2023年度　前期A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。

真空中で，図のように x 軸，y 軸をとり，紙面に垂直で裏から表への向き（記号⊙）に z 軸をとる。$x < d$（$d > 0$）の領域 D_1 には，z 軸の負の向き（記号⊗）に磁束密度の大きさ B の一様な磁場（磁界）がある。また，$x \geqq d$ の領域 D_2 には，y 軸の負の向きに強さ E の一様な電場（電界）がある。

質量 m，電気量 q（$q > 0$）を持つ粒子を原点Oに置き，x 軸の正の向きに速さ v_0（$v_0 > 0$）で発射する。

(1) 粒子を発射した直後に粒子に働く力の大きさは $F =$ $\boxed{\text{ア}}$ であり，力の向きは $\boxed{\text{イ}}$ である。

(2) 発射された粒子は領域 D_1 の中で円運動を始める。円運動の半径を r とすると，粒子の運動方程式より $m \times$ $\boxed{\text{ウ}}$ $= F$ が成り立つ。よって $r =$ $\boxed{\text{エ}}$ となる。

(3) 領域 D_1 の中で円運動を始めた粒子が領域 D_2 に到達するためには，$\boxed{\text{オ}}$ であることが必要かつ十分である。よって粒子が領域 D_2 に到達するために速さ v_0 が満たすべき条件は，$v_0 \geqq$ $\boxed{\text{カ}}$ である。

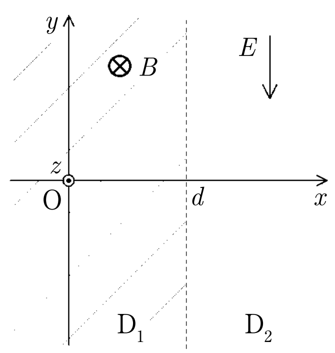
領域 D_1 の中で運動した粒子が，時刻0に速度 $\vec{v_1}$ で $x = d$ 上の点に到達し領域 D_2 の中で運動を始めたとする。時刻0での粒子の位置の y 座標を y_1 とし，速度 $\vec{v_1}$ と x 軸の間の角を θ とすると，$y_1 = r - \sqrt{r^2 - d^2}$，$\sin\theta = \dfrac{d}{r}$ と表される。

(4) 領域 D_2 の中で粒子に働く力の大きさは $\boxed{\text{キ}}$ である。よって粒子には大きさ $\boxed{\text{ク}}$ の加速度が $\boxed{\text{ケ}}$ に生じるため，粒子は放物運動を行う。

(5) 時刻 T において粒子の位置の y 座標が最大値 Y に到達したとする。時刻0から時刻 T までの間に粒子に働く力がした仕事 $W = -$ $\boxed{\text{コ}}$ は，この間の運動エネルギーの変化量と等しい。よって $Y = y_1 +$ $\boxed{\text{サ}}$ が得られる。さらに，問い(2)の結果を用いると，Y は次式のように表される。

$$Y = y_1 + \boxed{\text{シ}}$$

上式および $y_1 = r - \sqrt{r^2 - d^2}$ に注意して，v_0 を $\boxed{\text{カ}}$ から次第に大きくしていくと，Y は $\boxed{\text{ス}}$ から次第に $\boxed{\text{セ}}$ の方へ変化していく。



解答群

$\boxed{\text{ア}}$，$\boxed{\text{エ}}$

① qB　② qv_0B　③ mv_0B　④ $\dfrac{qB}{v_0}$　⑤ $\dfrac{qB}{mv_0}$

⑥ $\dfrac{qB}{2mv_0}$　⑦ $\dfrac{qB}{m{v_0}^2}$　⑧ $\dfrac{mv_0}{qB}$　⑨ $\dfrac{2mv_0}{qB}$　⓪ $\dfrac{m{v_0}^2}{qB}$

$\boxed{\text{イ}}$，$\boxed{\text{ケ}}$

① x 軸の正の向き　② x 軸の負の向き　③ y 軸の正の向き

④ y 軸の負の向き　⑤ z 軸の正の向き　⑥ z 軸の負の向き

$\boxed{\text{ウ}}$

① v_0　② ${v_0}^2$　③ $\dfrac{1}{2}{v_0}^2$　④ $\dfrac{v_0}{r}$　⑤ $\dfrac{{v_0}^2}{r}$

⑥ $\dfrac{v_0}{r^2}$　⑦ $\dfrac{v_0}{2r^2}$　⑧ $\dfrac{{v_0}^2}{r^2}$　⑨ $\dfrac{{v_0}^2}{2r^2}$

$\boxed{\text{オ}}$

① $0 < r \leqq d$　② $r \geqq d$　③ $-d \leqq r \leqq d$

④ $0 < r \leqq 2d$　⑤ $r \geqq 2d$　⑥ $-2d \leqq r \leqq 2d$

⑦ $0 < 2r \leqq d$　⑧ $2r \geqq d$　⑨ $-d \leqq 2r \leqq d$

$\boxed{\text{カ}}$

① $\dfrac{qBd}{m}$　② $\dfrac{qBd}{2m}$　③ $\dfrac{2qBd}{m}$　④ $\dfrac{qB}{md}$　⑤ $\dfrac{qB}{2md}$

⑥ $\dfrac{qBd^2}{m}$　⑦ $\dfrac{qB}{2md^2}$　⑧ $\sqrt{\dfrac{qBd}{m}}$　⑨ $\sqrt{\dfrac{2qBd}{m}}$　⓪ $\sqrt{\dfrac{qB}{md}}$

$\boxed{\text{キ}}$，$\boxed{\text{ク}}$

① E　② q　③ mq　④ qE　⑤ qv_0E

⑥ $\dfrac{E}{m}$　⑦ $\dfrac{q}{m}$　⑧ $\dfrac{qE}{m}$　⑨ $\dfrac{qv_0E}{m}$　⓪ $\dfrac{mE}{q}$

$\boxed{\text{コ}}$

① Ed　② EY　③ $E(Y - y_1)$　④ qEd　⑤ qEY

⑥ $qE(Y - y_1)$　⑦ qv_0Ed　⑧ qv_0EY　⑨ $qv_0E(Y - y_1)$　⓪ 0

$\boxed{\text{サ}}$

① $\dfrac{mv_0\sin\theta}{2E}$　② $\dfrac{mv_0\cos\theta}{2E}$　③ $\dfrac{mv_0\sin^2\theta}{qE}$　④ $\dfrac{mv_0\cos^2\theta}{qE}$

⑤ $\dfrac{m{v_0}^2\sin\theta}{qE}$　⑥ $\dfrac{m{v_0}^2\sin^2\theta}{qE}$　⑦ $\dfrac{m{v_0}^2\cos^2\theta}{qE}$

⑧ $\dfrac{m{v_0}^2\cos\theta}{2qE}$　⑨ $\dfrac{m{v_0}^2\sin^2\theta}{2qE}$　⓪ $\dfrac{m{v_0}^2\cos^2\theta}{2qE}$

$\boxed{\text{シ}}$，$\boxed{\text{ス}}$，$\boxed{\text{セ}}$

① d　② $\dfrac{qB^2d}{mE}$　③ $\dfrac{qB^2d^2}{2mE}$　④ $\dfrac{q^2B^2d}{2mE}$　⑤ $\dfrac{Bd^2v_0}{2E}$

⑥ $\dfrac{qBd^2}{mEv_0}$　⑦ $d + \dfrac{qB^2d}{mE}$　⑧ $d + \dfrac{qB^2d^2}{2mE}$　⑨ ∞（無限大）　⓪ 0

［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。解答群の答えが数値の場合は，最も近いものを選べ。

図１のように x 軸の正の方向に媒質を伝播する速さ $v = 20$m/s，振幅 A〔m〕の波（正弦波）がある。図１は時刻 $t = 0.1$ 秒のときの媒質の変位 y のグラフである。

(1) この波の波長は $\boxed{\text{ア}}$ m，振動数は $\boxed{\text{イ}}$ Hz，周期は $\boxed{\text{ウ}}$ 秒である。

(2) x 軸の負の方向に 8m/s で移動している人がこの波を観測すると，速さが $\boxed{\text{エ}}$ m/s，波長が $\boxed{\text{オ}}$ m，振動数が $\boxed{\text{カ}}$ Hz の波に見える。また，正の方向に 4m/s で移動している人がこの波を観測すると，速さが $\boxed{\text{キ}}$ m/s，波長が $\boxed{\text{ク}}$ m，振動数が $\boxed{\text{ケ}}$ Hz の波に見える。

(3) 静止している人から見た x における媒質の変位は t と x を用いて，$y =$ $\boxed{\text{コ}}$ と表される。

次に x 軸の正の方向に進行してきた波（入射波）がある位置で反射して逆向きに進んだ。入射波と反射波の合成波が定常波となったとする。図２はある時刻における入射波の波形を実線で，反射波の波形を破線で表している。

(4) n を任意の整数とすると，図２より定常波の節の位置は $x =$ $\boxed{\text{サ}}$ m，腹の位置は $x =$ $\boxed{\text{シ}}$ m である。また，$x > 5$m の最も原点に近い位置で反射したとすると，固定端反射の場合 $x =$ $\boxed{\text{ス}}$ m の位置で，自由端反射の場合 $x =$ $\boxed{\text{セ}}$ m の位置で反射している。

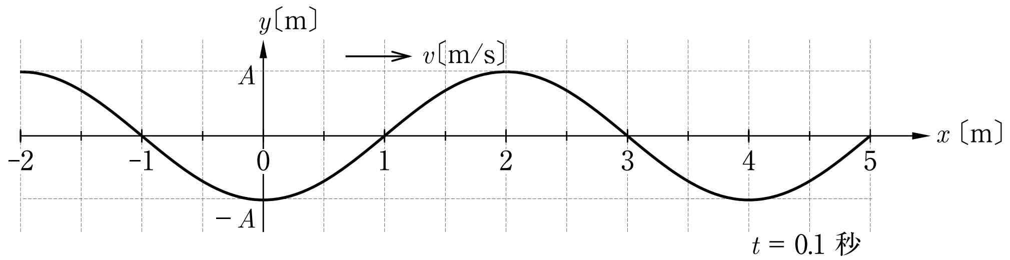


図１

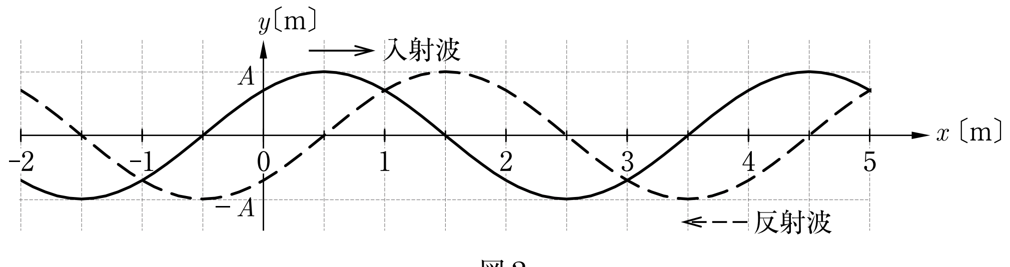


図２

解答群

$\boxed{\text{ア}}$，$\boxed{\text{イ}}$，$\boxed{\text{オ}}$，$\boxed{\text{カ}}$，$\boxed{\text{ク}}$，$\boxed{\text{ケ}}$

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5

⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⓪ 10

$\boxed{\text{ウ}}$

① 0.1　② 0.2　③ 0.3　④ 0.4　⑤ 0.5

⑥ 0.6　⑦ 0.7　⑧ 0.8　⑨ 0.9　⓪ 1

$\boxed{\text{エ}}$，$\boxed{\text{キ}}$

① 12　② 14　③ 16　④ 18　⑤ 20

⑥ 22　⑦ 24　⑧ 26　⑨ 28　⓪ 30

$\boxed{\text{コ}}$

① $A\sin 2\pi\left(\dfrac{t}{0.1}+\dfrac{x}{4}\right)$　② $A\cos 2\pi\left(\dfrac{t}{0.1}+\dfrac{x}{4}\right)$　③ $A\sin 2\pi\left(\dfrac{t}{0.2}+\dfrac{x}{4}\right)$

④ $A\cos 2\pi\left(\dfrac{t}{0.2}+\dfrac{x}{4}\right)$　⑤ $A\sin 2\pi\left(\dfrac{t}{0.2}+\dfrac{x}{2}\right)$　⑥ $A\cos 2\pi\left(\dfrac{t}{0.2}+\dfrac{x}{2}\right)$

⑦ $A\sin 2\pi\left(\dfrac{t}{0.1}-\dfrac{x}{4}\right)$　⑧ $A\cos 2\pi\left(\dfrac{t}{0.1}-\dfrac{x}{4}\right)$　⑨ $A\sin 2\pi\left(\dfrac{t}{0.2}-\dfrac{x}{4}\right)$

⓪ $A\cos 2\pi\left(\dfrac{t}{0.2}-\dfrac{x}{4}\right)$

$\boxed{\text{サ}}$，$\boxed{\text{シ}}$

① $\dfrac{n}{2}$　② $\dfrac{n}{2}+1$　③ $n+1$　④ $n+\dfrac{1}{2}$　⑤ $2n$

⑥ $2n+1$　⑦ $2n+\dfrac{1}{2}$　⑧ $3n$　⑨ $3n+1$　⓪ $4n$

$\boxed{\text{ス}}$，$\boxed{\text{セ}}$

① 5.5　② 6　③ 6.5　④ 7　⑤ 7.5

⑥ 8　⑦ 8.5　⑧ 9　⑨ 9.5　⓪ 10

［Ⅲ］図１は，滑らかな水平面 ab と，面 ab に接続した粗い斜面 bd を水平方向から見た図である。点 d には十分軽いバネの一端を固定し，このバネは斜面 bd と平行で滑らかに伸び縮みできる。バネの自然長の状態で，固定されていない一端の位置は点 c である。点 b, c, d は斜面に沿った一直線上に並んでいる。また，面 ab のすぐ近くには点 b から a の向きに一様な電場（電界）が加わっている。

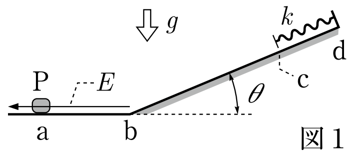


図１

以上の設定で，負に帯電した小物体 P を水平面上の点 a に静かに置くと，P は電気力によって運動し，点 b に到達した。ただし，P には点 b に到達する直前までは電気力が働くが，点 b に到達直後から斜面上を運動する間は電気力が働かない。そして P は，点 b に到達直後，速度の向きだけ変えて（速さは変わらず）斜面上を昇り始めた。P は斜面を昇り点 c でバネに接触し，その後，バネを押し縮めた状態で静止し続けた。

以下，点 ab 間の距離を L，点 bc 間の距離を H，小物体 P の電気量を $-Q$（$Q>0$），P の質量を m，電場の強さを E，バネのバネ定数を k，重力加速度の大きさを g，斜面と水平面の間の角 θ を $\sin\theta = 5/13$ かつ $\cos\theta = 12/13$ となる角，斜面 bd と P の間の動摩擦係数を $\mu' = 7/12$ とする。以下の問いの答えに角 θ の三角関数や μ' を使う場合は，これらの値を代入せよ。なお，重力による位置エネルギーと電位の基準点は点 b とし，空気抵抗は無視できるとする。

まず，小物体 P が水平面上で点 b に到達するまでの間の運動に注目する。

(1)　点 a の電位 ϕ_a と，点 a に静かに置かれた直後の P が持つ力学的エネルギー $\mathcal{E}_a$ を，L, Q, m, E, g の中から必要なものを使って答えよ。

(2)　P が点 b に到達する直前の速さ V_b を，L, Q, m, E, g の中から必要なものを使って答えよ。

続いて，小物体 P が点 b から斜面を昇り，点 c でバネに接触し，バネを押し縮めて静止するまでの間の運動に注目する。

(3)　P が点 c に到達するまでの間に，P に働く重力 $\vec{G}$，垂直抗力 $\vec{N}$，動摩擦力 $\vec{F'}$ それぞれの大きさ G, N, F' を，点 b での速さ V_b と Q, m, g の中から必要なものを使って答えよ。

(4)　図２には P が黒点で描いてある。図２の同心円状の補助線の半径は，小さい方から $mg/13$，$2mg/13$，$3mg/13 \cdots$ と，$mg/13$ ずつ大きくなっていく。解答用紙の図２に，P に働く重力 $\vec{G}$，垂直抗力 $\vec{N}$，動摩擦力 $\vec{F'}$ を表す矢印を，はっきり分かるように濃く描け。なお，どの矢印がどの力か分かるように，記号 $\vec{G}$，$\vec{N}$，$\vec{F'}$ も図２に記入すること。

(5)　図３には P が黒点で描いてある。点 c に到達するまでの間に P に働く力の和（合力）$\vec{T}$ の向きを表す矢印を解答用紙の図３に描け。また，$\vec{T}$ の大きさ T を，V_b, Q, m, g の中から必要なものを使って答えよ。

(6)　図４には P が黒点で描いてある。点 c に到達するまでの間の P の加速度 $\vec{A}$ の向きを表す矢印を解答用紙の図４に描け。また，$\vec{A}$ の大きさ A を，V_b, Q, m, g の中から必要なものを使って答えよ。

(7)　P が点 c に到達する直前の速さを V_c とする。また，P が点 c に到達する直前に持つ運動エネルギーを K_c，重力による位置エネルギーを U_c，そして点 b から c へ運動する間に動摩擦力が P に与えた仕事を W_{bc} とする。K_c, U_c, W_{bc} を，点 c での速さ V_c と H, Q, m, g の中から必要なものを使って答えよ。

(8)　P が点 b でもつ力学的エネルギー $\mathcal{E}_b$ と，K_c, U_c, W_{bc} の４つのエネルギーや仕事の間に成立する関係式を，$\mathcal{E}_b$, K_c, U_c, W_{bc} を使って答えよ。

(9)　P が点 c に到達してバネを押し縮めるためには，P の電気量 $-Q$ は不等式 $Q > Q_0$ を満たさなければならない。この下限 Q_0 を，L, H, m, E, g の中から必要なものを使って答えよ。

最後に，小物体 P がバネを押し縮めたまま静止し続ける状態に注目する。以下，P はバネの長さを h だけ押し縮めて静止したとする。

(10) 図５には P が黒点で描いてある。この静止状態で P に働く重力 $\vec{G}$，垂直抗力 $\vec{N}$，静止摩擦力 $\vec{F}$，バネの力 $\vec{S}$ の向きを表す矢印を解答用紙の図５に描け。なお，どの矢印がどの力か分かるように，記号 $\vec{G}$，$\vec{N}$，$\vec{F}$，$\vec{S}$ も図５に記入すること。

(11) この静止状態が実現するためには，P と斜面 bd の間の静止摩擦係数 μ は不等式 $\mu \geqq \mu_0$ を満たさなければならない。この下限 μ_0 を，h, k, H, Q, m, g の中から必要なものを使って答えよ。

(12) バネが縮んだ長さ h は以下のように与えられる。三箇所の空欄には同じ数値が入る。その数値を答えよ。

$$h = \frac{1}{k}\left(-\square\, mg + \sqrt{(\square)^2 (mg)^2 + 2k(QEL - \square\, mgH)}\right)$$

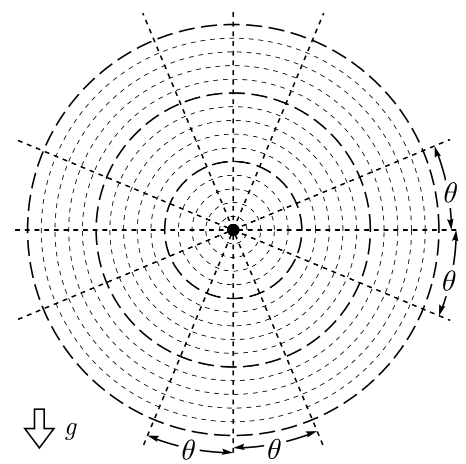


図２

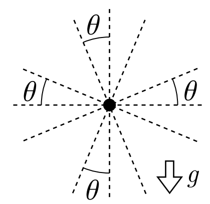


図３，４，５（同じ図）