平成 17 年度前期日程入学試験学力検査問題

理　　　科

平成 17 年 2 月 25 日　13：30〜16：00（150 分）

物　理……1〜14ページ，化　学……15〜28ページ

生　物……29〜42ページ，地　学……43〜52ページ

志望学部	試験科目
理学部 農学部	物理，化学，生物，地学のうちから 2 科目選択
医学部 歯学部	物理，化学，生物のうちから 2 科目選択
薬学部 工学部	物理（指定），化学（指定）

注　意　事　項

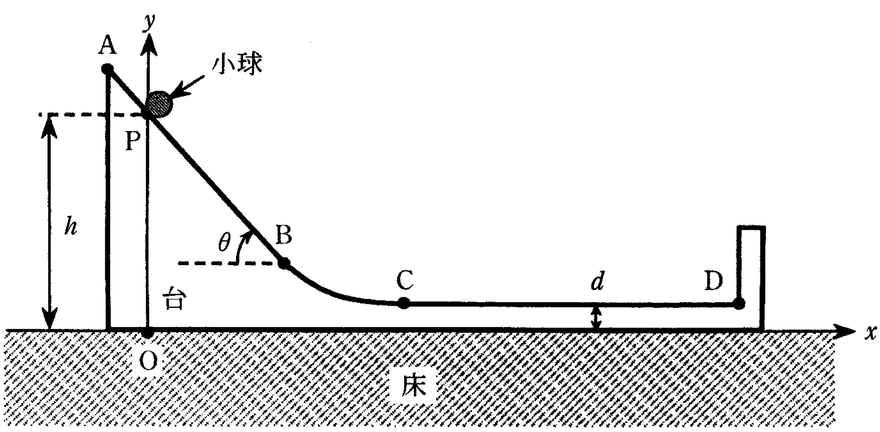
1. **試験開始の合図があるまで，この問題冊子，答案紙を開いてはいけない。**
2. この問題冊子は，52 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお，ページの脱落，印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は，必ず**黒鉛筆**（シャープペンシルも可）で記入し，ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. **答案紙の受験記号番号欄（1 枚につき 2 か所）には，忘れずに受験票と同じ受験記号番号を記入すること。**
5. 解答は，必ず選択した科目の**答案紙の指定された箇所**に記入すること。
6. **答案紙は，持ち帰ってはいけない。**
7. 試験終了後，この問題冊子は持ち帰ること。

物　理

1　図のように質量Mの台を摩擦の無い水平な床の上に置いた。台の上面は，水平面と一定の角度θをなす斜面AB，曲面BC，水平面CDからなり，Dの位置には垂直な壁がある。曲面BCは，BおよびCでそれぞれ斜面AB，水平面CDとなめらかにつながっている。台を床に対して静止させた状態で，大きさが無視できる質量mの小球を斜面AB上の点Pに置いた後，小球から静かに手を離した。台の上面と小球の間に摩擦は働かないとして，台と小球の運動について考える。

床上の点Oを座標の原点にとり，図の水平右向きをx軸の正方向，鉛直上向きをy軸の正方向とし，小球から手を離す前の小球およびPのx座標をゼロとする。床から測ったPの高さをh，台の水平部分の厚さをd，重力加速度をg，小球と壁とのはね返り係数をe(ただし$0 < e < 1$)とする。

以下の問いに答えよ。解答は答案紙の所定の場所に記入せよ。なお，結果だけでなく，考え方や計算の過程も記せ。



(1) 小球がBを初めて通過するまでの任意の時刻における，小球の x 方向の加速度 a_x，y 方向の加速度 a_y，および台の x 方向の加速度 b_x を，m，M，θ，g および小球が斜面から受ける抗力の大きさ N の中から必要なものを用いて表せ。ただし加速度は全て床に対するものとする。

(2) 小球がBを初めて通過するまでの任意の時刻における，小球の x 座標を x_1，y 座標を y_1，斜面AB上の点Pの x 座標を x_2 とする。

(a) 小球が斜面AB上を運動することから x_1，y_1，x_2 の間に成り立つ関係式を m，M，g，θ，h，d の中から必要なものを用いて表せ。

(b) この間，N は時間によらず一定である。このことを用いて N および $\dfrac{y_1 - h}{x_1}$ を，m，M，g，θ の中から必要なものを用いて表せ。

(3) 小球はBを通過した後に壁と衝突し，再び斜面AB上を運動した。壁と衝突後，小球が到達する斜面上の高さの最大値を $h_{\max}$ とする。

(a) 壁と衝突する直前の小球と台の速度をそれぞれ v，V，衝突直後の小球と台の速度をそれぞれ v'，V' とする。$v' = -ev$ および $V' = -eV$ となることを示せ。

(b) $h_{\max} - d$ を m，M，e，g，h，d，θ の中から必要なものを用いて表せ。

2 座標$(x,\ y,\ z)$で表される任意の点における磁束密度 $\vec{B}$ の x 成分 B_x, y 成分 B_y, z 成分 B_zが，a を正の定数として，

$$B_x = ay,\ B_y = ax,\ B_z = 0$$

で与えられる磁場(磁界)を考える。この磁場を磁力線で表すと図1のようになる。この図で，z 軸は紙面に垂直で，紙面の裏から表への向きを正方向とする。zx 平面上と yz 平面上では，磁場はそれぞれの面に垂直である。

この磁場の中を，図2に示すような正方形のコイル ABCD を動かすときに観測される電磁誘導について考える。このコイルの電気抵抗は R，一辺の長さは l である。コイルを貫く磁束を Φ，コイルに流れる誘導電流を I とする。Φ と I の符号は，図2において磁力線が紙面の裏から表へ貫く場合に $\Phi > 0$，電流が A → B → C → D の向きに流れる場合に $I > 0$ とする。コイルの自己インダクタンスは無視できるものとして，以下の問いに答えよ。解答は，答案紙の所定の場所に記入せよ。なお，結果だけでなく，考え方や計算の過程も記せ。

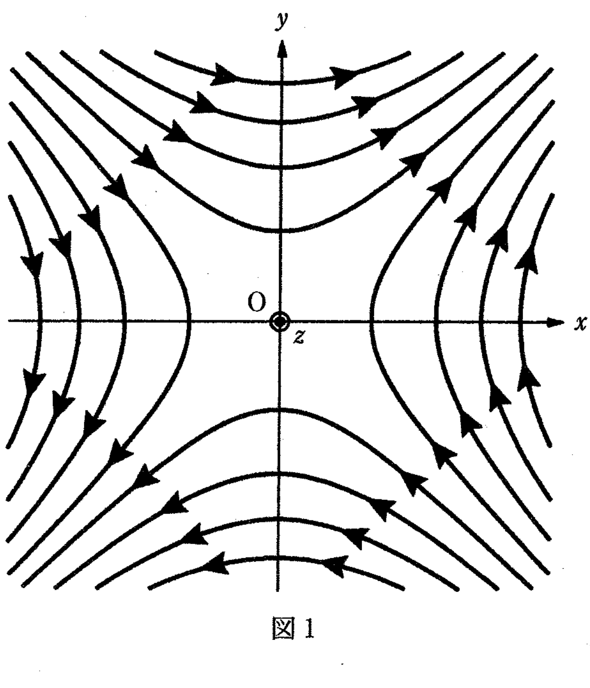


図1

(1) 図3に示すように，コイルABCDを zx 平面上に置く。コイルの中心(図3の黒丸)は x 軸上にあり，辺ABは x 軸に平行である。コイルの向きを変えずに，一定の速さ v で x 軸の正方向にコイルを動かす場合を考える。なお，コイルの中心の x 座標を X とし，コイル全体が $x>0$ の領域にあるものとする。

(a) コイルに流れる誘導電流 I の符号が正または負のどちらであるかを答えよ。また，その理由も記せ。

(b) コイルが磁場から受ける力の x 成分を F とする。F の大きさ $|F|$ を，a，l，$|I|$ を用いて表せ。また，F の符号が正または負のどちらであるかを答えよ。

(c) コイルを貫く磁束 Φ を，a，l，X を用いて表せ。

(d) 誘導電流 I の大きさ $|I|$ を，a，l，v，R を用いて表せ。

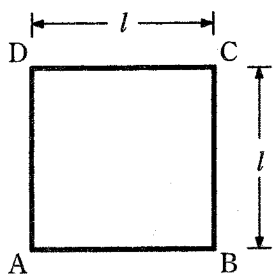


図2

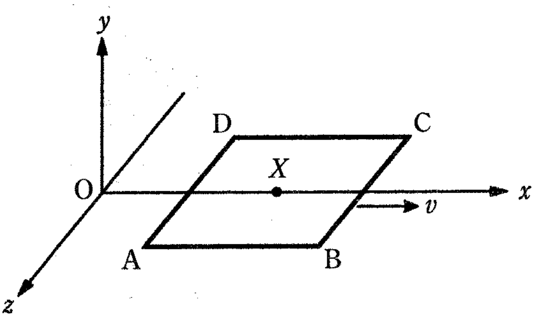


図3

(2) 図4に示すように，コイルの辺ADがz軸と重なるように置き，辺ADを回転軸として，コイルを一定の角速度ωで回転させる場合を考える。回転方向は，z軸の正の側から見て反時計回りである。図4に点線で示したzx面内の位置を基準にして，コイルの回転角をθで表し，コイルの回転方向をθの正の向きとする。

(a) コイルを貫く磁束Φおよびコイルに流れる誘導電流Iはθが増えるにつれて，それぞれどのように変化するだろうか。図5のグラフ(ア)〜(ク)の中からΦおよびIに対して適切なものをそれぞれ選んで，記号で答えよ。また，その理由も記せ。

(b) 誘導電流Iの最大値I_mを，a，l，ω，Rを用いて表せ。

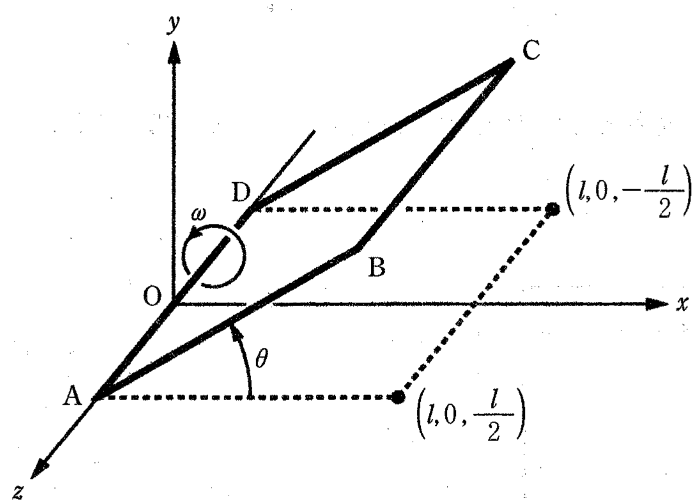


図4

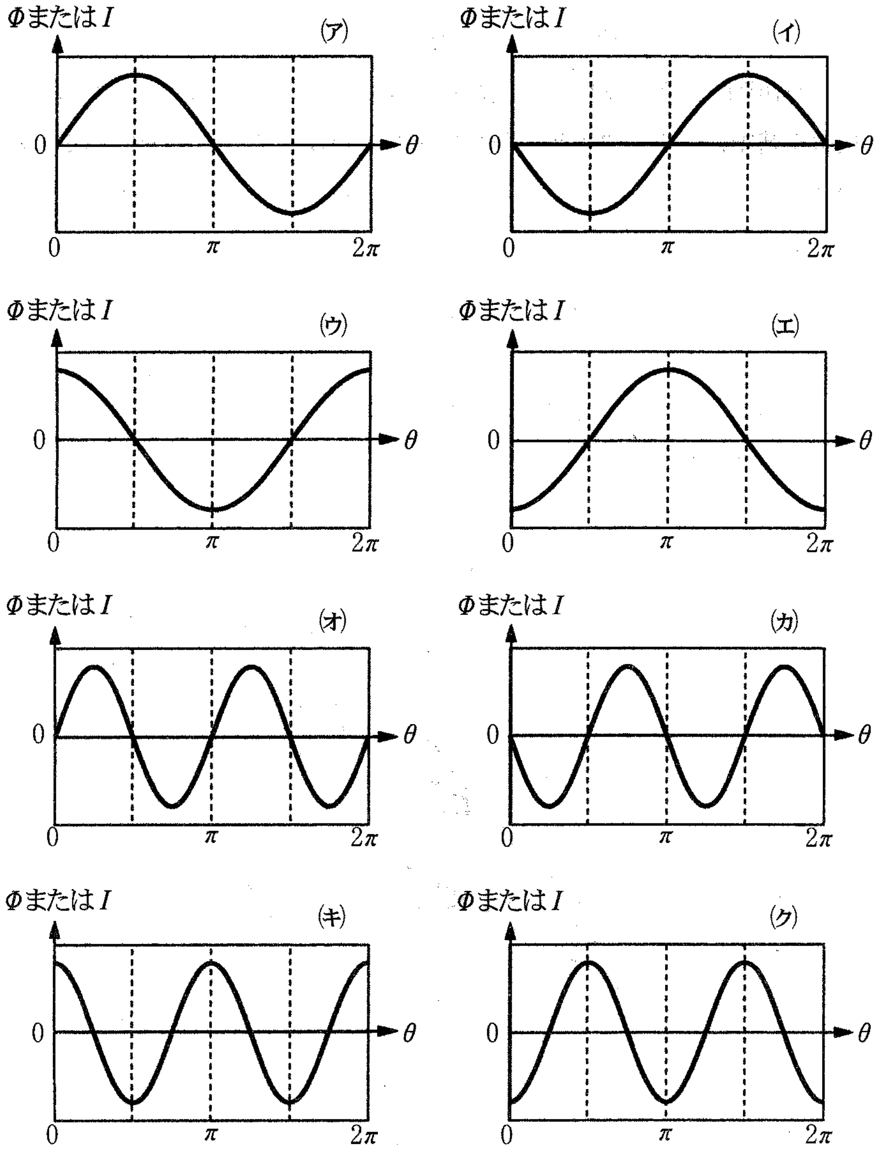


図 5

3 図のように3本のシリンダーA，B，Cが水平に置かれ，コックA，Bでつながっている。シリンダーA，Bは，ともに長さがLで断面積はS，シリンダーCは，長さが$L+D$で断面積はSである。シリンダーCの中には可動壁(厚さD)があり，シリンダーCを部屋a，部屋bの部分に分割している。この可動壁はシリンダーCの中央にとめ具によって動かないように固定することができる。このとめ具を引き上げると，可動壁はシリンダーCの中を摩擦なく左右に動くことができる。この可動壁は気体を通さず，また可動壁とシリンダーCの間には気体が通るすきまは無い。可動壁の中には部屋aと部屋bの間で熱の移動を可能にするスイッチがある。これを熱スイッチと呼ぶことにする。この熱スイッチを入れると可動壁の左右の間で熱をよく通し，切ると熱を通さなくなる。シリンダー，コック，とめ具は，熱を伝えない材料でできている。また，外の空間への気体の漏れはない。

はじめ，コックAとコックBは閉じられており，シリンダーAとシリンダーBにはそれぞれ絶対温度T_A，$T_B(T_A > T_B)$の単原子分子理想気体がn_A，n_Bモル詰まっていた。このとき，可動壁はシリンダーCの中央にとめ具によって固定されており，部屋a，部屋bは両方とも真空である。また，可動壁内の熱スイッチは切られていた。

コックA，コックBおよびコックとシリンダーA，B，Cをつなぐ管の部分，とめ具の体積は無視できるとして，以下の問いに答えよ。気体定数はRとする。解答は答案紙の所定の場所に記入せよ。なお，結果だけでなく，考え方や計算の過程も記せ。

(1) $\underbrace{\text{はじめの状態から，コックAとコックBを同時に開けた。その後，十分に長い時間が経った後の部屋a，部屋b内の気体の温度は，それぞれ}T_a\text{，}T_b\text{であった。そこで，とめ具を引き上げたが，可動壁は動かなかった}}_{\text{過程I}}$。このとき，可動壁で仕切られた部屋a，部屋b内の圧力はともにp_0であった。

(a) T_a，T_bを，T_A，T_Bを用いて表せ。またその理由も述べよ。

(b) シリンダーA，Bに入っていた気体のモル数比$\dfrac{n_A}{n_B}$を，T_a，T_bを用いて表せ。

(2) 次に，可動壁内の熱スイッチを入れると，可動壁は一方向にゆっくり動き，十分に長い時間が経った後に，部屋 a と部屋 b 内の気体が同じ絶対温度 T_c および圧力 p になり静止した。（過程Ⅱ）この間，コック A とコック B は開いたままで，とめ具も引き上げたままであった。このとき，熱スイッチを入れてから可動壁が静止するまでの間に壁は Δx だけ移動した。

(a) 可動壁が静止した後の温度 T_c を，問(1)で述べた T_a，T_b を用いて表せ。

(b) 可動壁の移動距離 Δx を，L および，問(1)で述べた T_a，T_b を用いて表せ。また可動壁の移動方向を次の中から選び，記号で答えよ。

(イ) 部屋 a 側へ動く　　　(ロ) 部屋 b 側へ動く

(c) 可動壁が静止した後の部屋 a，部屋 b 内の圧力 p を，問(1)で述べた p_0 を用いて表せ。

(3) 問(1)，問(2)で下線を引いた過程Ⅰおよび過程Ⅱにおける，可動壁の左側の部分(部屋 a とシリンダー A)にある気体の内部エネルギーの変化を説明せよ。ただし，過程Ⅰ，過程Ⅱそれぞれの説明で，以下の括弧内の全ての単語を 1 回以上使用せよ。

(内部エネルギー，温度，熱量，仕事)