2022 年度　中期入学試験問題

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２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．解答は、解答用紙Ａ（ＯＣＲ用紙）と解答用紙Ｂのそれぞれ指定された欄に記入してください。
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。

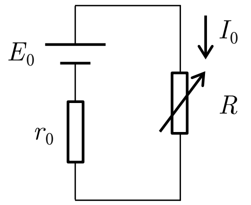


図１

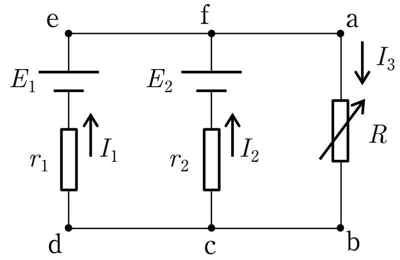


図２

図１のように接続した回路を考える。この回路は，起電力 E_0 の電池，抵抗値 r_0 の抵抗器 $\mathrm{r_0}$，抵抗値 R を変化させることができる可変抵抗器 R で構成されている。電池の内部抵抗は無視できる。可変抵抗器 R を流れる電流の大きさを I_0 とする。

(1) 可変抵抗器 R での電圧降下は $\boxed{\text{ア}}$ であり，抵抗器 $\mathrm{r_0}$ での電圧降下は $\boxed{\text{イ}}$ である。この回路にキルヒホッフの第２法則を用いると $\boxed{\text{ウ}}$ が得られる。よって，$I_0 =$ $\boxed{\text{エ}}$ である。

(2) 可変抵抗器 R での消費電力 P_0 は $\boxed{\text{オ}}$ であるので，$P_0 = \dfrac{E_0{}^2}{(\boxed{\text{カ}})^2+4r_0}$ と表すことができる。抵抗値 R を変化させたときに P_0 が最大となるのは，$R =$ $\boxed{\text{キ}}$ $\times\ r_0$ の場合であることが分かる。

次に図２のように接続した回路を考える。この回路は，起電力がそれぞれ E_1，E_2 の電池，抵抗値がそれぞれ r_1，r_2 の抵抗器 $\mathrm{r_1}$，$\mathrm{r_2}$，抵抗値 R を変化させることができる可変抵抗器 R で構成されている。電池の内部抵抗は無視できる。抵抗器 $\mathrm{r_1}$，$\mathrm{r_2}$，可変抵抗器 R を流れる電流をそれぞれ I_1，I_2，I_3 とする。それぞれの電流の符号は，図２中に示す矢印の向きに流れる場合を正とする。

(3) 回路中の交点 f についてキルヒホッフの第１法則を用いると $\boxed{\text{ク}}$ ＝ 0 が得られる。

(4) 回路中の経路 abcdefa についてキルヒホッフの第２法則を用いると $\boxed{\text{ケ}}$ が得られる。また, 経路 cdefc についてキルヒホッフの第２法則を用いると $\boxed{\text{コ}}$ が得られる。

(5) 問(3)と(4)で得た方程式を連立させて解くと，$I_3 =$ $\boxed{\text{サ}}$ が得られる。

(6) 可変抵抗器 R での消費電力 P_3 は $\boxed{\text{シ}}$ である。問(2)と同様な式変形を行って考えると，抵抗値 R を変化させたときに P_3 が最大となるのは，$R =$ $\boxed{\text{ス}}$ の場合であることが分かる。

解答群

$\boxed{\text{ア}}$，$\boxed{\text{イ}}$

① E_0　② RE_0　③ r_0E_0　④ $(R+r_0)E_0$　⑤ $\dfrac{Rr_0E_0}{R+r_0}$

⑥ I_0　⑦ RI_0　⑧ r_0I_0　⑨ $\dfrac{I_0}{R+r_0}$　⓪ $\dfrac{(R+r_0)I_0}{Rr_0}$

$\boxed{\text{ウ}}$

① $RI_0=E_0$　② $r_0I_0=E_0$　③ $RI_0+r_0I_0=E_0$　④ $RI_0-r_0I_0=E_0$

⑤ $RI_0+r_0I_0=-E_0$　⑥ $RI_0-r_0I_0=-E_0$　⑦ $I_0=(R+r_0)E_0$　⑧ $I_0=(R-r_0)E_0$

$\boxed{\text{エ}}$

① RE_0　② r_0E_0　③ $(R+r_0)E_0$　④ $\dfrac{E_0}{R}$

⑤ $\dfrac{E_0}{r_0}$　⑥ $\dfrac{E_0}{R+r_0}$　⑦ $\dfrac{R}{E_0}$　⑧ $\dfrac{R+r_0}{E_0}$

$\boxed{\text{オ}}$

① $\dfrac{E_0}{R^2}$　② $\dfrac{RE_0}{R+r_0}$　③ $\dfrac{R^2E_0}{(R+r_0)^2}$　④ $\dfrac{E_0{}^2}{R}$

⑤ $\dfrac{E_0{}^2}{2R}$　⑥ $\dfrac{E_0{}^2}{R+r_0}$　⑦ $\dfrac{RE_0{}^2}{(R+r_0)^2}$　⑧ $\dfrac{RE_0{}^2}{2(R+r_0)^2}$

$\boxed{\text{カ}}$

① $R+\dfrac{r_0}{R}$　② $R-\dfrac{r_0}{R}$　③ $\sqrt{R}+\dfrac{r_0}{\sqrt{R}}$

④ $\sqrt{R}-\dfrac{r_0}{\sqrt{R}}$　⑤ $\sqrt{R}+\sqrt{r_0}$　⑥ $\sqrt{R}-\sqrt{r_0}$

$\boxed{\text{キ}}$

① 1　② 2　③ $\sqrt{2}$　④ $\dfrac{1}{2}$　⑤ $\dfrac{1}{\sqrt{2}}$　⑥ $\dfrac{1}{4}$

$\boxed{\text{ク}}$

① $I_1+I_2+I_3$　② $I_1-I_2+I_3$　③ $I_1+I_2-I_3$

④ $I_1-I_2-I_3$　⑤ $I_1+I_2-2I_3$　⑥ $I_1+2I_2+3I_3$

$\boxed{\text{ケ}}$，$\boxed{\text{コ}}$

① $RI_3=E_1$　② $r_1I_1=E_1$　③ $RI_3+r_1I_1=E_1$　④ $RI_3-r_1I_1=E_1$

⑤ $RI_3+r_1I_1=E_1+E_2$　⑥ $r_2I_2=E_2$　⑦ $r_1I_1+r_2I_2=E_1+E_2$

⑧ $r_1I_1-r_2I_2=E_1-E_2$　⑨ $r_1I_1+r_2I_2=E_1-E_2$　⓪ $r_1I_1-r_2I_2=E_1+E_2$

$\boxed{\text{サ}}$，$\boxed{\text{シ}}$

① $\dfrac{r_2E_1+r_1E_2}{(r_1+r_2)R}$　② $\dfrac{R(E_1+E_2)}{r_1r_2}$　③ $\dfrac{E_1+E_2}{r_1+r_2+R}$　④ $\dfrac{r_2E_1+r_1E_2}{(r_1+r_2)R+r_1r_2}$

⑤ $\dfrac{(E_1+E_2)^2}{R}$　⑥ $\dfrac{R(E_1+E_2)^2}{(r_1+r_2+R)^2}$　⑦ $\dfrac{R(r_2E_1+r_1E_2)^2}{\{(r_1+r_2)R+r_1r_2\}^2}$

⑧ $\dfrac{(r_2E_1+r_1E_2)^2}{R\{(r_1+r_2)R+r_1r_2\}}$

$\boxed{\text{ス}}$

① r_1+r_2　② r_1r_2　③ $\dfrac{r_1}{r_2}$　④ $\dfrac{r_2}{r_1}$　⑤ $\dfrac{r_1r_2}{r_1+r_2}$　⑥ $\dfrac{r_1+r_2}{r_1r_2}$

［Ⅱ］次の問いの［　　］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。解答群の答えが数値の場合は，最も近いものを選べ。

図のように，２枚のガラス板を重ね，一方の端に厚さ d の薄い紙をはさむと，ガラス板の間にくさび形の空気層ができる。空気の屈折率を１とし，２枚のガラス板の接点Ｏから紙までの距離を L とする。このくさび形の空気層に真上から波長 λ の単色光を当てて真上から観察すると，等間隔の縞模様が現れる。この縞模様は，上のガラス板の下面で反射した光と下のガラス板の上面で反射した光が［ア］するために生じる。

上のガラス板の下面の点Ａで反射した光ａと点Ａからさらに進み下のガラス板の上面の点Ｂで反射した光ｂが［ア］する場合を考える。点Ｏから点Ｂまでの距離を x，点Ａから点Ｂまでの距離を y とすると，光ａと光ｂがたどる経路の差は［イ］となる。さらに，点Ａでの反射で光ａの位相は［ウ］が，点Ｂでの反射で光ｂの位相は［エ］。したがって，明線（縞模様の最も明るい線）と暗線（縞模様の最も暗い線）ができる条件（必要かつ十分な条件）はそれぞれ

明線の条件　［イ］＝［オ］　（$m=0,\ 1,\ 2,\ \cdots$）

暗線の条件　［イ］＝［カ］　（$m=0,\ 1,\ 2,\ \cdots$）

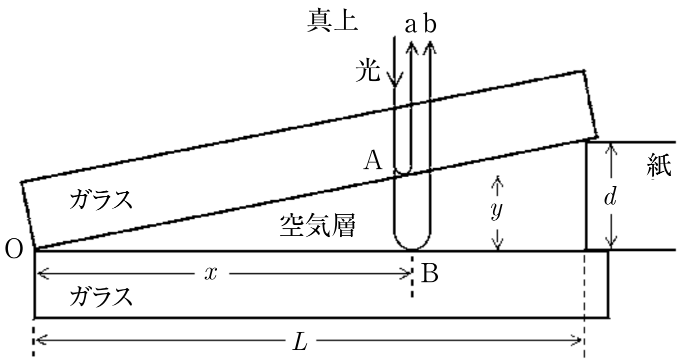
と表される。

ここで，空気層の形と直角三角形OABの関係に注目すると，x と y の間の関係式 $y=$［キ］が得られる。よって明線の位置 x は次式で表される。

$x=$［ク］　（$m=0,\ 1,\ 2,\ \cdots$）

さらに，隣り合う明線どうしの間隔 Δx は $\Delta x=$［ケ］となる。同様にして，隣り合う暗線どうしの間隔は［コ］となる。

点Ｏから紙までの距離を 30cm とし，波長 6.0×10^{-7}m の単色光を当てて空気層に生じる縞模様を観測すると，隣り合う明線どうしの間隔は 2.5mm であった。よって紙の厚さは［サ］mm である。さらに，２枚のガラス板と紙の配置を全く変えずに，２枚のガラス板の間をある液体で満たして，上と同じ単色光を当てて液体の層に生じる縞模様を観測する。ガラス，液体の屈折率をそれぞれ 1.5，1.2 とすると，液体中でのこの単色光の波長は［シ］$\times10^{-7}$m なので，隣り合う明線どうしの間隔は［ス］mm である。



解答群

［ア］
① 衝突　② 反応　③ 屈折　④ 干渉　⑤ 偏光　⑥ 共鳴（共振）

［イ］
① λ　② x　③ y　④ d　⑤ 2λ
⑥ $2x$　⑦ $2y$　⑧ $2d$　⑨ $\sqrt{x^2+y^2}$　⓪ 0

［ウ］，［エ］
① $\dfrac{\pi}{4}$ だけずれる　② $\dfrac{\pi}{2}$ だけずれる　③ π だけずれる　④ d だけずれる
⑤ $2d$ だけずれる　⑥ y だけずれる　⑦ $2y$ だけずれる　⑧ x だけずれる
⑨ $2x$ だけずれる　⓪ 変わらない

［オ］，［カ］
① $\dfrac{\lambda}{2}\cdot m$　② $\dfrac{\lambda}{2}\cdot 2m$　③ $\dfrac{\lambda}{2}\cdot 4m$　④ $\dfrac{\lambda}{2}\cdot(2m+1)$
⑤ $\dfrac{\lambda}{2}\cdot(4m+2)$　⑥ $\dfrac{d}{2}\cdot m$　⑦ $\dfrac{d}{2}\cdot 2m$　⑧ $\dfrac{d}{2}\cdot 3m$
⑨ $\dfrac{d}{2}\cdot(2m+1)$　⓪ $\dfrac{d}{2}\cdot(3m+1)$

［キ］
① $\dfrac{xd}{L}$　② $\dfrac{xL}{d}$　③ $\dfrac{Ld}{x}$　④ $\dfrac{xd}{2L}$　⑤ $\dfrac{xL}{2d}$　⑥ $\dfrac{Ld}{2x}$
⑦ $\dfrac{x^2d}{L^2}$　⑧ $\dfrac{x^2L}{d^2}$　⑨ $\dfrac{Ld^2}{x^2}$　⓪ $\dfrac{L^2d}{x^2}$

［ク］
① $\dfrac{mL\lambda}{d}$　② $\dfrac{mL\lambda}{2d}$　③ $\dfrac{mL\lambda}{4d}$　④ $\dfrac{(2m+1)L\lambda}{2d}$　⑤ $\dfrac{(2m+1)L\lambda}{4d}$
⑥ $\dfrac{m\lambda d}{L}$　⑦ $\dfrac{m\lambda d}{2L}$　⑧ $\dfrac{m\lambda d}{4L}$　⑨ $\dfrac{(2m+1)\lambda d}{2L}$　⓪ $\dfrac{(2m+1)\lambda d}{4L}$

［ケ］，［コ］
① $\dfrac{Ld}{\lambda}$　② $\dfrac{Ld}{2\lambda}$　③ $\dfrac{Ld}{4\lambda}$　④ $\dfrac{\lambda d}{L}$　⑤ $\dfrac{\lambda d}{2L}$
⑥ $\dfrac{\lambda d}{4L}$　⑦ $\dfrac{L\lambda}{d}$　⑧ $\dfrac{L\lambda}{2d}$　⑨ $\dfrac{L\lambda}{4d}$　⓪ 0

［サ］
① 1.8　② 2.5　③ 3.6　④ 7.2　⑤ 5.0
⑥ 2.5×10^{-6}　⑦ 5.0×10^{-6}　⑧ 0.018　⑨ 0.036　⓪ 0.072

［シ］，［ス］
① 1.0　② 2.1　③ 3.0　④ 4.2　⑤ 5.0
⑥ 6.0　⑦ 7.2　⑧ 8.4　⑨ 9.8　⓪ 2.5

［Ⅲ］図１のように長さが r の変形しない棒の一方の端に質量 m の小球をとりつけ，他方の端は支点Ｏに自由に回転できるように接続する。棒の質量や小球の大きさ，そして空気抵抗や支点Ｏにおける摩擦は無視できる。以下の問いに答えよ。ただし重力加速度の大きさは g とする。

A　はじめに，図１のように支点Ｏ直下に変形しない壁を設置・固定し，棒を鉛直下向きから 120° の角度まで振り上げたのち静かに手をはなした。そして，小球は円軌道を描いて壁面に垂直に衝突した。

（1）手をはなした瞬間の小球の重力による位置エネルギー E_0 を，m，g，r を用いて表せ。ただし，棒が鉛直下向きの場合の小球の位置を位置エネルギーの基準とする。

（2）壁に衝突する直前の小球の速さを v_0 とする。壁に衝突する直前の小球の運動エネルギー E_1 を，m，v_0 を用いて表せ。

（3）壁に衝突する直前の小球の速さ v_0 を，g，r を用いて表せ。

（4）壁に衝突する直前の小球の運動量の大きさ p_0 を，m，g，r を用いて表せ。

（5）壁と小球の跳ね返り係数 $e=1$ とする。小球が壁に衝突する間に壁が小球に与える力積の大きさ I_0 を m，g，r を用いて表せ。

（6）小球には接触センサーが取り付けられており，衝突時に小球は Δt 秒間壁に接触していることがわかった。小球が壁に衝突する間に壁に加わる力の大きさの平均値 $\overline{F}$ を Δt，g，m，r を用いて表せ。

B　次に，図２のように問題**A**において設置された壁が固定されていないとする。問題**A**と同様に，棒を鉛直下向きから 120° の角度まで振り上げたのち静かに手をはなした。壁は小球との衝突後に傾くことなく水平右方向に距離 x だけ動いた。ただし衝突直後から壁が停止するまでに小球が再び衝突することがなく，壁に加わる水平方向の力は地面と壁の間の動摩擦力だけとする。なお，速度，運動量，力は水平右方向を正とし，壁と小球の跳ね返り係数 $e=1$ とする。

（7）壁の質量を M（$M>m$），衝突直後の小球の速度を v_1，衝突直後の壁の速度を v_2 とする。衝突直後の小球と壁の運動量の和 p_1 を，v_1，v_2，M，m を用いて表せ。

（8）v_1，v_2 を M，m，g，r を用いて表せ。

（9）衝突直後から停止するまでの壁の運動エネルギーの変化量 ΔE を M，m，g，r を用いて表せ。

（10）動摩擦力の大きさを F_d とする。衝突直後，壁が動き始めてから停止するまでの間に F_d が壁にする仕事 W_d を F_d，x を用いて表せ。

（11）F_d を M，m，g，r，x を用いて表せ。

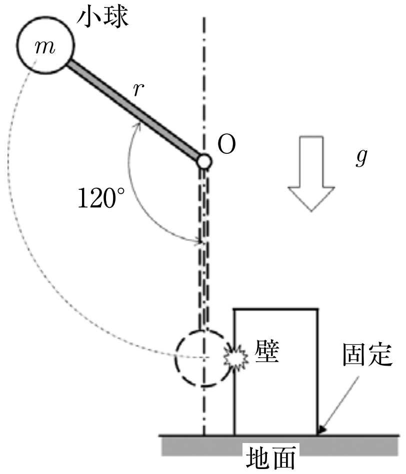


図１

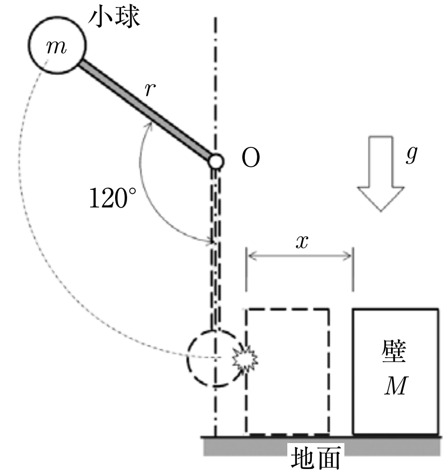


図２