin\theta(t)$　⓪ $-4\pi^2r\nu B\sin\theta(t)$

$\boxed{\text{キ}}$，$\boxed{\text{ク}}$
① ν　② $\dfrac{1}{\nu}$　③ $2\pi\nu$　④ $\dfrac{2\pi}{\nu}$　⑤ $\dfrac{1}{2\pi\nu}$
⑥ νB　⑦ $\dfrac{B}{\nu}$　⑧ $2\pi\nu B$　⑨ $\dfrac{2\pi B}{\nu}$　⓪ $\dfrac{2\pi}{B\nu}$

$\boxed{\text{ケ}}$
① $\dfrac{2\pi^2r^2\nu B}{R}\sin\theta(t)$　② $-2\pi^2r^2\nu BR\sin\theta(t)$　③ $2\pi^2r^2\nu BR\cos\theta(t)$
④ $-\dfrac{2\pi^2r^2\nu B}{R}\cos\theta(t)$　⑤ $4\pi^2r\nu BR\sin\theta(t)$　⑥ $-\dfrac{4\pi^2r\nu B}{R}\sin\theta(t)$
⑦ $\dfrac{4\pi^2r\nu B}{R}\cos\theta(t)$　⑧ $-4\pi^2r\nu BR\cos\theta(t)$　⑨ $\dfrac{4\pi^2r\nu B}{R}$　⓪ 0

$\boxed{\text{コ}}$
① $\dfrac{16\pi^4r^2\nu^2B^2}{R}\sin^2\theta(t)$　② $16\pi^4r^2\nu^2B^2R\cos^2\theta(t)$
③ $\dfrac{16\pi^4r^2\nu^2B^2}{R}\sin\theta(t)\cos\theta(t)$　④ $4\pi^4r^4\nu^2B^2R\sin^2\theta(t)$
⑤ $\dfrac{4\pi^4r^4\nu^2B^2}{R}\cos^2\theta(t)$　⑥ $4\pi^4r^4\nu^2B^2R\sin\theta(t)\cos\theta(t)$
⑦ $16\pi^4r^2\nu^2B^2R$　⑧ $\dfrac{16\pi^4r^2\nu^2B^2}{R}$　⑨ $4\pi^4r^4\nu^2B^2R$　⓪ $\dfrac{4\pi^4r^4\nu^2B^2}{R}$

$\boxed{\text{サ}}$，$\boxed{\text{シ}}$，$\boxed{\text{ス}}$
① $\sqrt{2}\pi^2r^2\nu B$　② $\dfrac{\pi^2r^2\nu B}{\sqrt{2}}$　③ $\dfrac{\sqrt{2}\pi^2r^2\nu B}{R}$　④ $\dfrac{\pi^2r^2\nu B}{\sqrt{2}R}$
⑤ $\dfrac{\pi^2r\nu B}{\sqrt{2}}$　⑥ $\dfrac{\pi^2r\nu B}{\sqrt{2}R}$　⑦ $4\pi^4r^4\nu^2B^2R$　⑧ $\dfrac{16\pi^4r^2\nu^2B^2}{R}$
⑨ $\dfrac{\pi^4r^4\nu^2B^2}{2R}$　⓪ $\dfrac{2\pi^4r^4\nu^2B^2}{R}$

［Ⅱ］次の問いの $\boxed{}$ の中の答えを，それぞれの解答群の中から１つずつ選べ。解答群の中の番号は，同じものを何度使ってもよい。

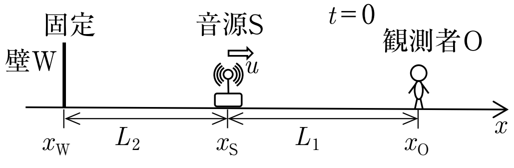

図１

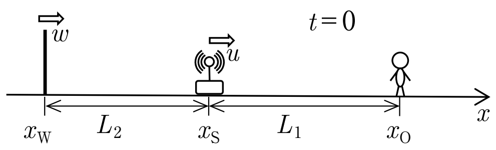

図２

図に示すように x 軸上に壁 W，音源 S，観測者 O がある。W，S，O のそれぞれの座標 x_W，x_S，x_O には，$x_W < x_S < x_O$ の関係がある。観測者 O は静止している。振動数（周波数）f_S の音波を出す音源 S が速さ u で観測者 O に近づく。また壁 W は固定されている場合（図１）と，速さ w で音源 S と観測者 O に向かってくる場合（図２）を考える。時刻 $t=0$ において，音源 S と観測者 O との距離が L_1，音源 S と壁 W との距離が L_2 である。L_1，L_2 は十分に大きく，壁 W，音源 S，観測者 O は互いにぶつかることはないとする。音の伝わる速さを V とし，$u < V$，$w < V$ であるとする。

まず図１のように壁 W が固定されている場合を考える。

(1) 時刻 $t=0$ に音源 S から壁 W の方向に出た音波は，時刻 $t_1=$ $\boxed{\text{ア}}$ に壁 W に到達する。壁 W を反射した音波は，時刻 $t_2=$ $\boxed{\text{イ}}$ に観測者 O に到達する。時刻 $t=0$ に音源 S から観測者 O の方向に出た音波は，時刻 $t_3=$ $\boxed{\text{ウ}}$ に観測者 O に到達する。

(2) 次に，時刻 $t=T_0$（$T_0>0$）では音源 S の位置は $\boxed{\text{エ}}$ だけ観測者 O に近づいている。時刻 $t=T_0$ に音源 S から壁 W の方向に出た音波は，時刻 $t_1'=T_0+$ $\boxed{\text{オ}}$ に壁 W に到達する。壁 W を反射した音波は，時刻 $t_2'=T_0+$ $\boxed{\text{カ}}$ に観測者 O に到達する。時刻 $t=T_0$ に音源 S から観測者 O の方向に出た音波は，時刻 $t_3'=T_0+$ $\boxed{\text{キ}}$ に観測者 O に到達する。

(3) １波長分の波を１個の波と数えると，時間 T_0 の間に音源 S は $N=$ $\boxed{\text{ク}}$ 個の波を出す。壁 W で反射して観測者 O に届く音波の振動数 f_R は，時刻 t_2 から t_2' の間に N 個の音波が届くことから，$f_R=$ $\boxed{\text{ケ}}$ $\times f_S$ と求められる。一方，音源 S から観測者 O に直接届く音波の振動数 f_D は，時刻 t_3 から t_3' の間に N 個の音波が届くことから，$f_D=$ $\boxed{\text{コ}}$ $\times f_S$ と求められる。したがって，観測者 O が単位時間（1 秒）あたりに聞くうなりの回数は $\boxed{\text{サ}}$ $\times f_S$ である。

次に，図２のように壁 W が速さ w で音源 S と観測者 O に向かってくる場合を考える。

(4) 時刻 $t=0$ に音源 S から壁 W の方向に出た音波は，壁 W で反射して時刻 $t_2''=$ $\boxed{\text{シ}}$ に観測者 O に到達する。時刻 $t=T_0$（$T_0>0$）に音源 S から壁 W の方向に出た音波は，壁 W で反射して時刻 $t_2'''=T_0+$ $\boxed{\text{ス}}$ に観測者 O に到達する。したがって，壁 W で反射して観測者 O に届く音波の振動数 f_R' は，$f_R'=$ $\boxed{\text{セ}}$ $\times f_S$ と求められる。

(5) 音源 S から壁 W の方向に出た音波は，壁 W で反射する前と比べて反射した後では，$\boxed{\text{ソ}}$。

(6) 音源 S から観測者 O に直接届く音波の振動数は，壁 W が固定されている場合と同じ f_D である。したがって，壁 W の速さが $w=$ $\boxed{\text{タ}}$ $\times u$ の場合にはうなりが生じない。

解答群

$\boxed{\text{ア}}$，$\boxed{\text{イ}}$，$\boxed{\text{ウ}}$

① $\dfrac{L_1}{V}$　② $\dfrac{L_1}{V+u}$　③ $\dfrac{L_1}{V-u}$　④ $\dfrac{L_2}{V}$　⑤ $\dfrac{L_2}{V-u}$

⑥ $\dfrac{L_2}{V+u}$　⑦ $\dfrac{L_1+2L_2}{V}$　⑧ $\dfrac{L_1+2L_2}{V+u}$　⑨ $\dfrac{L_1+2L_2}{V-u}$　⓪ $\dfrac{(V-u)L_1+2VL_2}{V^2-u^2}$

$\boxed{\text{エ}}$，$\boxed{\text{ク}}$

① VT_0　② uT_0　③ $(V+u)T_0$　④ $(V-u)T_0$　⑤ $\dfrac{T_0}{V}$

⑥ f_ST_0　⑦ $\dfrac{T_0}{f_S}$　⑧ $\dfrac{V}{T_0}$　⑨ $\dfrac{f_S}{T_0}$　⓪ $\dfrac{f_S}{V}$

$\boxed{\text{オ}}$，$\boxed{\text{カ}}$，$\boxed{\text{キ}}$

① $\dfrac{L_1}{V}$　② $\dfrac{L_1}{V+u}$　③ $\dfrac{L_1+uT_0}{V}$　④ $\dfrac{L_1-uT_0}{V}$　⑤ $\dfrac{L_2}{V}$

⑥ $\dfrac{L_2}{V-u}$　⑦ $\dfrac{L_2+uT_0}{V}$　⑧ $\dfrac{L_2-uT_0}{V}$　⑨ $\dfrac{L_1+2L_2}{V}$　⓪ $\dfrac{L_1+2L_2+uT_0}{V}$

$\boxed{\text{ケ}}$，$\boxed{\text{コ}}$，$\boxed{\text{サ}}$

① $\dfrac{u}{V}$　② $\dfrac{V}{u}$　③ $\dfrac{V}{V+u}$　④ $\dfrac{V+u}{V}$　⑤ $\dfrac{V}{V-u}$

⑥ $\dfrac{V-u}{V}$　⑦ $\dfrac{V-u}{V+u}$　⑧ $\dfrac{V+u}{V-u}$　⑨ $\dfrac{2Vu}{V^2-u^2}$　⓪ $\dfrac{4Vu}{V^2-u^2}$

$\boxed{\text{シ}}$，$\boxed{\text{ス}}$

① $\dfrac{L_1+2L_2}{V}$　② $\dfrac{L_1+2L_2}{V+w}$　③ $\dfrac{L_1}{V}+\dfrac{2L_2}{V+w}$

④ $\dfrac{L_1}{V+w}+\dfrac{2L_2}{V}$　⑤ $\dfrac{L_1+2L_2-(u-w)T_0}{V}$　⑥ $\dfrac{L_1-uT_0}{V}+\dfrac{2(L_2-wT_0)}{V+w}$

⑦ $\dfrac{L_1-uT_0}{V}+\dfrac{2(L_2+(u-w)T_0)}{V+w}$　⑧ $\dfrac{L_1}{V}+\dfrac{2(L_2+(u-w)T_0)}{V+w}$

$\boxed{\text{セ}}$

① $\dfrac{V^2}{(V+u)(V-w)}$　② $\dfrac{V^2}{(V-u)(V+w)}$　③ $\dfrac{V(V+u)}{V^2-w^2}$

④ $\dfrac{V(V+w)}{V^2-u^2}$　⑤ $\dfrac{2uw}{(V-u)(V+w)}$　⑥ $\dfrac{2uw}{(V+u)(V-w)}$

⑦ $\dfrac{V(V+w)}{(V+u)(V-w)}$　⑧ $\dfrac{V(V-w)}{(V-u)(V+w)}$

$\boxed{\text{ソ}}$

① 振動数が減少し，波長が長くなり，音波が伝わる速さは遅くなる
② 振動数が増加し，波長が短くなり，音波が伝わる速さは速くなる
③ 振動数が減少し，波長が長くなり，音波が伝わる速さは変わらない
④ 振動数が増加し，波長が短くなり，音波が伝わる速さは変わらない
⑤ 振動数が減少し，波長が短くなり，音波が伝わる速さは変わらない
⑥ 振動数が増加し，波長が長くなり，音波が伝わる速さは変わらない

$\boxed{\text{タ}}$

① 1　② 2　③ $\dfrac{V}{V+u}$　④ $\dfrac{V+u}{V}$

⑤ $\dfrac{V}{V-u}$　⑥ $\dfrac{V-u}{V}$　⑦ $\dfrac{V^2+u^2}{V^2-u^2}$　⑧ $\dfrac{V^2-u^2}{V^2+u^2}$

［Ⅲ］図のように，水平な床面上に半径 r のなめらかな球面が固定されている。床面と球面の接点を原点 O とし，水平方向に x 軸を，鉛直上向きに y 軸をとる。球面の中心を S とする。球面上の頂点 A に質量 m の小物体 p を置き，時刻 0 に x 軸の正の向きに速さ v_0 で p を発射する。重力加速度の大きさを g とし，空気抵抗を無視する。原点 O を重力による位置エネルギーの基準とする。

(1) 時刻 0 での小物体 p の運動エネルギー K_A と重力による位置エネルギー U_A を r，m，v_0，g の中から必要な量で表せ。

小物体 p が球面上の点 B まですべり降りた場合を考える。点 B での p の速さを v_B とし，角∠ASB を θ とする。

(2) 点 B での小物体 p の運動エネルギー K_B と重力による位置エネルギー U_B を r，m，g，v_B，θ の中から必要な量で表せ。

(3) K_A，U_A，K_B，U_B の間に成り立つ関係式を書け。

(4) v_B を r，m，v_0，g，θ の中から必要な量で表せ。

(5) 点 B で小物体 p に働く重力の大きさ f を r，m，g，v_B，θ の中から必要な量で表せ。

(6) 点 B で小物体 p は円運動を行うが，等速円運動ではない。しかし p に働く全ての力の合力を円の中心方向と接線方向に分解したとき，円の中心方向の分力の大きさ F_B は半径 r，速さ v_B の等速円運動での向心力の大きさと等しい。F_B を r，m，v_B で表せ。

(7) 点 B で小物体 p に働く球面からの垂直抗力の大きさ N を r，m，g，v_B，θ の中から必要な量で表せ。

(8) 問い(4)の答えを使って，N を r，m，v_0，g，θ の中から必要な量で表せ。

小物体 p は球面上の点 C まですべり降りた直後，球面から離れて放物運動を行った。角∠ASC を θ' とする。

(9) $\cos\theta'$ を r，m，v_0，g の中から必要な量で表せ。

(10) 仮に v_0 をある速さ V_0 より大きくすると，小物体 p は球面上をすべらずに放物運動を始めてしまう。その速さ V_0 を r，m，g の中から必要な量で表せ。

(11) 小物体 p が球面上をすべり降りるための v_0 の範囲 $0 < v_0 < V_0$ から θ' の取りうる範囲 $0 < \theta' < \theta'_m$ が導かれる。$\cos\theta'_m$ の値を求めよ。