九州大学　一般 前期

平成25年度入学試験問題

理　　　科

（注 意 事 項）

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があったら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。

	問題冊子	解答紙	
科　目	ページ	解答紙番号	枚　数
物理Ⅰ・物理Ⅱ	1 ～ 12	20 ～ 22	3
化学Ⅰ・化学Ⅱ	13 ～ 26	23 ～ 28	6
生物Ⅰ・生物Ⅱ	27 ～ 46	29 ～ 36	8
地学Ⅰ・地学Ⅱ	47 ～ 59	37 ～ 41	5

4. 各解答紙の2箇所に受験番号を記入すること。
5. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
6. 計算その他を試みる場合は，解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
7. この教科は，2科目250点満点（1科目125点満点）です。なお，医学部保健学科（看護学専攻）については，2科目100点満点に換算します。

物　理　Ⅰ・物　理　Ⅱ

〔1〕 以下の問いに答えよ。(40点)

図1のように水平な床，床となめらかに接続している曲面，質量Mの台，質量mの大きさの無視できる小物体がある。台上の点Aと点Bの間は斜面になっており，点Aは床よりhだけ高く，点Bは床と同じ高さにある。点Aと点Bは水平方向にはwだけ離れている。斜面ABと床は点Bでなめらかにつながっている。台の重心Gは点Aの鉛直下方にあり，床からの高さはlである。床と曲面は点Cで接続している。CDは半径rの円弧となっており，その中心点Pは点Cの鉛直上方にある。

台は床の上を移動でき，床から離れることはないものとする。小物体は斜面AB，床，および曲面CDの上を移動でき，これらの面のいずれかに常に接しているものとする。床の上にある台の位置エネルギーはゼロとする。小物体については床を位置エネルギーの基準面とする。重力加速度をgとし，摩擦および空気抵抗は無視する。

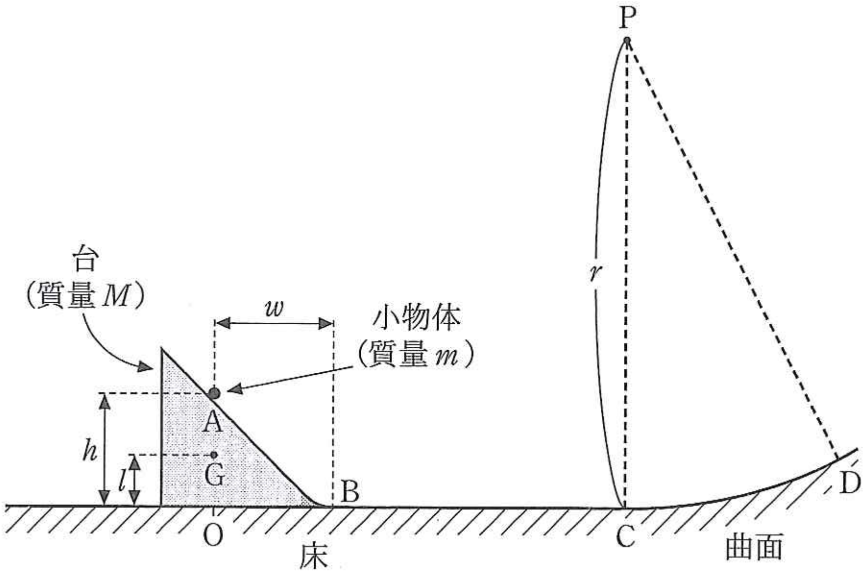

図1

問 1．最初，台は静止しており，点Gは床の上に固定された点Oの鉛直上方にあった。点Aに小物体を置いて，静かに放した。

(1) 台と小物体の力学的エネルギーの和を求めよ。

(2) 小物体が点Aにあるとき，小物体と台からなる2物体の重心の，床からの高さを求めよ。

問 2. 斜面ABの上を小物体が下っている間，台も床の上を移動するが，小物体と台からなる2物体の重心は水平方向には移動しない。このことに注意して，小物体が台上の点Bまで来たとき，点Oから小物体までの距離を求めよ。

問 3. その後，小物体は台を離れ，床の上を移動しはじめた。

(1) 次の文中の空欄[ア]と[イ]に入る適切な語句を，下記の(A)~(F)から選び，解答欄に記号で答えよ。

「小物体が点Aにある時から台を離れた直後までの間，小物体と台は水平方向には[ア]を受けないため，小物体と台の[イ]の水平成分の和は変化しない。」

(A) 抗力，(B) 運動エネルギー，(C) 外力，(D) 速度，(E) 運動量，(F) 反作用

(2) 小物体が台を離れた直後，小物体の速さは台の速さの何倍になるか。

(3) 台を離れた直後の小物体の速さを求めよ。

問 4. その後，小物体は曲面CDをのぼり，最高点Dに達し，下りはじめた。

(1) 点Dの床からの高さを求めよ。

(2) Mがmより十分大きく$\dfrac{m}{M} = 0$とおける場合，点Dの床からの高さを求めよ。

(3) 点Cから小物体までの円弧の長さをxとする。また小物体が受ける重力の，曲面に沿った方向の成分をFとする。xがrより十分小さいとき，Fはxに比例する。その比例定数を解答欄に書け。ただしFの符号は曲面をのぼる向きを正とする。

(4) (3)で考えたxとFは，それぞれ，単振動する物体の変位とその物体が受ける復元力とみなすことができる。このことを踏まえて，円弧CDの長さがrより十分小さいとき，小物体が点Dから点Cまで下るのにかかる時間を求めよ。

〔２〕 以下の問いに答えよ。(45 点)

真空中にx，y座標を図 2(a)のようにとり，質量m，電荷$q(q > 0)$の 1 個の荷電粒子がxy平面内で運動する場合を考える。図 2(a)中に網かけで示した 2 つの領域にはxy平面に垂直な方向を向いた一様な磁場が存在し，その磁束密度の大きさは，それぞれ，$y > 0$で表される領域 1 ではB_1であり，$y < -d$で表される領域 2 ではB_2である。また，$-d \leqq y \leqq 0$で表される領域 3 にはy軸の正の方向を向いた一様な電場が存在する。なお，荷電粒子の大きさと重力の影響は無視できるものとする。

いま，領域 3 の電場の大きさが$E(E > 0)$であるとする。はじめに原点 O の位置にあった荷電粒子が速さv_0でy軸の正の方向に放出され，O，P，Q，R，S，… の各点を通る軌道を描いて運動した。ここで，直線距離 OP = PS = QR であった。以下の問題中，式で答える問題では，特に断らない限り，m，q，d，E，B_1，v_0のうち必要なものを用いて答えよ。

問 1. 荷電粒子が，領域 1 および領域 2 を通過する際に，磁場から受ける力は何と呼ばれるか。

問 2. 領域 1 および領域 2 中の磁場の向きは，それぞれ紙面の「表から裏」，または「裏から表」のどちらか。

問 3. OP 間の直線距離を求めよ。

問 4. 荷電粒子が OP 間の軌道を描くのに要する時間を求めよ。

問 5. 荷電粒子が OP 間の軌道を描く際に，磁場が荷電粒子にする仕事を求めよ。

問 6. 荷電粒子が点 P から点 Q に向かって運動するときの加速度の大きさと向きを求めよ。

問 7. 荷電粒子が点 Q に達したときの荷電粒子の速さを求めよ。

問 8. 領域 2 の磁束密度の大きさB_2を求めよ。ただし，問 7 で求めた速さをv_Qとして，v_Qを用いて答えよ。

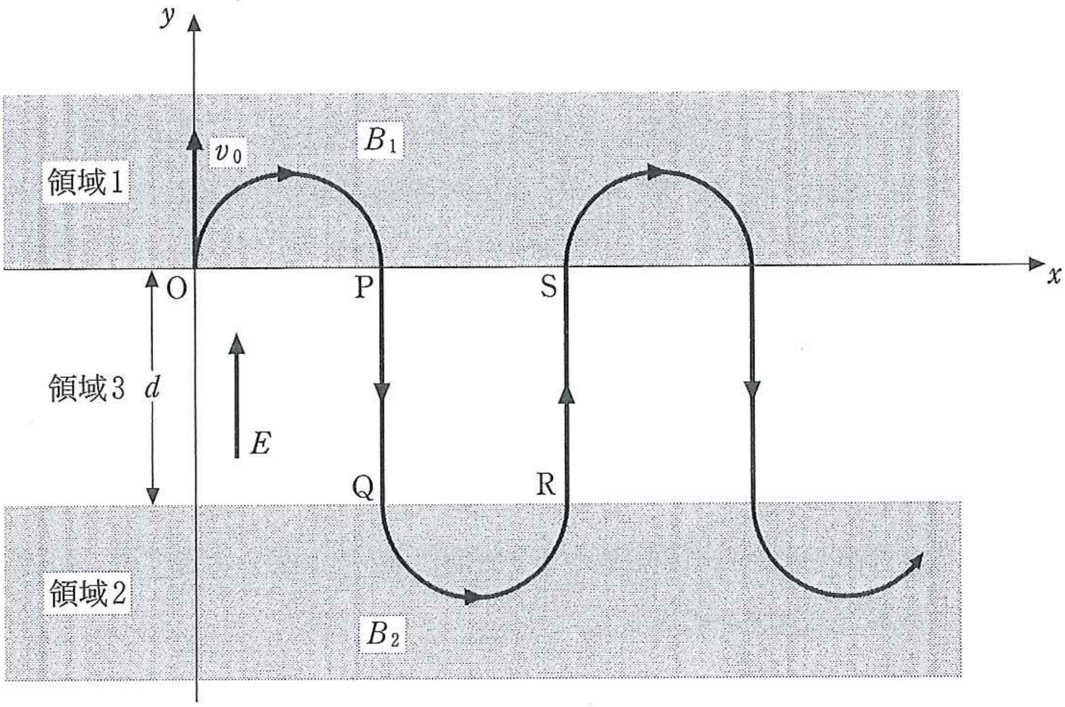

図 2(a)

次に図 2 (a)と同じ状況で電場の大きさだけを E' ($E' > 0$) にしたところ，図 2 (b)のように，原点 O から速さ v_0 で y 軸の正の方向に放出された荷電粒子は点 P を通って点 Q まで到達したのち，そこから引き返して点 P に戻り，このようにして，点 O，P，Q，P，S，R，S，… を順に通って運動した。

問 9. このとき，電場の大きさ E' を求めよ。

問10. 荷電粒子が点 P を通過した瞬間から点 Q に到達するまでの時間を求めよ。

問11. 運動をはじめてから十分長い時間を考えると，荷電粒子は図 2 (b)の軌道を描きながら，ある平均の速さで x 方向に進んでいるとみなすことができる。この平均の速さを求めよ。

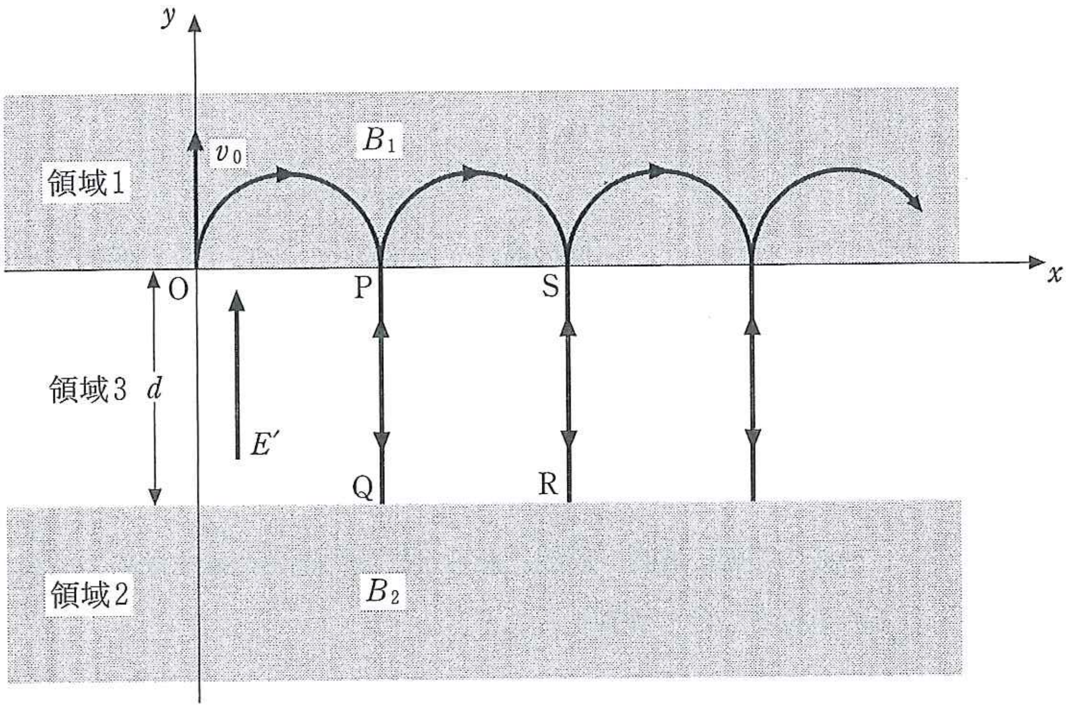

図 2(b)

〔3〕 以下の問いに答えよ。(40 点)

水面に発生する波について考える。

問 1. 無限に広い水面上で，水面の高さ h が図 3 (a), (b)のように変化する正弦波が観測された。観測された波は時間，空間に対して無限に続いていて，x 方向にのみ伝わっているものとする。図 3 (a)は時刻 $t = 0\,\mathrm{s}$ のときの波形を，図 3 (b)は $x = 5\,\mathrm{m}$ の地点における水面の高さの時間変化をそれぞれ表している。

(1) この波の振幅，波長，周期，ならびに波の進む速さを求めよ。なお，それぞれ単位をつけて解答すること。

(2) 次式で表した水面の高さ $h(x,\ t)$ において，a〜d の値をそれぞれ単位をつけて求めよ。なお，a, b については，$a > 0\,\mathrm{m}$, $-10\,\mathrm{m} < b < 10\,\mathrm{m}$ を満足する値を選ぶこと。

$$h(x,\ t) = a \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{x+b}{c} + \frac{t}{d} \right) \right\}$$

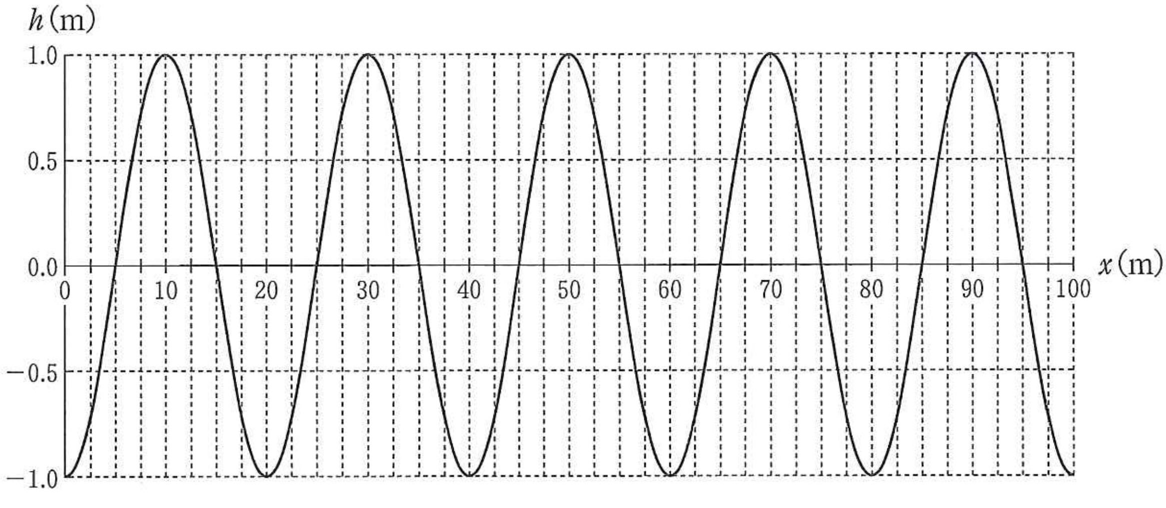
h (m)
1.0
0.5
0.0
−0.5
−1.0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
x (m)

図 3 (a)

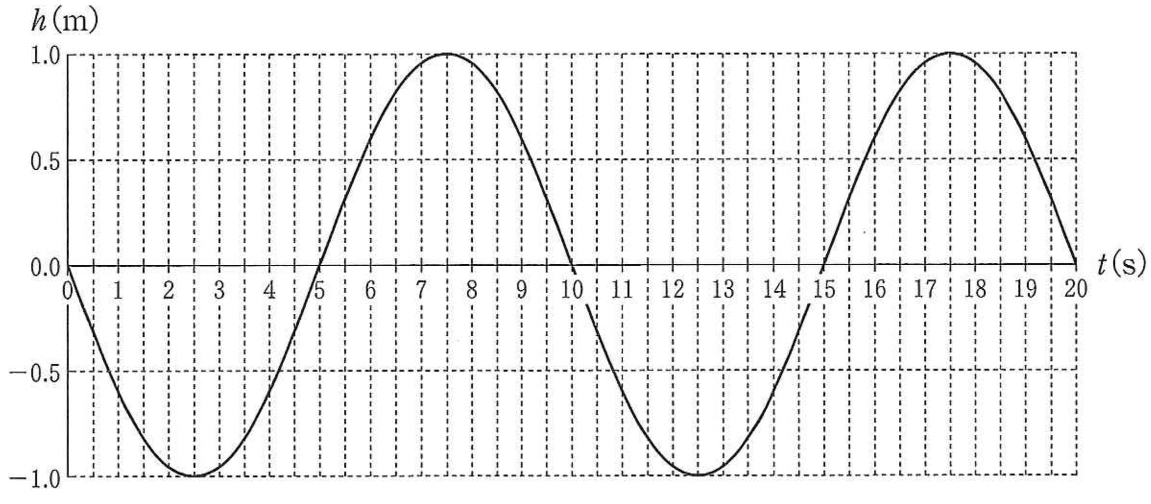
h (m)
1.0
0.5
0.0
−0.5
−1.0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
t (s)

図 3 (b)

問 2. 図 3(C)に示すように x 軸の正方向に進行する入射波 $h_{\mathrm{i}}(x,\ t)$ が，次式で表されている場合を考える。

$$h_{\mathrm{i}}(x,\ t) = A\cos\left\{2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right\}$$

ここで，A，λ，T は x および t によらない正の定数とする。

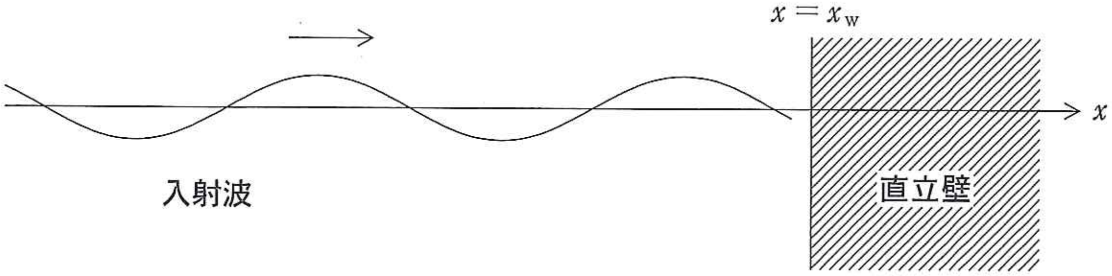

図 3(C)

(1) $x = x_{\mathrm{w}}\,(x_{\mathrm{w}} > 0)$ にある x 軸に対して直交する直立壁において，この波が反射して反射波 $h_{\mathrm{r}}(x,\ t)$ が発生した。

$h_{\mathrm{r}}(x,\ t)$ を次式で表す場合に，D と E に入る組み合わせのうち正しいものを下記のア～カから選び解答欄に記号で答えよ。

$$h_{\mathrm{r}}(x,\ t) = D\cos(2\pi E + \delta)$$

ここで，δ は直立壁の位置 x_{w} により決定される位相のずれを表し，x および t によらないとする。

	D	E
ア：	A	$\dfrac{x}{\lambda} - \dfrac{t}{T}$
イ：	$\dfrac{A}{2}$	$\dfrac{x}{\lambda} - \dfrac{t}{T}$
ウ：	$2A$	$\dfrac{x}{\lambda} - \dfrac{t}{T}$
エ：	A	$\dfrac{x}{\lambda} + \dfrac{t}{T}$
オ：	$\dfrac{A}{2}$	$\dfrac{x}{\lambda} + \dfrac{t}{T}$
カ：	$2A$	$\dfrac{x}{\lambda} + \dfrac{t}{T}$

(2) 上述の状況について説明した次の文中の四角に入る言葉の組み合わせのうち正しいものを下記のア～エから選び解答欄に記号で答えよ。

「水面上の入射波は直立壁で水面が上下に動ける $\boxed{\text{i}}$ 反射するため，壁の位置で定常波は $\boxed{\text{ii}}$ を示す。」

	i	ii
ア：	自由端	節
イ：	自由端	腹
ウ：	固定端	節
エ：	固定端	腹

(3) 上述の入射波 $h_{\mathrm{i}}(x,\ t)$ と反射波 $h_{\mathrm{r}}(x,\ t)$ を合成した定常波 $H(x,\ t)$ を次式で表すとき，F, G, K をそれぞれ A, λ, T, x, t, δ のうち必要なものを用いて答えよ。

$$H(x,\ t) = F\cos G\cos K$$

なお，必要に応じて次の公式を用いてよい。

$$\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2}$$

(4) 次に，δ を次式のように表した場合，直立壁($x = x_{\mathrm{w}}$)での反射の仕方を考えて，P を x_{w} を用いて答えよ。

$$\delta = 2\pi\left(n + \frac{P}{\lambda}\right) \qquad (n = 0,\ \pm 1,\ \pm 2,\ \pm 3,\ \cdots)$$

(5) 上で得られた δ について $n = 0$ の場合を考える。このとき，ある位置 x における定常波 $H(x,\ t)$ と直立壁の位置における定常波 $H_{\mathrm{w}} = H(x_{\mathrm{w}},\ t)$ について，それぞれが1周期の中で取り得る最大値 H_{max} と H_{wmax} の比 $\dfrac{H_{\mathrm{max}}}{H_{\mathrm{wmax}}}$ を表す式を A, λ, x, x_{w} のうち必要なものを用いて求めよ。

(6) いま，上で得られた定常波について，$0 \leqq x \leqq x_{\mathrm{w}}$ の区間内に節が3つ発生していた場合に x_{w} が満たすべき条件を求めよ。