

平成 22 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

(医 学 部)

科	目	頁	数
物	理 I・II	2 頁	～ 6 頁
化	学 I・II	8 頁	～ 13 頁
生	物 I・II	14 頁	～ 19 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理、化学、生物の問題がのっているが、そこから二つを選択し、解答すること。

注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

(この頁は空白)

物 理 I ・ II

1 図1に示すように、水平面 A と B は鉛直方向に高さ H (m) だけずれており、傾き θ (rad) の斜面となめらかに接続されている。図1における直線 EE' と FF' は、それぞれ、水平面 A と B の端を表している。鉛直上向きに z 軸を、水平面内の直線 EE' あるいは FF' の方向に y 軸を、水平面内で y 軸と垂直に x 軸をとる。図2は、水平面 A と斜面の接続部分を xz 面で切った断面を表しており、接続部分は半径 r (m) の円の一部である。

大きさの無視できる物体(質量 m (kg))が、水平面 A の上を速度 \vec{v}_0 (m/s) で直線運動し、水平面 A の端の点 C を通過する。斜面を滑り落ちた物体は、水平面 B の端の点 D をへて、水平面 B に至る。水平面 B 上での物体の速度を \vec{v}_1 (m/s) と表す。また、 x 軸方向と速度 \vec{v}_0 のなす角度を α (rad)、 x 軸方向と速度 \vec{v}_1 のなす角度を β (rad) とする。

物体は水平面、斜面および接続部分のすべての場所で面から離れることなく運動し、摩擦はないものとする。重力加速度を g (m/s²) と表し、次の問1～問6に答えよ。なお、解答には導出の過程も記すこと。

問1 速度 \vec{v}_0 の大きさ v_0 (m/s) と速度 \vec{v}_1 の大きさ v_1 (m/s) の関係を α と β を用いて表しなさい。

問2 問1の結果とエネルギー保存則に注目して、角度 α と β の三角関数の比 $\sin \alpha / \sin \beta$ を v_0 , g , H を用いて表しなさい。

問3 物体が通過する点 C と点 D について、この2点の y 軸方向の距離 L (m) を α , θ , H , g , v_0 を用いて表しなさい。ただし、接続部分の半径 r は高さ H と比べて十分に小さく、接続部分の影響は考えなくてよいものとする。

次に、物体が面から離れずに運動するための条件について調べる。そのために、水平面 A と斜面の接続部分に注目して、物体が接続部分上の点 P に到達した瞬間について考える(図2)。接続部分の断面は点 O を中心とする円の一部である。直線 OP が鉛直方向となす角度を ϕ (rad) とし、点 P での物体の速さを v (m/s)、物体に働く垂直抗力の大きさを N (N) と表す。

問4 物体と共に動く観測者から見た場合を考える。物体に働く力のうち、直線 OP 方向の成分について、力のつり合いを表す式を m , r , g , ϕ , v_0 , α , N , v を用いて表しなさい。なお、 xz 平面に射影した物体の速度成分の大きさは、点 P での物体の速さ v とは異なることに注意しなさい。

問 5 エネルギー保存則に注目して、点Pにおける物体の速さ v を v_0 , g , r , ϕ を用いて表しなさい。

問 6 物体が面から離れていない場合、垂直抗力の大きさは $N \geq 0$ の条件を満たす。このことに注目して、物体が面から離れないで図2の接続部分を通るためには、どのような条件が必要か。物体の最初の速さ v_0 および角度 α は一定であるとして、接続部分の円の半径 r と斜面の角度 θ が満足するべき条件を議論しなさい。

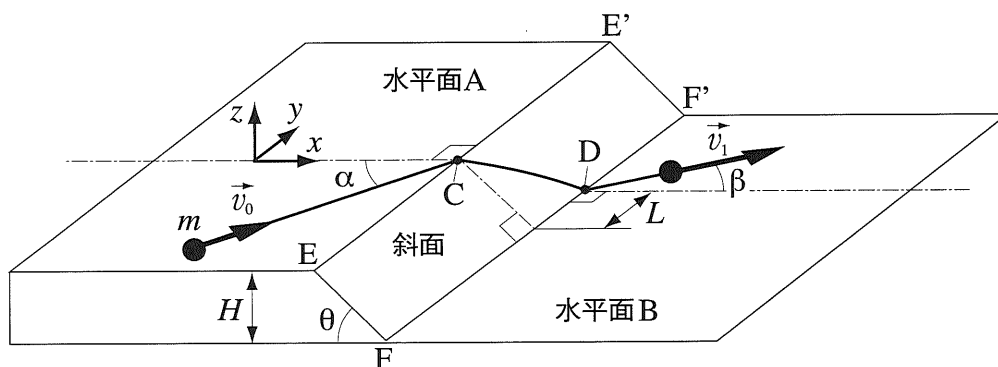


図 1

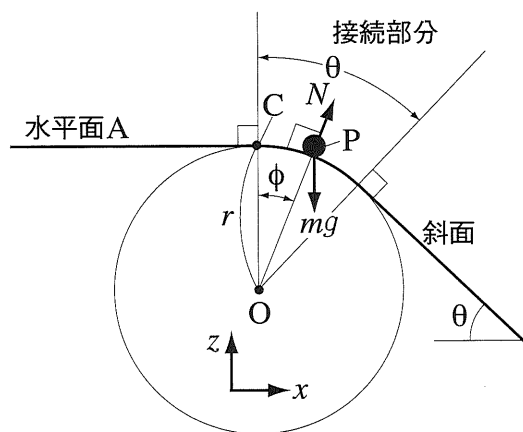


図 2

2

図3(a)のように、導線を1.5周巻いた長方形のコイル(図中のアイウエ)が、鉛直上向きで一様な磁束密度が B [T]である磁場(磁界)の中に置かれている。この長方形の辺イウと辺アエの中点から、導線が回転軸として水平に取り出されている。回転軸から長方形の各頂点までの距離は R [m]で、辺アイと辺ウエの長さは L [m]である。回転軸は金属板の穴に差し込まれていて、接触部分の電気抵抗は無視でき自由に回転できるものとする。金属板の間には極板「キ」と「ク」からなる電気容量 C [F]のコンデンサーが接続されている。

回転軸から距離 r [m]離れた取っ手に外部から力を加えて、コイルを一定の角速度 ω [rad/s](周期 T [s])で回転させる。図3(b)はコイルを取っ手の側から見たもので、この図において、コイルを反時計まわりに回転させる。取っ手に加える力は、回転軸と取っ手をむすぶ線に垂直な方向で、図3(b)の矢印の向きを力の正の向きとする。

時刻 t [s]において、コイルと水平面のなす角度は $\theta(t)$ [rad](図3(b))であり、コンデンサーの極板「ク」に生じる電荷は $Q(t)$ [C]、回路に流れる電流は図3(a)のケ→クあるいはキ→カの向きを正の向きとして $I(t)$ [A]であった。ただし、時刻 $t=0$ において、コイルは水平($\theta(0)=0$)で、コンデンサーは帯電していない($Q(0)=0$)ものとする。

導線の電気抵抗は無視でき、重力の影響は考えなくてよいものとする。電子の電荷の大きさを e [C]($e>0$)として、次の問1～問10に答えよ。なお、コイルの位置が

I : $0 < \theta(t) < \frac{\pi}{2}$, II : $\frac{\pi}{2} < \theta(t) < \pi$, III : $\pi < \theta(t) < \frac{3\pi}{2}$, IV : $\frac{3\pi}{2} < \theta(t) < 2\pi$
となるような4つの場合について考えることにする。

問1 辺アイと辺ウエにある自由電子が磁場から受ける力の向きを、図4の例(6ページ)にしたがって、4つの場合(I～IV)について解答用紙の図に示しなさい。

問2 Iの場合($0 < \theta(t) < \frac{\pi}{2}$)について、辺ウエにある自由電子が磁場から受ける力の大きさ $f(t)$ [N]を e , ω , R , B , $\theta(t)$ を用いた式で表しなさい。

問3 コンデンサーの極板「ク」に生じる電荷 $Q(t)$ と自由電子が磁場から受ける力 $f(t)$ には比例関係がある。Iの場合($0 < \theta(t) < \frac{\pi}{2}$)について考えて、比例定数をどのように表すことができるか答えなさい。また、その理由について述べなさい。

問4 コンデンサーの極板に生じる電荷の符号を、図4の例(6ページ)にしたがって、4つの場合(I～IV)について解答用紙の図に示しなさい。

問5 コンデンサーの極板「ク」に生じる電荷 $Q(t)$ と電流 $I(t)$ の時間変化を表すグラフの概略を描き、それぞれの最大値 Q_{\max} と I_{\max} を表す式を答えなさい。

問 6 辺アイと辺ウエに流れる電流の向きを、図 4 の例(6 ページ)にしたがって、4 つの場合 (I ~ IV) について解答用紙の図に示しなさい。

問 7 辺アイと辺ウエが磁場から受ける力の向きを、図 4 の例(6 ページ)にしたがって、4 つの場合 (I ~ IV) について解答用紙の図に示しなさい。

問 8 コイルを一定の角速度で回転させるためには、コイルに働く力のモーメントの合計がゼロ となればよい。I の場合 ($0 < \theta(t) < \frac{\pi}{2}$) について、

(1) 時刻 t において外部から取っ手に加える力 $F(t)$ [N] を $I(t)$, R , r , B , L , $\theta(t)$ を用いて表しなさい。

(2) また、力 $F(t)$ がする仕事率 $P(t)$ [W] を $F(t)$, r , ω を用いて表しなさい。

なお、それぞれについて理由を述べておくこと。

問 9 外部から取っ手に加える力の向きを、図 4 の例(6 ページ)にしたがって、4 つの場合 (I ~ IV) について解答用紙の図に示しなさい。

問10 コンデンサーに蓄えられるエネルギー $U(t)$ [J] と取っ手に加える力がする仕事率 $P(t)$ の 時間変化の概略を表すグラフを描き、それぞれの最大値 U_{\max} と P_{\max} を表す式を答えなさい。

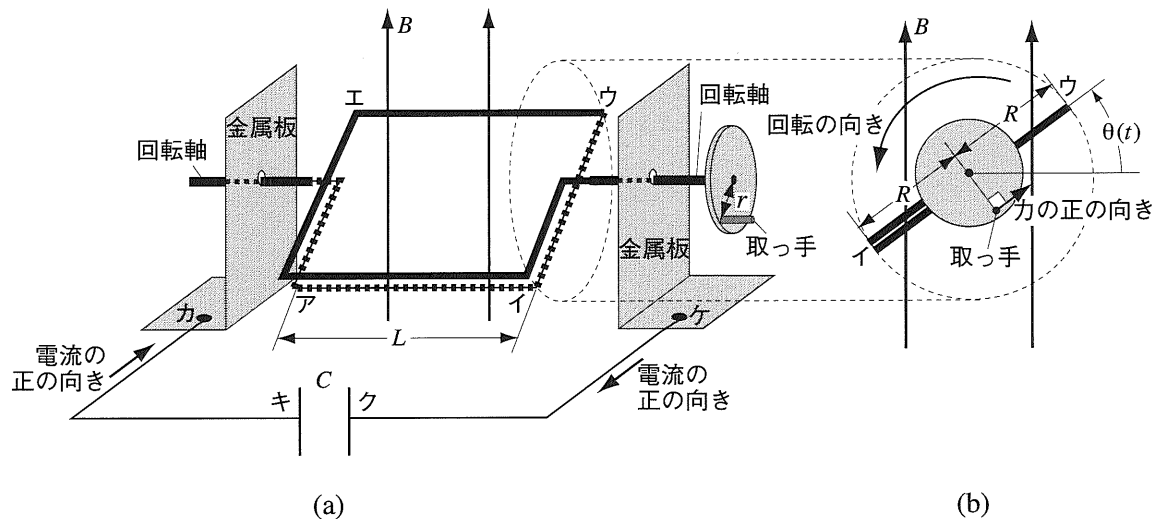


図 3 : 図中の 2 種類の線 ——— と は同じ導線を意味する。

コイルを(b)のように見たとき、反時計まわりにコイルの角度 $\theta(t)$ をとる。

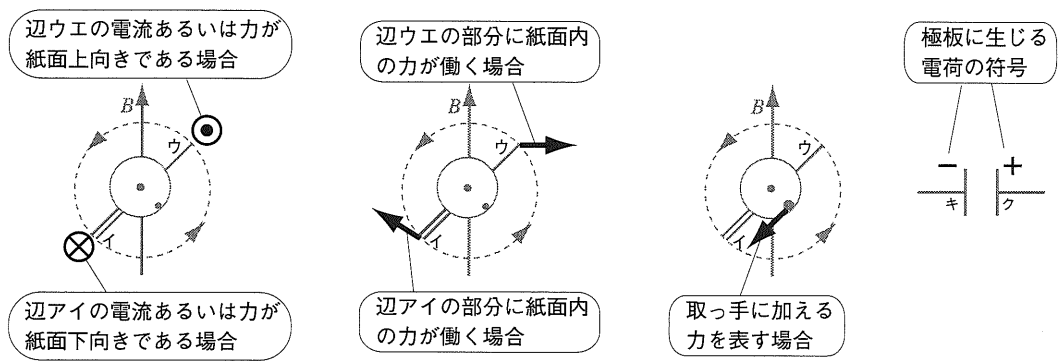


図4：解答用紙への記入例

「力が働かない」「電流が流れない」「電荷がない」のような場合は「ゼロ」と表記しなさい。

(この頁は空白)