平成３１年度
九州大学大学院理学府
修士課程地球惑星科学専攻
入学試験問題

（全１５ページ）
（２００点）

注意事項

(1) 次の配布物が正しく配られていることを確認すること。
問題冊子　１冊
解答用紙　２枚

(2) この問題冊子には，合計８題が出題されている。

問題１　地質学　**問題２　古環境学・古生物学**　**問題３　岩石学・鉱物学**
問題４　化学　**<u>問題５　熱力学</u>**　**<u>問題６　力学</u>**
<u>問題７　電磁気学</u>　**<u>問題８　物理数学</u>**

(3) **<u>第１志望・第２志望ともに</u>**，岩石循環科学，地球進化史，古環境学，惑星系形成進化学，有機宇宙地球化学，無機生物圏地球化学，地球惑星物質科学，地球外物質学，地球惑星博物学の各研究グループを志望する受験生は，８問題のなかから任意に２問題を選択すること。

(4) **<u>第１志望または第２志望で</u>**，太陽地球系物理学，宇宙地球電磁気学，大気流体力学，気象学・気候力学，地球深部物理学，地球内部ダイナミクス，観測地震・火山学の各研究グループを志望する受験生は，**<u>問題５～問題８</u>**（上記の下線を引いた問題）のなかから少なくとも１問題を含む，合計２問題を選択すること。下線を引いた問題以外から２問題を選択した場合は，無効（０点）とするので注意すること。

(5) 解答は，問題毎に別の解答用紙を用い，枠内に記入すること（裏面使用可）。

(6) 二枚の解答用紙にそれぞれ，受験番号，氏名，選択した問題の番号を記入すること。

(7) この問題冊子は持ち帰ってよい。

問題１　地質学　（100 点）

以下の問い（**問１，問２**）に答えよ。

問１　次の文章を読んで，設問（１）～（６）に答えよ。

海洋は海岸，大陸棚，大陸斜面，海溝，大洋底の地形に区分され，それぞれ特徴的な堆積物が沈殿している。河口付近の海岸線では，河川から流入した土砂が堆積し（　A　）を形成する。アメリカ東海岸やメキシコ湾沿いなどの海岸線では，岸と平行に砂が集まり（　B　）を形成している。大陸棚では土砂が厚く堆積しており，大陸斜面では堆積層が不安定になり，地層が変形しながら滑り落ちる（　C　）が発達する。

堆積物が多い沈み込み帯では，海溝部分に(a)付加体が形成される。付加体に特徴的な逆断層の発達により（　D　）という堆積盆が大陸斜面に作られ，堆積盆上には(b)泥火山が見られる。海溝では重力流によって陸から運ばれた（　E　）が堆積する。大洋底の堆積物は，沈み込み帯に近い地域は火山灰を含む半遠洋性堆積物からなり，遠洋域の堆積物は（　F　）や微化石からなる堆積速度の遅い地層から構成される。

（１）文中の空所（　A　）～（　F　）に最もよくあてはまる語句を下記の語群より選択せよ。

braided stream,　sabkha,　fan delta,　deep sea fan,　barrier island,
continental slope,　eolian dust,　turbidite,　slumping,
fore-arc basin,　back-arc basin,　evaporite,　meandering stream

（２）（　A　）で堆積作用が起きる理由を述べよ。

（３）下線部(a)について，付加体は陸上に露出すると陸起源の砕屑性堆積物と沈み込む海洋地殻起源の岩石が混在して見られる。付加体中にみられる海洋底層序を示す岩石を 3 種類記せ。

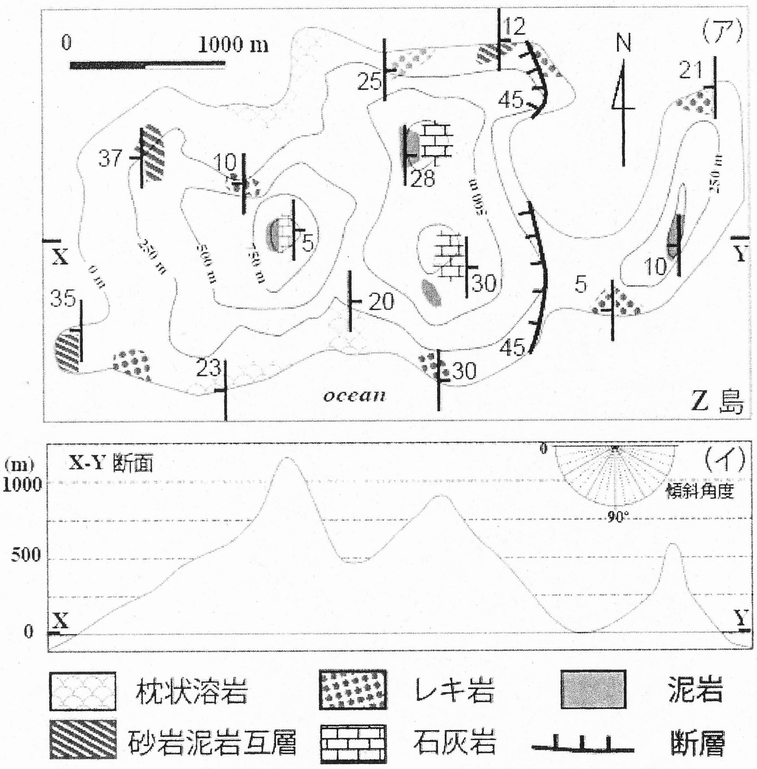
（４）下線部(b)について，泥火山の成因を説明し，その特徴を述べよ。

（５）（　E　）をつくった重力流の一般的な断面を図示せよ。また（　E　）に典型的に見られる層序の名称を述べよ。

（６）（　F　）が沈殿して形成した特徴的な堆積物の名称を記せ。

（ 次ページに続く ）

問２　Z 島において地質調査を行い，ルートマップ（ア）と X-Y の地形断面図（イ）を作成した（**図１**）。以下の設問（1）～（5）に答えよ。



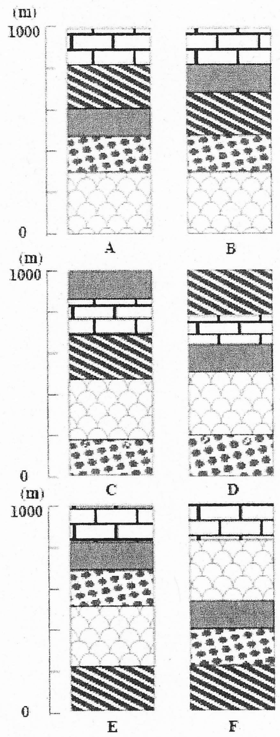


図１　調査地域のルートマップ（ア）と断面図（イ）　　**図２**　柱状図

（1）　西海岸の砂岩泥岩互層から三葉虫化石が，西側山頂の石灰岩からイノセラムス化石が見つかった。石灰岩が堆積した時代として最も適切なものを，下記の語群から選択せよ。

デボン紀，暁新世，三畳紀，石炭紀，シルル紀，漸新世，白亜紀

（2）　南北に延びる断層には，断層面上に西にプランジしたスリッケンラインが観察できた。この断層の種類を記せ。

（3）　上記の断層は幅５m ほどの断層破砕帯を伴い，そこではカタクレーサイトが見つかった。この岩石の特徴と成因を記せ。

（4）　本地域の層序を示している柱状図を**図２**から選び，記号で記せ。

（5）　本地域に見られる褶曲構造の種類を下記の語群から選択せよ。

antiformal syncline,　　synformal anticline
antiformal anticline,　　synformal syncline

問題２　古環境学・古生物学（100 点）

以下の問い（**問１，問２**）に答えよ。

問１　次の文章を読み，設問（１）～（４）に答えよ。

湖沼堆積物には，微細な縞状の堆積構造が観察されることがある。それらの中には，一年ごとの季節変動までが記録された，年縞と推定されているものも含まれる。年縞堆積物は過去の気候変動や災害イベントを詳細に記録していることがある。

（１）年縞の堆積過程について，下記の語句を用いて説明せよ。

プランクトン，砕屑粒子

（２）年縞堆積物が湖底に保存されるためには，湖沼内でどのような堆積環境が保持される必要があるか，下記の語句を用いて説明せよ。

水深，成層，溶存酸素量，底生生物

（３）年縞堆積物には，過去の火山噴火によってテフラ層が挟在していることがある。テフラ層は地層の広域対比に有効である。その理由を説明せよ。

（４）年縞や年輪を用いると，数年から百年スケールの気候変動を詳細に論じることが可能となる。過去 2000 年間において，下記の二つの広域的な気候変動イベントがあった。これら二つの年代と気温変動の特徴を，それぞれ 100 字以内で説明せよ。

The Medieval Climate Anomaly，The Little Ice Age

（次ページに続く）

問２　次の文章を読み，設問（１）～（３）に答えよ。

微化石は，過去の生層序や堆積環境の復元に，重要な指標となる。また，微化石はその種類によって，出現の時代，殻の成分，分布などに差異が見られる。

（１）　代表的な微化石である，有孔虫，放散虫，珪藻，貝形虫について，その英語名およびその殻の成分を答えよ。

（２）　コノドントについてその出現時代と古生物学的な特徴を記せ。

（３）　現在の海洋においては，有孔虫化石などを含む石灰質軟泥は，大西洋で広く分布しているのに対し，太平洋ではその分布が限られている。その原因について，炭酸塩補償深度という用語を用いて説明せよ。

問題 3　岩石学・鉱物学（100 点）

以下の問い（問 1，問 2）に答えよ。

問 1　ケイ酸塩鉱物の構造に関する以下の文章を読んで，設問（1）～（3）に答えよ。

ケイ酸塩鉱物は，地殻とマントルを構成する鉱物の中で最も多い。常圧からマントル最上部の圧力下で形成されたケイ酸塩鉱物の基本結晶構造は，SiO_4 四面体が基本的な骨組みを作っている。図 1 に示したように，SiO_4 四面体の連結様式の異なる 6 種類の構造(a)から(f)が知られている。

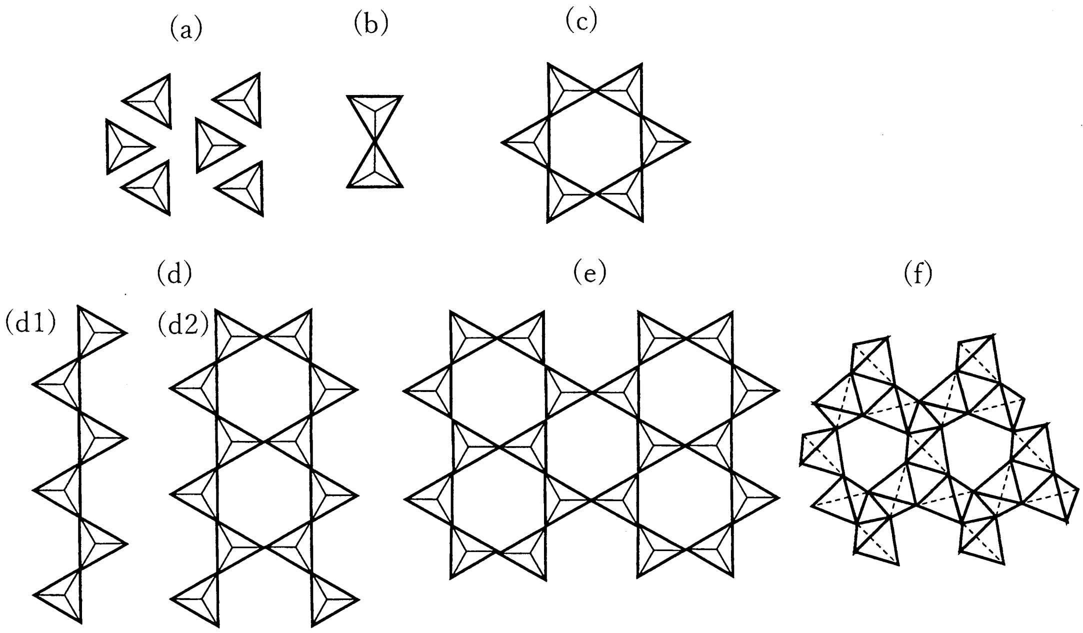


図 1　ケイ酸塩鉱物の基本結晶構造

（1）(a)から(f)の 6 グループの名称を解答せよ。また，それぞれのグループの構造上の特徴を説明し，それぞれの代表的な鉱物を 1 例挙げよ。なお，(d)については，(d1)と(d2)それぞれの代表的な鉱物を挙げよ。

（2）SiO_4 四面体の構造式は $[SiO_4]^{4-}$である。(b)から(f)について，SiO_4 四面体の連結によって作られる構造単位がどのような構造式（イオン式）になるか，図も用いて解答せよ。

（3）配位多面体の配位数は陽イオンと陰イオンのイオン半径比（陽イオンの半径/陰イオンの半径）に依存する。それが有効数字 2 桁で 0.22 以上 0.41 未満のときに配位数が 4 となり，0.41 以上のときに配位数が 6 となることを，陽イオンと陰イオンの幾何学的関係にもとづいて，図と式を用いて説明せよ。

（次ページに続く）

問 2　部分的に固溶体をなす 2 成分共融系の相平衡図に関する以下の文章を読んで，設問（1）～（4）に答えよ。

（1） 図 2 の領域(a)～(e)でそれぞれ安定な相の組合せを記せ。

（2） 液相と領域(a)，液相と領域(c)，領域(a)と領域(b)，領域(c)と領域(d)の境界線の名称をそれぞれ述べよ。

（3） 組成 X_4 を持つ液相 L_1 が温度 T_1 から温度 T_5 まで冷却する間にどのように結晶化が進行するかを，液相と固相の組成変化を含めて図 2 中の記号を用いて説明せよ。

（4） 温度 T_5 の時にバルク組成が X_3 と X_6 の範囲にある固相が加熱されて最初に液相が作られる時の温度と作られる液相の化学組成を，図 2 中の記号を用いて答えよ。

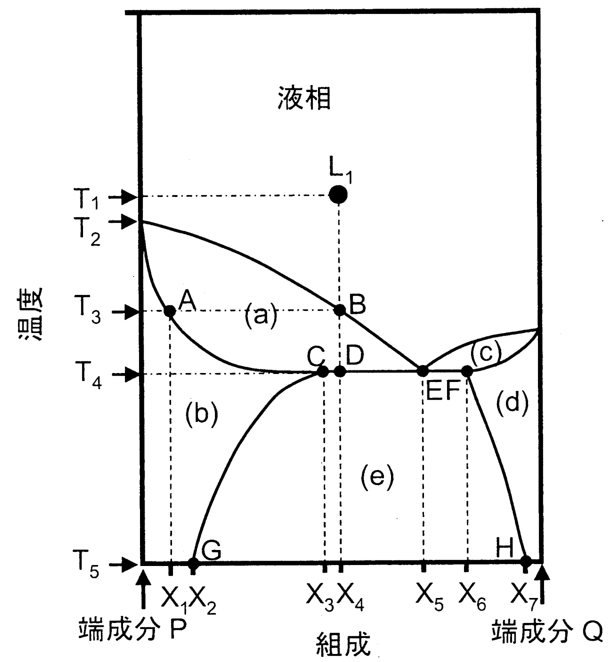


図 2　部分的に固溶体をなす 2 成分共融系の相平衡図

問題4　化学（100点）

以下の問い（**問1**，**問2**）に答えよ。

問1　図1はK（原子番号19）からGe（原子番号32）までの元素の第一イオン化エネルギーをグラフに示したものである。このグラフを参考に以下の設問（1）～（5）に答えよ。

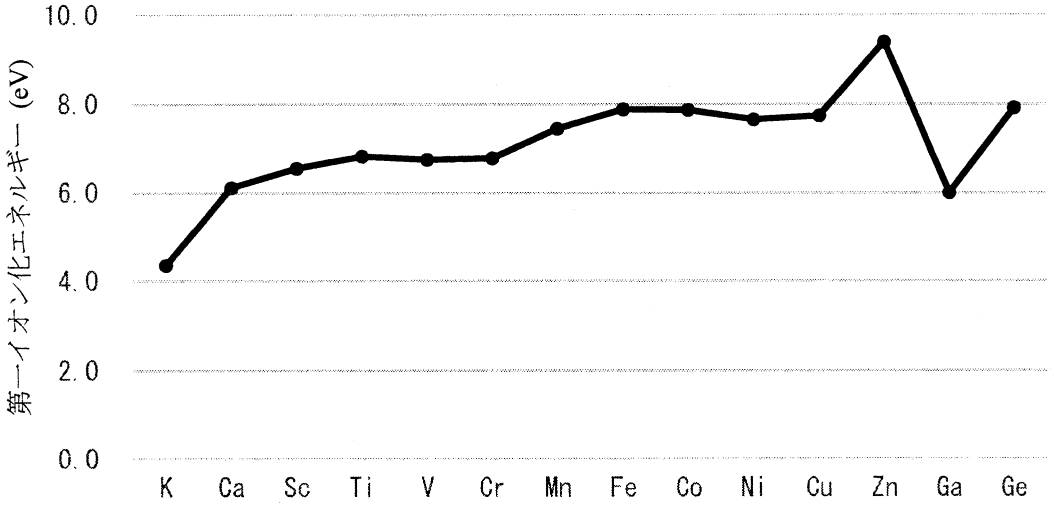


図1

（1）以下に示すNa元素の電子配置にならって，次の三つの元素K，Co，Geの電子配置を示せ。

$$\mathrm{Na}\quad (1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^1$$

（2）ScからZnまでの元素において，第一イオン化エネルギーは原子番号が増加するにつれわずかに増加するが，ほぼ同様の値をとる。これらの元素をまとめて何と呼ぶか答えよ。

（3）Znの第一イオン化エネルギーは，ScからCuまでの原子の第一イオン化エネルギーに比べやや大きい。その理由について，Znの電子配置をもとに説明せよ。

（4）Ge化合物中のGeイオンには，二種類の価数が存在する。その二種のイオンの電子配置を示せ。

（5）Feの3価イオンの化合物の多くは，強い常磁性を持つ。その理由を電子配置の視点から説明せよ。

（次ページに続く）

問２　図２は北部太平洋における溶存酸素，リン酸の鉛直分布である（Kroopnick 1985 を改変）。この図を参考にして以下の設問（１）～（４）に答えよ。

（１）リン酸濃度は，表層で最も低く，水深 1km 付近で最大となり，さらに水深の深いところでは緩やかに減少している。このような増減は，溶存無機炭素の濃度でも観察される。その他に，海洋に溶存する元素で，リン酸の鉛直分布と同様の増減を示すものを二つ示せ。

（２）図２に示されるような溶存酸素濃度の鉛直方向の増減はなぜ起こるか，その理由を説明せよ。

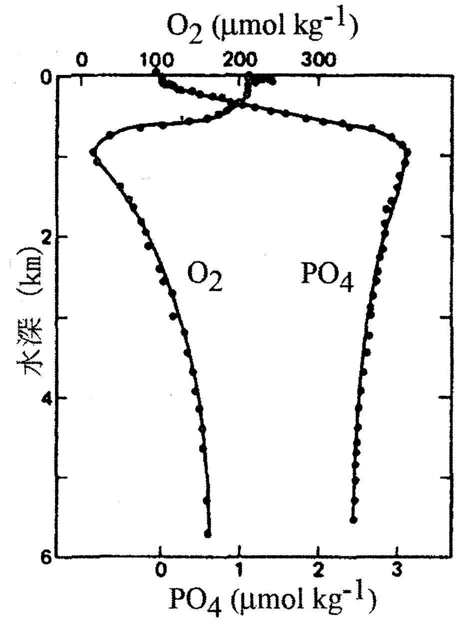


図２

（３）炭素循環の解析には炭素同位体比の分析が鍵となるが，試料の炭素同位体比は変化が小さいため，同位体比の測定値を表すには $\delta^{13}C$ 値という表記が使われる。

(a)　$\delta^{13}C$ 値を‰（パーミル）単位で定義する式を，試料の炭素同位体比を R_X，標準試料の炭素同位体比を Rs とし，R_X と Rs を用いて表せ。

(b)　ある試料の $\delta^{13}C$ 値が −100‰であったとする。この試料には ^{12}C が何%含まれているか，式とともに示せ。有効数字 3 ケタで答えよ。ただし標準試料には ^{12}C が 99.0%（パーセント），^{13}C が 1.0 %含まれていたとする。

（４）溶存無機炭素の $\delta^{13}C$ 値は，深度につれてどのような変化を示すか。解答用紙に縦軸に水深，横軸に $\delta^{13}C$ 値を取り，大まかに鉛直方向の増減を示せ。なお $\delta^{13}C$ 値は表層で+1.8‰，水深 6 km では+0.2‰であるとする。

問題5　熱力学（100点）

以下の問い（問1，問2）に答えよ。

問1 平衡状態1から平衡状態2に変化する等温過程を考える。過程の途中では平衡状態でなくてかまわない。ここで，等温過程とは，温度 T の外界（環境，熱浴）と熱のやり取りをしながら行われる過程のことをさす。この過程で系が外界からされる仕事を W，受け取る熱を Q とする。以下の設問（1）～（5）に答えよ。

（1） 状態1と2の内部エネルギーをそれぞれ U_1，U_2 とするとき，$U_2 - U_1$ を W，Q，T から適当なものを組み合わせて表せ。

（2） 状態1と2のエントロピーをそれぞれ S_1，S_2 とするとき，熱力学第2法則から導かれる $S_2 - S_1$ の下限を W，Q，T から適当なものを組み合わせて表せ。

（3） 状態1と2のヘルムホルツの自由エネルギーをそれぞれ F_1，F_2 とするとき，$F_2 - F_1$ の上限を W，Q，T から適当なものを組み合わせて表せ。答えとしては，結果だけではなく，設問（1），（2）の結果からの導出過程を記すこと。

（4） 具体例として，理想気体の等温自由膨張過程を考える。温度 T の等温環境にある箱を壁で2つの部分に分け，一方の体積 V_A の部分に n モルの理想気体を入れ，もう一方の体積 V_B の部分を真空とする（図）。それぞれの箱は，体積が変わらず，外界とは熱のやり取りがあるものとする。この状態を1とする。あるとき壁を外すことで，理想気体を箱全体に満たしたとする。しばらく経過した後の平衡状態を2とする。壁は簡単に外れるものとし，壁を外すのに必要な仕事 W は0とせよ。このとき $U_2 - U_1$ を求めよ。さらに，設問（1）の結果を用いて Q を求めよ。

（5） 設問（4）の過程における $S_2 - S_1$ を求め，n，R，V_A，V_B，T のうちで必要なものを使って表せ。ここで，R は気体定数である。これを求めるには，状態1から2に至る等温準静的膨張過程を考えると良い。その結果，設問（4）の等温自由膨張過程において設問（2）で求めた関係が成立していることを確認せよ。

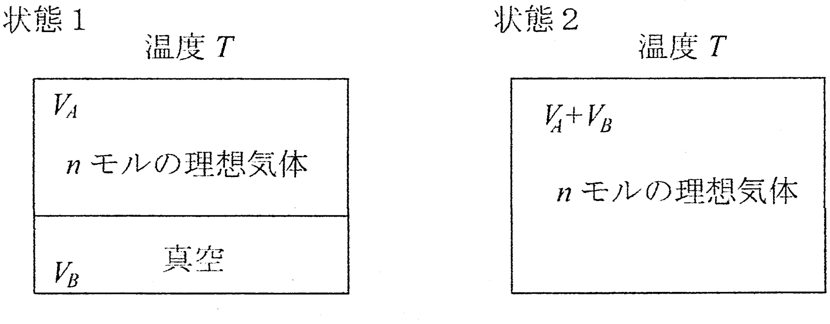


図　設問（4），（5）の等温膨張の図。壁を一瞬で外して状態1から状態2に移るのが等温自由膨張過程，壁を図の下方向にゆっくり動かして状態1から状態2に移るのが等温準静的膨張過程である。

問２　１成分１相系の断熱曲線に関する以下の設問（１）～（５）に答えよ。

（１）　内部エネルギー U の全微分の式が

$$dU = TdS - PdV$$

であることを用いて，ギブスの自由エネルギー G の全微分の式が

$$dG = -SdT + VdP \tag{i}$$

となることを示せ。ここで，T は絶対温度，S はエントロピー，P は圧力，V は体積である。

（２）　G の全微分の式 (i) から Maxwell の関係式のひとつ

$$\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$$

が導かれることを説明せよ。

（３）　定圧熱容量 C_P の定義を説明し，その定義から

$$C_P = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P$$

が導かれることを説明せよ。

（４）　(T, P) 面上での断熱曲線は，エントロピー S が一定となるときの T と P の関係である。それを表す微分方程式が

$$\frac{dP}{dT} = -\frac{(\partial S/\partial T)_P}{(\partial S/\partial P)_T} = \frac{C_P}{\alpha TV}$$

となることを説明せよ。

なお，熱膨張率 α は

$$\alpha = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$$

と定義される。

（５）　理想気体の場合に，α と V を T と P の関数として表すことから，断熱曲線の傾き dP/dT を P，T，n，R，C_P を用いて表せ。ただし，n は気体のモル数，R は気体定数とする。

問題6　力学（100点）

以下の文章を読んで問い（**問1～問3**）に答えよ。計算の途中過程も書くこと。

問1　下図のように，水平な床の上に，三角形の台を置いた。三角形の台の頂点には滑車が取り付けられている。物体A(質量m_1)と物体B(質量m_2)をひもでつなぎ，三角形の台の上に静かにおいた。物体A,Bには鉛直下向きに重力（大きさ g の重力加速度）が働き，矢印の方向に動き始めた。なお，三角形の台は動かないものとし，滑車やひもの質量は無視でき，滑車とひもの摩擦も無視できるとする。ひもは伸びたり縮んだりしないものとする。また，物体A,Bは三角形の台の上を運動しているとする。ただし，設問（1），（2）については，物体と台との摩擦は無視できるものとし，設問（3）～（5）については物体と台との動摩擦係数をμとする。

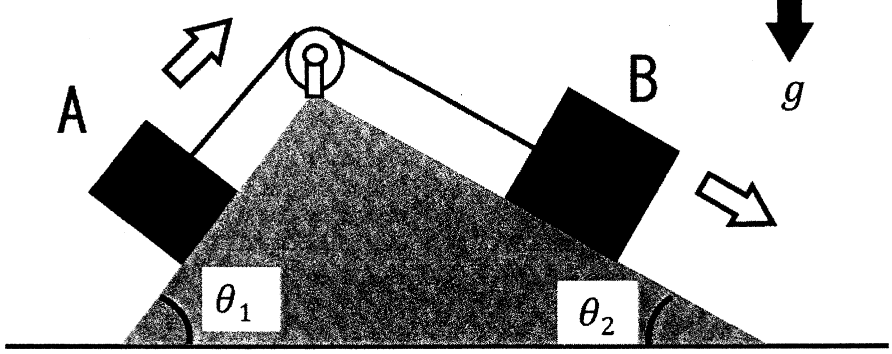
（1）　物体A,Bが矢印の方向に進むための条件を求めよ。

（2）　物体A,Bが矢印の方向に距離 s だけ移動した時の，物体A,Bの速さを求めよ。

（3）　物体A,Bに働く摩擦力の大きさを求めよ。

（4）　物体A,Bが距離 s だけ移動した間に，物体A,Bが摩擦力および重力から受けた仕事を求めよ。

（5）　物体A,Bが距離 s だけ移動した時の，物体A,Bの速さを求めよ。

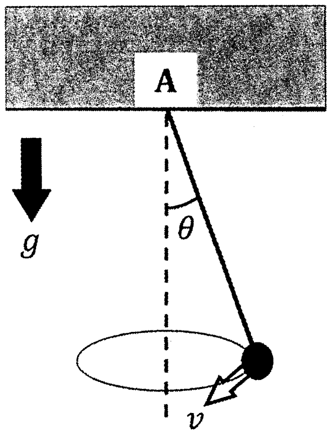


（次ページに続く）

問２ 下図のように，質量m のおもりを長さl のひもの一端につけ，支点Ａからつるしている。おもりは，鉛直方向との間の角度をθ に保ちながら等速で円運動(速さをvとする)をしている。なお，鉛直下向きに重力（大きさ g の重力加速度）が働いている。

（１）　おもりの速さv を，g, l, θ を用いて表せ。

（２）　おもりの円運動の周期（一回転するのに必要な時間）を，g, l, θ を用いて表せ。



問３ 三次元直交直線座標(x, y, z)において質量m の質点の運動方程式が，以下の式で与えられている。

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -\alpha\frac{dy}{dt}, \quad m\frac{d^2y}{dt^2} = \alpha\frac{dx}{dt}, \quad m\frac{d^2z}{dt^2} = -\beta$$

ただし，α は正の実定数，β は実定数とする。

（１）　$\beta = 0$ のとき，運動エネルギーが保存することを示せ。

（２）　$\beta \neq 0$ のとき，力学的エネルギーが保存することを示せ。

（３）時刻 t における質点の速度を求めよ。ただし，$t = 0$ における質点の速度$\boldsymbol{v}$ は，$\boldsymbol{v} = (v_0, 0, 0)$とする。

問題 7　電磁気学　（100 点）

以下の問い（**問 1，問 2**）に答えよ。

問 1　以下の設問（1）～（4）に答えよ。

直線電流 I を構成する電流素片 $I d\boldsymbol{s}$ を考える。ここで，$d\boldsymbol{s}$ は電流に沿って測った微小距離を示すベクトルである。この電流素片が磁場 $\boldsymbol{B}$ 中に存在するとき，電流素片は

$$\Delta \boldsymbol{F} = I d\boldsymbol{s} \times \boldsymbol{B}$$

なるアンペール力を受ける。

(1) 無限に長い直線電流 I が，電流の中心から距離 r だけ離れた場所に作る磁場を求めよ。

(2) I に平行で，距離 r だけ離れた直線電流 I_1 が構成する電流素片に働く力を求めよ。これは斥力か，引力かもあわせて説明せよ。

このアンペール力を用いて，外部磁場 $\boldsymbol{B}$ 中を運動する電荷 q をもつ荷電粒子に作用するローレンツ力を演繹的に求めてみよう。

(3) 電場 $\boldsymbol{E}$ が存在するとき，この電場によって荷電粒子にかかる力 $\boldsymbol{F}_E$ はどうかけるか，示せ。

(4) 導線の単位長さあたりの荷電粒子の数を N，その速度を $\boldsymbol{v}$ とすると電流 $\boldsymbol{I}$ は $\boldsymbol{I} = Nq\boldsymbol{v}$ であたえられる。これを用いて，電流素片に働くアンペール力から一粒子に働く力 $\boldsymbol{F}_B$ を求め，これと $\boldsymbol{F}_E$ をあわせた力，荷電粒子に働くローレンツ力を書き下せ。

（次ページに続く）

問２　以下の設問（１）～（４）に答えよ。

$\nabla \times \boldsymbol{E} = 0$ を満たす渦なしの電場 $\boldsymbol{E}$ は，$\boldsymbol{E} = -\nabla \Phi$ のように，スカラーポテンシャル Φ の勾配で記述することができる。このようなポテンシャルの勾配によって記述される場を，保存場という。

(1) 電場が保存場のみによって与えられるとき，磁場は時間変化しない。このことをファラデーの電磁誘導の法則を用いて，簡潔に答えよ。

(2) 電場が保存場で与えられる場合，閉ループに沿った電場の（周回）積分はゼロとなる。このことを考慮して，閉回路上に N 個の回路素子が存在し，i 番目の回路素子がもたらす電位差が $\Delta\Phi_i$ $\left(i = 1 \sim N\right)$ で与えられるとき，この電位差の総和に対する関係式を記述せよ。

一般的な金属導体は有限な電気伝導度（抵抗）をもつ。そこを流れる電流密度 $\boldsymbol{j}$ は電場 $\boldsymbol{E}$ に比例し，電気伝導度 σ $\left(\sigma > 0\right)$ を用いてオームの法則 $\boldsymbol{j} = \sigma \boldsymbol{E}$ であらわされる。

(3) 金属導体に電流が流れると，電磁エネルギーがジュール熱として失われる。このジュール加熱率を求めよ。

(4) この金属導体に電流が流れ続けるための条件をあげよ。

問題 8　物理数学　（100 点）

以下の問い（問 1～問 5）に答えよ。

問 1　次の等式 (1)，(2) が成り立つことを示せ。ただし，i は虚数単位とする。

(1)　$$\frac{1+2i}{3-4i}+\frac{2-i}{5i}=-\frac{2}{5}$$

(2)　$$\tan\vartheta=\frac{1}{i}\frac{e^{i\vartheta}-e^{-i\vartheta}}{e^{i\vartheta}+e^{-i\vartheta}}$$

問 2　ベクトル $\boldsymbol{A}$ が以下の式（1），（2）で与えられるとき，$\mathrm{div}\,\boldsymbol{A}$ と $\mathrm{rot}\,\boldsymbol{A}$ を求めよ。ここで，$\boldsymbol{c}$ は定ベクトル，$\boldsymbol{r}=x\boldsymbol{i}+y\boldsymbol{j}+z\boldsymbol{k}$，$r=|\boldsymbol{r}|$とし，$\boldsymbol{i}, \boldsymbol{j}, \boldsymbol{k}$ は，x, y, z方向の単位ベクトルとする。ただし，$\boldsymbol{c}\neq\boldsymbol{0}$，$\boldsymbol{r}\neq\boldsymbol{0}$ とする。

(1)　$$\boldsymbol{A}=\boldsymbol{c}\times\boldsymbol{r}$$

(2)　$$\boldsymbol{A}=\frac{\boldsymbol{r}}{r^3}$$

問 3　次の微分方程式（1），（2）の一般解を求めよ。

(1)　$$\frac{dy}{dx}-\frac{2y}{x}-\frac{y^2}{x^2}=0$$

(2)　$$\frac{dy}{dx}+y-xe^x=0$$

問 4　次の行列の固有値と固有ベクトルを求めよ。

$$\begin{pmatrix}1&0&0\\1&1&0\\0&0&2\end{pmatrix}$$

問 5　次の周期 2π の関数 $f(x)$ をフーリエ級数で表せ。

$$f(x)=\begin{cases}0 & (-\pi\leq x<0)\\ x^2 & (0\leq x<\pi)\end{cases}$$