令和 8 年度(**前期日程**)

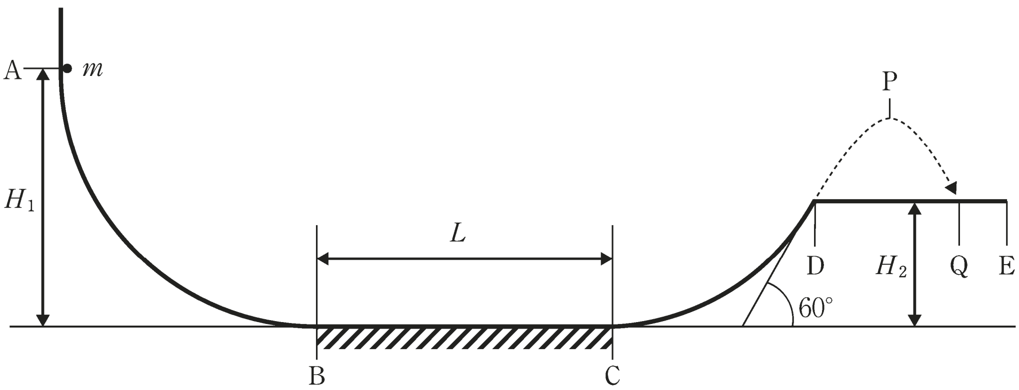
入学者選抜学力検査問題

物　　理

〔**注意事項**〕

1. 監督者の指示があるまで，この冊子と解答用紙を開いてはいけません。
2. この冊子の問題は 7 ページからなっています。また，解答用紙は 3 枚，下書用紙は 1 枚あります。監督者から解答開始の合図があったら，この冊子，解答用紙，下書用紙を確認し，落丁・乱丁，印刷の不鮮明な箇所などがあれば，手をあげて監督者に知らせなさい。
3. **解答用紙には受験番号を記入する欄がそれぞれ 2 箇所ずつあります。監督者の指示に従って，3 枚すべての解答用紙の受験番号欄(合計 6 箇所)に受験番号を必ず記入しなさい。**
4. **解答は，必ず解答用紙の指定された場所(問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中)に記入しなさい。その際，特に要求されていなければ，途中の計算式などを書かずに，問いに対する答えのみを記入しなさい。**
5. 解答用紙の欄外や裏面には何も書いてはいけません。
6. 下書用紙への記入の有無・内容は自由です。
7. この冊子の白紙と余白は，下書きや計算などに使用しても構いません。
8. 解答用紙は，持ち帰ってはいけません。
9. この冊子および下書用紙は，持ち帰りなさい。

Ⅰ　図のように，摩擦がない曲面 AB，摩擦がある水平面 BC，摩擦がない曲面 CD がなめらかにつながっている。いま，質量 m の小物体を水平面 BC から高さ H_1 にある点 A で静かにはなしたところ，点 B へ曲面に沿ってすべり出した。小物体はその後，水平面 BC 上を静止することなく通過し，曲面 CD で戻ることなく点 D から水平面に対して角度 60° で斜方投射されて，最高点 P を通過した後に水平面 DE 上の点 Q に落下した。水平面 BC と小物体との間の動摩擦係数を μ'，BC 間の距離を L，水平面 BC から測った点 D の高さを H_2 とする。水平面 BC を重力による位置エネルギーの基準面とし，重力加速度の大きさを g とする。以下の問いに答えよ。



図

(1)　小物体が点 B を通過する瞬間の速さを求めよ。

(2)　小物体が水平面 BC を移動するときに受ける動摩擦力を右向きを正として求めよ。

(3)　小物体が点 B から点 C まで移動する間の力学的エネルギーの変化を求めよ。

(4)　小物体が点 C を通過する瞬間の力学的エネルギーを求めよ。

(5)　小物体が点 D を通過する瞬間の速さを求めよ。

(6)　最高点 P の高さを，水平面 BC を高さの基準面として求めよ。

(7)　DQ 間の距離を求めよ。

（配点率 33 %）

Ⅱ 図１に示すように，磁束密度の大きさが B で鉛直上向きの一様な磁場中に，まっすぐな導体棒２本を間隔 L で平行に並べてレールを構成する(以下「導体レール」と呼ぶ)。そして，導体レールの下端 a と b を，ab が水平かつ導体レールに垂直になるようにし，レールがつくる面が水平面に対して傾斜角度 $\theta\left(0 < \theta < \frac{\pi}{2}\right)$となるように斜面を形成して固定する。この斜面上に，長さ L，質量 M，単位長さあたり r の一様な電気抵抗をもつまっすぐな導体棒 X(以下「X」と呼ぶ)を水平に置くと，その両端 c と d において導体レールと接触する。以下では，X が斜面上にあるときは，常に水平を保ちながら c と d において導体レールと接触している。また，X の斜面上での運動において摩擦や空気抵抗は考えない。重力加速度の大きさを g とする。

図１において，導体レールに電気抵抗が無視できる材料を用い，ab 間を電気抵抗が無視できるまっすぐな導線で接続した。X を斜面上に置くと閉回路 abcd が形成される。X を置いて静かに手を離すと X は斜面をすべりはじめた。手を離した時刻を $t = 0$ とし，時刻 t における X の斜面に沿った下向きの速度を v とする。ただし，X が導体レールの下端 ab に到達するよりも前の状態を考えるものとする。以下の(1)～(4)の問いに答えよ。

(1) 時刻 t において閉回路 abcd に生じる誘導起電力の大きさと向きを求めよ。ただし，向きについては次の２つの選択肢，(ア)a → b → c → d，(イ)d → c → b → a から適切なものを１つ選んで解答用紙の解答欄に丸をつけよ。

(2) 時刻 t における閉回路 abcd に流れる電流の大きさを求めよ。

(3) 時刻 t における X の斜面に沿った方向の加速度を求めよ。ただし，斜面下向きを正とする。

(4) X の斜面に沿った速度はやがて一定の値に近づく。このときの速度の大きさを求めよ。

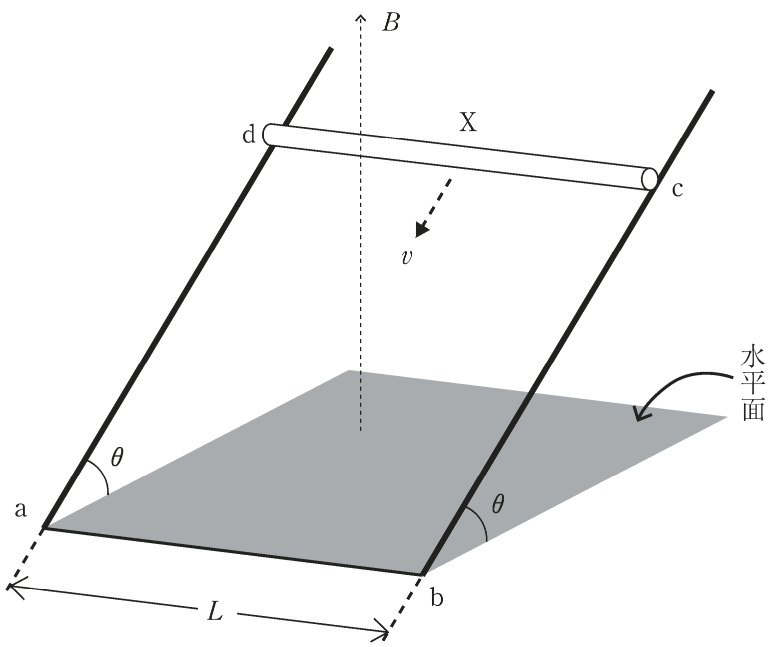


図 1

次に，図１とは，導体レールを構成する材料と，その下端 ab 間の接続が異なる状況を考えて，図２のように構成した。図２では，導体レールに単位長さあたり r の一様な電気抵抗をもつ材料を用いた。また，その下端 ab に，電気抵抗の無視できるまっすぐな導線と，大きさと内部抵抗が無視できる直流電源を接続し，一定の電圧 V を与えた。X を斜面上に置いて静かに手を離すとすべりはじめたが，導体レールの下端 ab から斜面に沿った距離 $h\,(h > 0)$ の位置で静止した。以下では，この位置を「静止位置」と呼ぶ。以下の(5)～(9)の問いについて【　】内の文字をすべて用いた式で答えよ。

(5)　X が静止位置にあるとき閉回路 abcd に流れている電流の大きさを求めよ。【h，L，r，V】

(6)　h を求めよ。【B，g，L，M，r，V，θ】

(7)　X を静止位置から斜面に沿って下向きにわずかに手で押し下げて離すと，X は静止位置を中心に斜面に沿って微小振動した。このとき斜面に沿った方向において，静止位置からの微小変位を y として，X にはたらく力 F を求めよ。ただし，y と F は斜面に沿って下向きを正にとり，$|y| \ll h$ および $|y| \ll L$ とする。また X の微小振動によって生じる誘導起電力は無視できるものとする。【B，g，h，L，M，r，V，y，θ】

(8)　問(7)の微小振動を近似的に単振動とみなす。問(7)で求めた X にはたらく力 F を微小変位 y に比例する形 $F \fallingdotseq -ky$ で近似して，その比例定数 $k\,(k > 0)$ を求めよ。ここで，変数 x が $|x| \ll 1$ であるとき近似式 $\dfrac{1}{1+x} \fallingdotseq 1 - x$ が成り立つものとする。【g，h，L，M，θ】

(9)　問(8)の単振動の周期を求めよ。【B，g，L，M，r，V，θ】

（配点率 33 %）

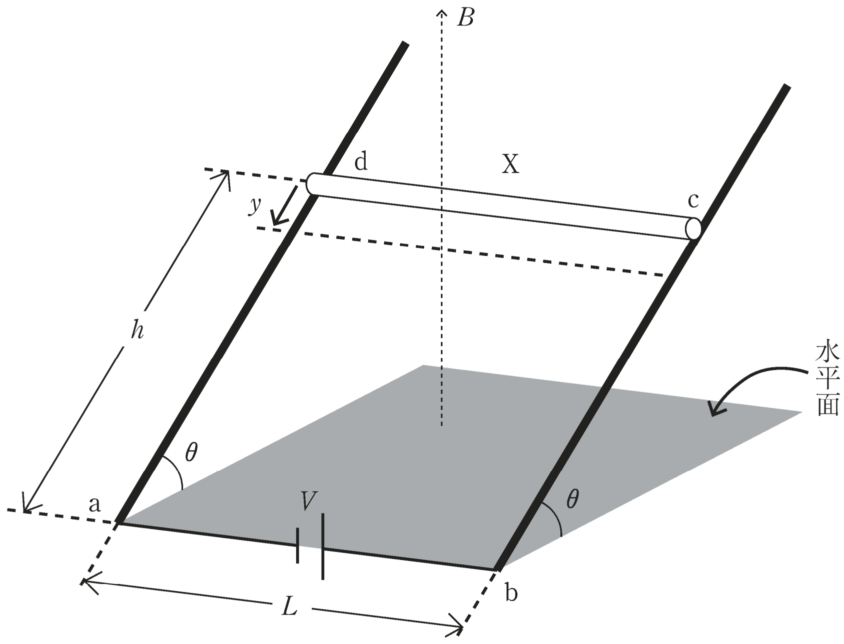


図 2

Ⅲ 水面に生じる波についての以下の文章を読んで，あとの問いに答えよ。

まず，x 軸の正の向きに進む正弦波について考える。正弦波の振幅を A_0，周期を T，波長を λ，初期位相を ϕ とすると，時刻 t における位置 x の水面の高さの変位 h は，以下の式(＊)のように，

$$h = A_0 \sin\left(\boxed{（ア）}\ t - \boxed{（イ）}\ x + \phi \right) \quad \cdots\cdots\cdots (*)$$

と表される。

次に，水面を伝わる円形波について考える。図のように，x 軸(紙面の右向きが正)と y 軸(紙面の上向きが正)をとる。y 軸上の２点$(0,\ d)$と$(0,\ -d)$に，それぞれ同じ周期，同じ振幅で振動する波源 S_1，S_2 を置く。S_1，S_2 から広がる円形波について，各波源からの距離 r_1，r_2 におけるそれぞれの波による水面の高さの変位 h_1，h_2 は，振幅をそれぞれ $A(r_1)$，$A(r_2)$，初期位相をそれぞれ ϕ_1，ϕ_2，時刻を t，周期を T，波長を λ とすると，振幅が距離に依存する以外は式(＊)と同様に，

$$h_1 = A(r_1)\sin\left(\boxed{（ア）}\ t - \boxed{（イ）}\ r_1 + \phi_1 \right)$$
$$h_2 = A(r_2)\sin\left(\boxed{（ア）}\ t - \boxed{（イ）}\ r_2 + \phi_2 \right)$$

と表される。図に示した同心円は，波源 S_1，S_2 から同位相の円形波が広がったときの様子を示し，波の山を実線，波の谷を破線で示す。

波源 S_1 と S_2 からの２つの円形波の干渉を考慮すると，$\boxed{（ウ）}$ の原理により，直線 $x = L$ 上の点 $P(L,\ y)$における変位は，$h_1 + h_2$ となる。S_1 から点 P までの距離を L_1，S_2 から点 P までの距離を L_2 とする。ここで，もし両波源からの波の振幅が等しいとみなせるときその値を A_P とおけば，点 P における変位は，

$$h_1 + h_2 = \boxed{（エ）}\cos\left(\boxed{（オ）} \right)\sin\left(\boxed{（カ）} \right)$$

と表される。このとき，$\cos\left(\boxed{（オ）} \right)$は時刻 t によらず，$\sin\left(\boxed{（カ）} \right)$は時刻 t によって周期的に変化する。さらに，L_1 と L_2 を d，L，y を用いて表すと，$L_1 = \sqrt{\boxed{（キ）}}$，$L_2 = \sqrt{\boxed{（ク）}}$ である。

いま，点 P が原点 O から十分離れた x 軸の近くにある場合を考えて，$d \ll L$，$|y| \ll L$ とみなし，また点 P においては S_1，S_2 両波源からの波の振幅が等しく A_P とみなせるとする。ここに，$|\alpha| \ll 1$ のとき $\sqrt{1+\alpha} \fallingdotseq 1 + \dfrac{1}{2}\alpha$ が成り立つことを $|y \pm d| \ll L$ に適用して L_1 と L_2 を近似すると，点 P における変位は，

$$h_1 + h_2 \fallingdotseq \boxed{（エ）}\cos\left(\boxed{（ケ）} \right)\sin\left(\boxed{（コ）} \right)$$

と表される。よって，点 P における変位の振幅は，$\left| \boxed{（エ）}\cos\left(\boxed{（ケ）} \right) \right|$ と表される。

(1)　空欄(ア)，(イ)に入る適切な式を答えよ。

(2)　空欄(ウ)に入る適切な語句を答えよ。

(3)　空欄(エ)，(オ)，(カ)に入る適切な式を，A_P，L_1，L_2，T，t，λ，ϕ_1，ϕ_2 の中から必要なものを用いて答えよ。ただし，$\sin a + \sin b = 2\sin\dfrac{a+b}{2}\cos\dfrac{a-b}{2}$ である。

(4)　空欄(キ)，(ク)に入る適切な式を答えよ。

(5)　空欄(ケ)に入る適切な式を，d，L，y，λ，ϕ_1，ϕ_2 をすべて用いて答えよ。

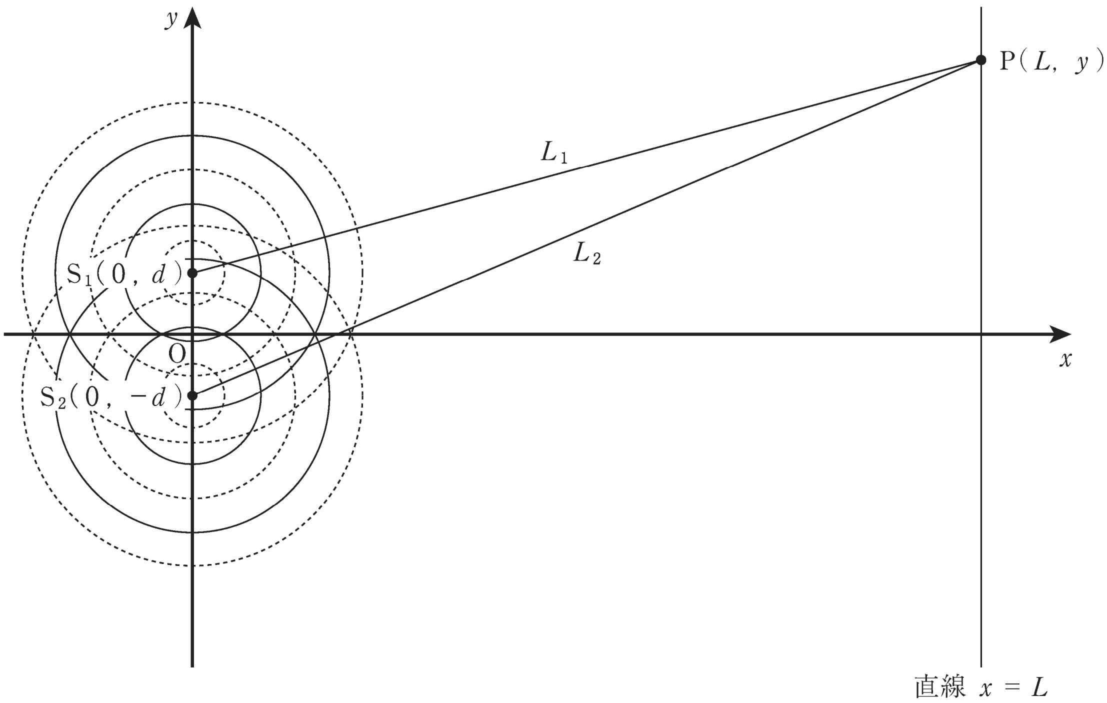
(6)　空欄(コ)に入る適切な式を，d，L，T，t，y，λ，ϕ_1，ϕ_2 をすべて用いて答えよ。

以上のことから，原点 O から十分離れた直線 $x = L$ 上での x 軸近くでの変位の振幅は，y 座標の値によって周期的に変化する。この振幅が最大となる点は直線 $x = L$ 上で等間隔にならぶ。その間隔を k とする。

(7)　k の値を，d，L，λ の中から必要なものを用いて答えよ。

(8)　その振幅の y による変化を，(a) $\phi_1 - \phi_2 = 0$ (同位相)，(b) $\phi_1 - \phi_2 = \pi$ (逆位相)，(c) $\phi_1 - \phi_2 = \dfrac{\pi}{2}$ の場合について，それぞれグラフに描け。

(配点率 34 %)



図

(以　上)