令和8年度 入学試験問題

理　　科

ページ

物　　理…… 1～19
化　　学…… 20～34
生　　物…… 35～48
地　　学…… 49～58

注 意 事 項

試験開始後，選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ，落丁，乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後は，すべての解答用紙に受験番号（2か所）・氏名を記入すること。
3. 解答は，必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字，文字，記号等は明瞭に書くこと。
5. 解答用紙は持ち出さないこと。

物　　理

1　次の文章を読み，以下の各問に答えよ。

I　図1に示すように，あらい斜面に，あらい水平な床が続いている。床に対する斜面の傾斜角を θ とする。床から高さ h の斜面上に，質量 m の小球を静かに置くと，小球は斜面上を滑り，速さ v_1 で床に到達した。運動は全て，同一鉛直面内で起こるものとする。この小球と斜面および床との間の動摩擦係数は，いずれも μ' とする。また，重力加速度の大きさを g とする。

(1)　斜面を滑るときの，小球の加速度の大きさ a_1 を，g，θ，μ' を用いて表せ。

(2)　床に到達した瞬間の小球の速さ v_1 を，θ，h，(1)の a_1 を用いて表せ。

床に到達した直後，小球の加速度の大きさは a_2 に変化し，床を L だけ滑った後，静止した。斜面から床は，なだらかに続いている。

(3)　小球が床を滑った距離 L を，g，μ'，(2)の v_1 を用いて表せ。

(4)　$L = 4h$ となるとき，動摩擦係数 μ' を，θ を用いて表せ。

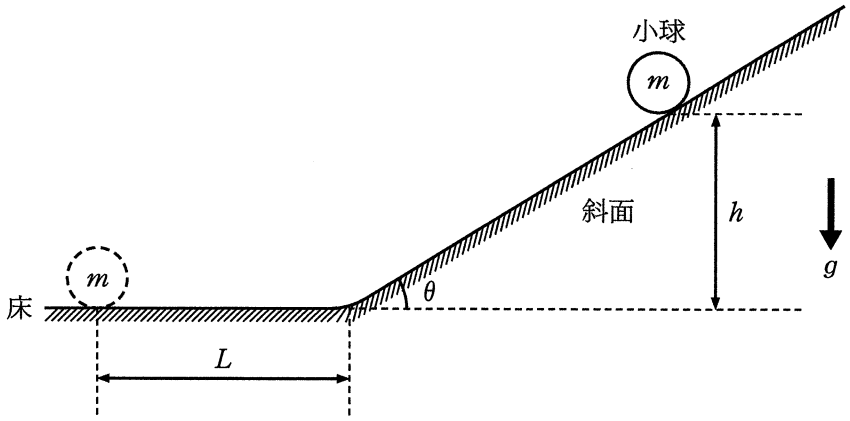


図 1

II　図2のように，L字型の軽い棒（1辺の長さがd）の両端に，質量mの小球をそれぞれ取り付けた剛体AOBを考える。点Oを原点とし，水平方向をx軸（右向きを正），鉛直方向をy軸（下向きを正）とし，重力は図の下向きにはたらく。剛体は，天井に固定された点Oを中心に，xy平面内でなめらかに回転することができる。

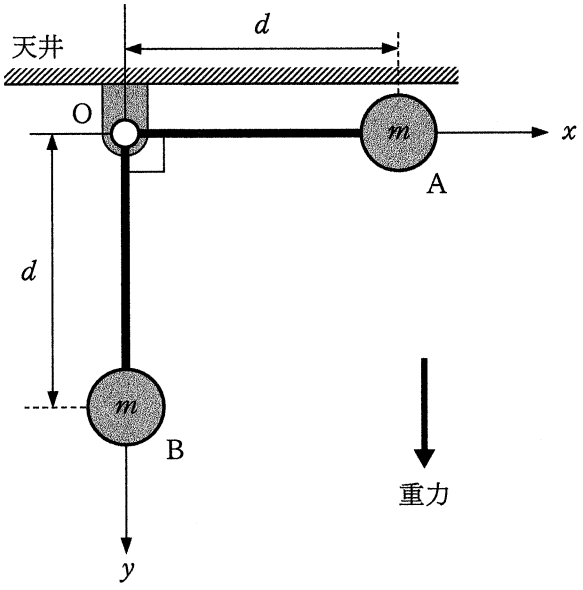


図2

(5)　剛体AOBを図2の状態で固定したとき，剛体AOBの重心の座標を，dを用いて表せ。なお，小球Aはx軸上に，小球Bはy軸上に位置する。

(6)　点Oを支点として剛体AOBを静かにつり下げたとき，剛体は図2とは異なる姿勢で静止した。このときの小球Aおよび小球Bの座標と，剛体AOBの重心の座標を，それぞれdを用いて表せ。

次に，図3のように，水平な地面の上に置かれたクレーン車を考える。クレーン車は，支点Aおよび支点Bの2点で地面と接しており，AB間の距離をd，棒（ブーム）の長さを$\sqrt{3}d$，ブームの水平からの角度（傾斜角）を30°に**固定**し，支点Bからブームの付け根までの水平距離を$\frac{1}{2}d$とする。車体およびブームを含むクレーン車全体は1つの剛体であり，クレーン車全体の質量をMとし，その重心Gは，支点Bから水平方向に$\frac{3}{4}d$だけ左側にある。重力加速度の大きさをgとし，下向きを正とする。

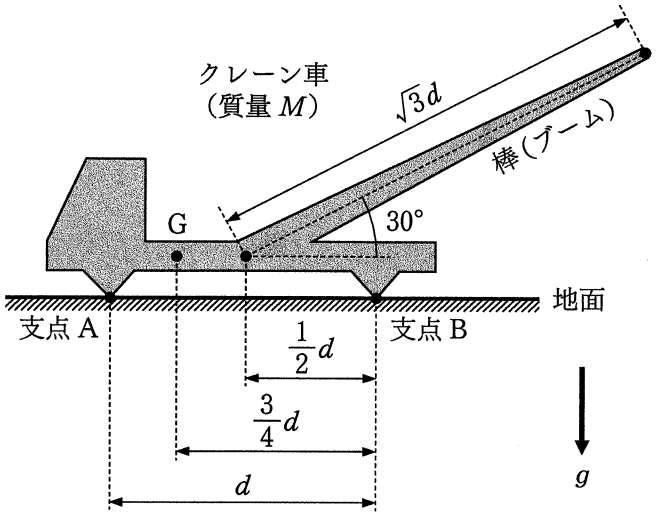


図3

このクレーン車のブームの先端に，質量 m の物体を，軽いひもで鉛直に静かにつり下げて，図4のように静止させることを考える。なお，クレーン車および物体は，同一鉛直面内のみで運動することができる。

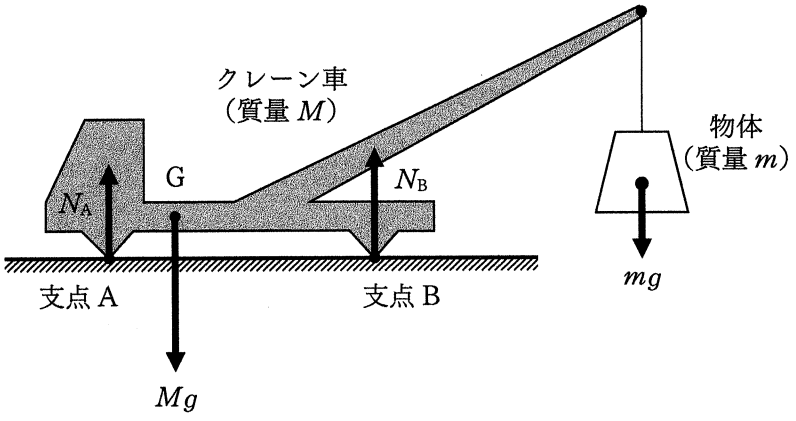


図4

(7) クレーン車および物体が安定に静止するとき，クレーン車の支点Aおよび支点Bが，地面からそれぞれ受ける垂直抗力の大きさ N_A および N_B を，m，M，g を用いて表せ。ただし，N_A と N_B は，いずれも正の値をもつものとする。

(8) つり下げる物体の質量 m がある値を超えると，クレーン車の支点Aが浮き上がり，支点Bのまわりにクレーン車が回転して転倒する。クレーン車を転倒させずに，つり下げることができる物体の最大の質量を，M を用いて表せ。

2 次の文章を読み，以下の各問に答えよ。

I　図1に示すように，平行板コンデンサー，直流電源，スイッチ1，スイッチ2からなる回路がある。コンデンサーは，真空，導体，誘電体で構成されている。コンデンサーを構成する導体は，スイッチ2を閉じると，コンデンサーの外の回路と接続されるようになっている。真空部分，導体，誘電体の，それぞれの厚みは d〔m〕，コンデンサーの極板の面積は S〔m^2〕，真空の誘電率は ε_0〔F/m〕，誘電体の比誘電率は ε_r $(1 < \varepsilon_r)$（誘電体の誘電率は $\varepsilon_0\varepsilon_r$ と書けることに留意せよ），電源の電圧は V〔V〕とし，極板は十分に広く，極板の端の影響は無視できるものとする。最初，いずれのスイッチも開いている。

(ア)　コンデンサーの真空部分の電気容量（静電容量）を求めよ。

(イ)　コンデンサー全体の電気容量を求めよ。

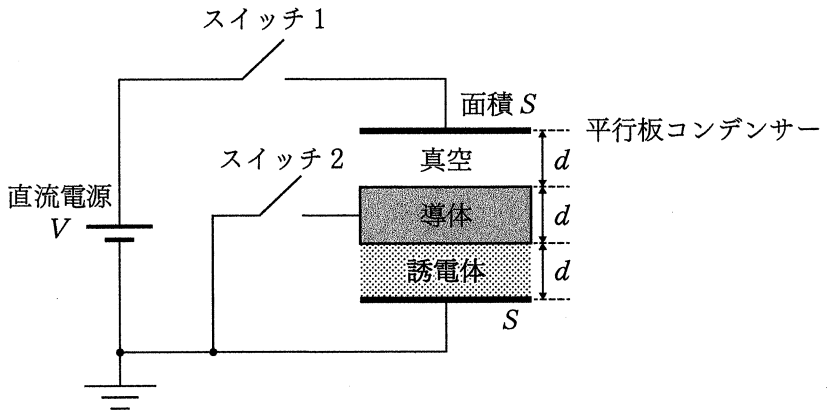


図1

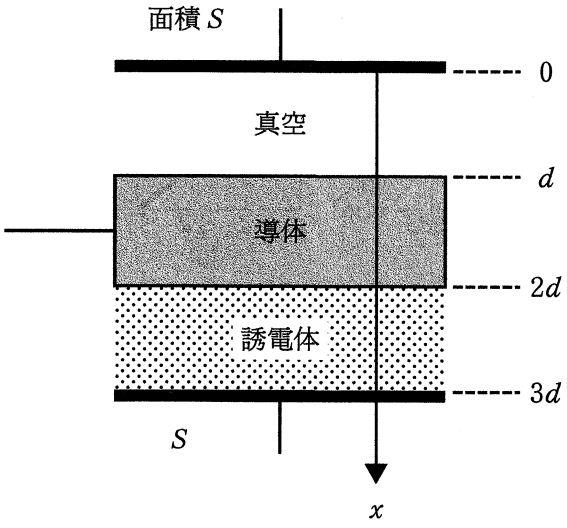


図2　コンデンサーの拡大図

スイッチ2は開いた状態で，スイッチ1を閉じ，十分に時間が経過した。

(ウ)　図2に示すように，コンデンサーの極板から垂直に交わるように，位置 x〔m〕の座標をとる(真空側の極板の位置を0 mとする)。コンデンサー内の，電場(電界)の強さの分布として，最も適切なものを，図3の(a)～(f)のうちから一つ選べ。

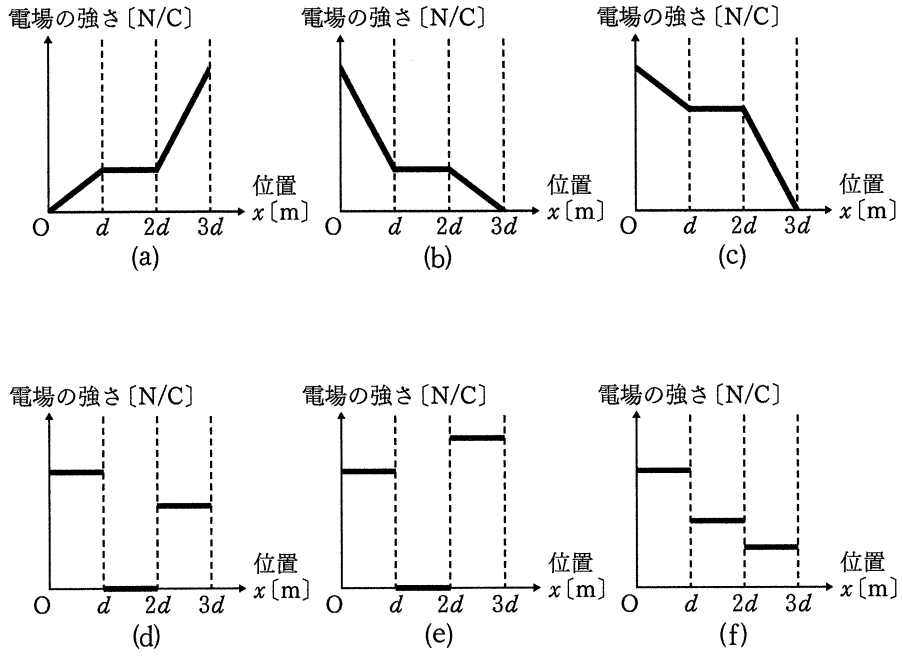


図3

続いて，スイッチ2を閉じ，十分に時間が経過した。

(エ) スイッチ2を閉じる前と比べ，スイッチ2を閉じた後にコンデンサーに蓄えられた電気量は何倍になったか，ε_r を用いて答えよ。

II　図4のように，鉛直上向きの一様な磁場中（磁束密度の大きさ B〔T〕）に，水平となす角が θ ($0° < \theta < 90°$) となるように，2本の十分に長い真っすぐな導線を L〔m〕の間隔で平行に張り，抵抗R（抵抗値 R〔Ω〕）を端につなぐ。この導線レール上に，電気抵抗の無視できる質量 m〔kg〕の細い導体棒を，導線レールに対して垂直に渡し，軽い滑車を経て，質量 M〔kg〕のおもりに軽い糸でつないで手で静止させている。導体棒やおもりが運動するとき，導体棒と滑車の間の糸が，常に導線レールと平行になるように滑車の位置を固定している。導体棒は糸と垂直を保ちながら導線レール上をなめらかに移動し，滑車の摩擦はないものとする。また，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

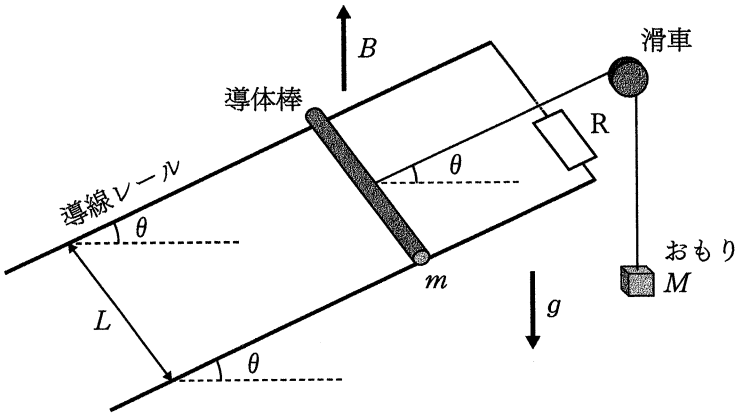
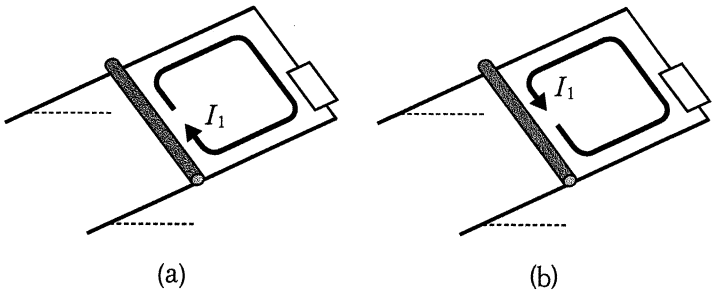


図4

$\theta = \theta_1$ のとき，導体棒から手をはなすと，導体棒は導線レール上をなめらかに**滑り落ち**，導体棒に電流が流れた。十分な時間が経過すると，導体棒は一定の速さ v_1〔m/s〕で滑り落ちるようになり，そのときの電流の大きさは I_1〔A〕となった。

(オ) I_1 を，v_1，B，L，R，θ_1 を用いて表せ。また，その向きとして適切なものを，図5の(a)，(b)のうちから一つ選べ。



(a)　　(b)

図5

(カ) v_1 を，B，L，m，M，g，R，θ_1 を用いて表せ。

(キ) 導体棒とおもりに対して重力がする仕事の仕事率は，抵抗Rで消費される電力 P〔W〕と等しい。P を，v_1，m，M，g，θ_1 を用いて表せ。

続いて，導体棒を手で静止させ，θ を，θ_1 から θ_2 $(0° < \theta_2 < \theta_1)$ に変化させ，導体棒から手をはなすと，導体棒は導線レール上を**滑り上がり**，十分な時間が経過すると一定の速さ v_2〔m/s〕になった。

(ク) v_2 を，B，L，m，M，g，R，θ_2 を用いて表せ。

3 次の文章を読み，以下の各問に答えよ。

I 図1のように，発振器につながれた2つの音源Aおよび音源Bを十分に隔てて置き，音源からは，振動数f_0〔Hz〕，振幅，位相の同じ音波が発せられているとする。図中の破線は，音源Aと音源Bを結んだ直線である。また，音の反射はなく，音速はV〔m/s〕であり，風は吹いていないものとする。

(a) 音源Aおよび音源Bの間で，図1の破線に沿って，音の干渉を観測したところ，音の大きさが最大となる点（最も音波が強めあう点）が等間隔L〔m〕で存在した。f_0を，V，Lを用いて表せ。

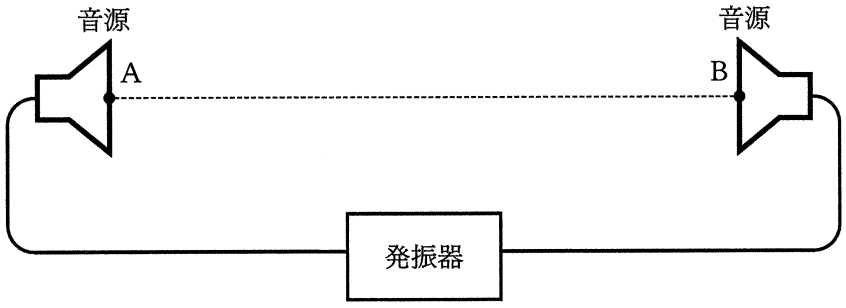


図1

図1の状態で，図2のように破線上の点P（観測者）を，音源Bから音源Aの向きに一定の速さv_P〔m/s〕$(0 < v_P < V)$で動かす。このとき，点Pは破線上を移動するとする。

(b) 音源Aと音源Bからの音波の振動数は，点Pでは，それぞれ，f_A〔Hz〕，f_B〔Hz〕として測定された。このとき，振動数の比$\frac{f_A}{f_B}$を，V，v_Pを用いて表せ。

(c) (b)のとき，点Pで測定される1秒当たりに生じるうなりの回数を，f_0，V，v_Pを用いて表せ。

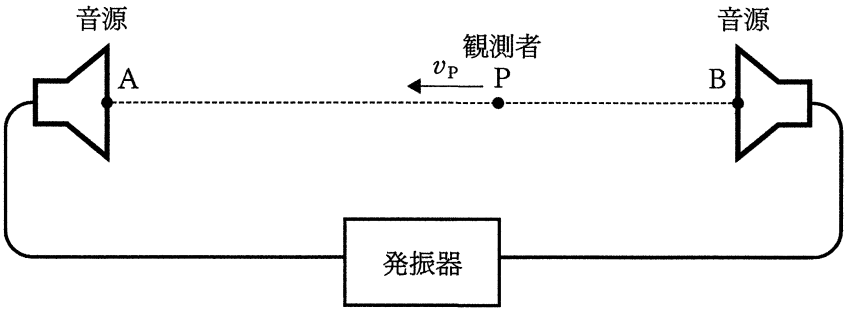


図2

Ⅱ　図3に示すように，波長λの単色光を，空気中に置かれたレンズA(焦点距離f_A，直径$2r_A$)に，レンズAの光軸に平行に入射したところ，同じ光軸上の点Bに集光した後，レンズAから距離aだけ離れたところに置かれた，レンズC_1とレンズC_2(いずれも，焦点距離f_C，直径$2r_C$)を通り，それぞれ，点D_1，点D_2に集光した。レンズC_1とレンズC_2は，レンズAの光軸に垂直に置かれ，レンズAの光軸上で接している。レンズAの光軸方向をx(右向きを正)，レンズAの光軸に垂直な方向をy(上向きを正)とする。また，$f_A \neq f_C \neq 0$であり，レンズは全て薄い凸レンズとし，r_Aはr_Cより十分に大きいものとする。

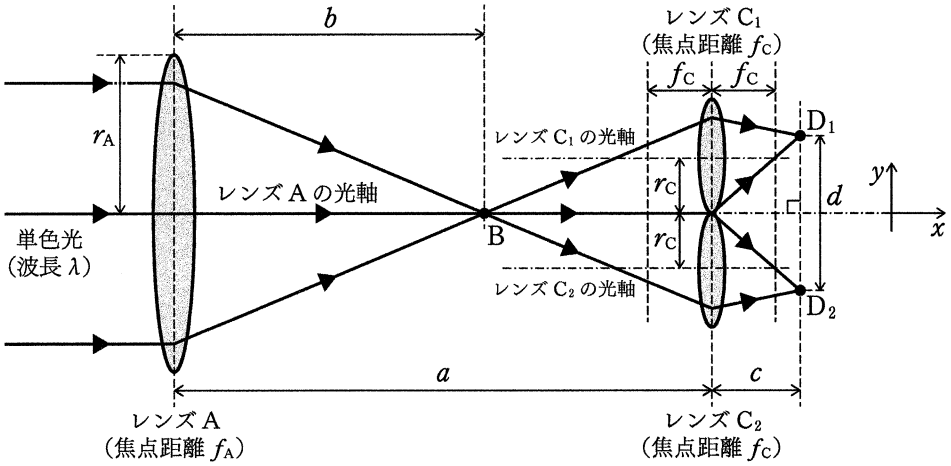


図3

(d) レンズAの位置から点Bまでのx方向の距離bを，r_A，r_C，f_A，f_Cのうち，必要なものを用いて表せ。

(e) 図3の，点Bから点D_2の部分を抜き出した図4を参考に，レンズC_2の位置から点D_2までのx方向の距離cを，a，b，f_Cを用いて表せ。

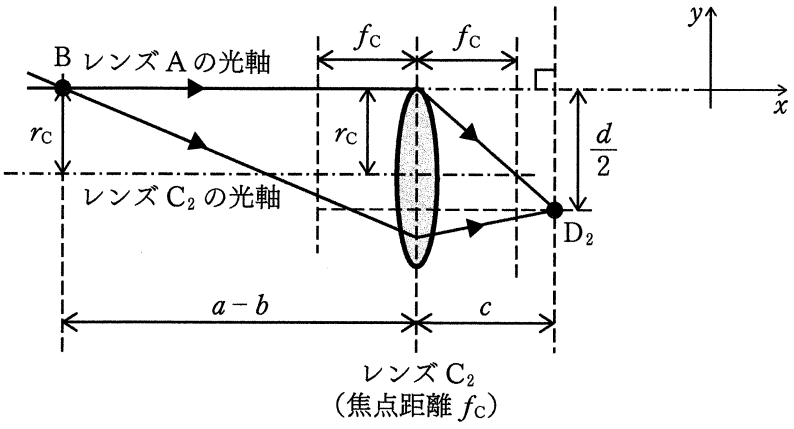


図4

(f) 点D_1と点D_2のy方向の距離dを，r_C，a，b，f_Cを用いて表せ。

次に，図5のように，図3の点D_1と点D_2から，(f)のdより十分に大きいLだけ離れた位置に，スクリーンを光軸に垂直に設置すると，複数の明るい点が現れた。この現象は，2本のスリットを用いて光の干渉縞を観測するヤングの実験と同じように考えることができ，実際に光学的な測定に応用されている。

(g) 図5に示すスクリーン上の $y > 0$（レンズAの光軸を $y = 0$ とする）の範囲において，$y = 0$ の点から見て，初めて明るい点が現れる位置Pまでの y 方向の距離 y_1 を，波長 λ，d，L を用いて表せ。ただし，y_1 は L よりも十分に小さく，角度 θ が十分に小さいときに成り立つ式 $\sin\theta \fallingdotseq \tan\theta$ を用いよ。

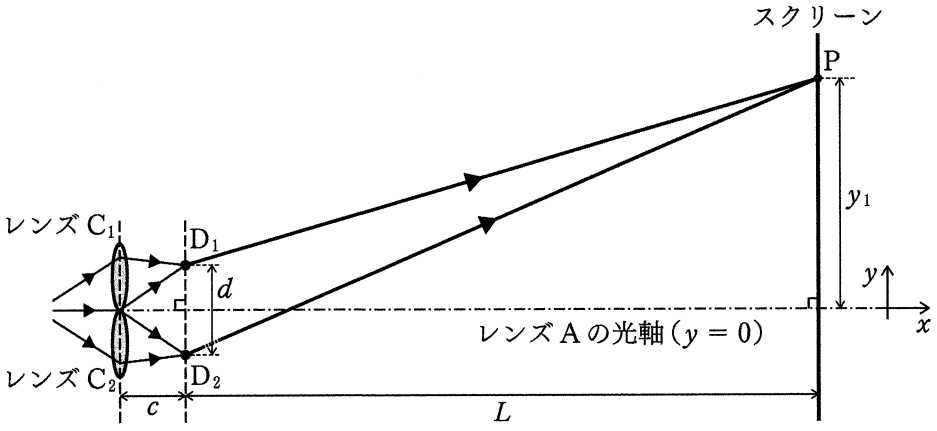
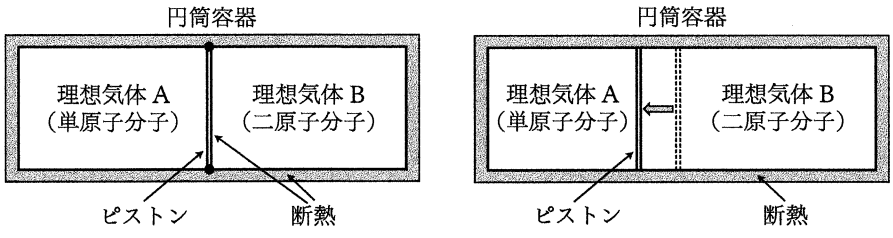


図5

4 次の文章を読み，以下の各問に答えよ。

I　図1(a)のように，水平に置かれている断熱された容積 V〔m^3〕の円筒容器の内部が，なめらかに動くことができる薄いピストンで仕切られている。ピストンの両側には，種類が異なる気体が入っている。最初，ピストンは断熱された状態で，二つの気体の体積が同じになるように，円筒容器の中央で固定されていて，左側に圧力 p_A〔Pa〕，温度 T_A〔K〕の単原子分子の理想気体Aが，右側に圧力 p_B〔Pa〕，温度 T_B〔K〕の二原子分子の理想気体Bが入っている。このときの気体Aと気体Bの圧力の比 $\frac{p_A}{p_B}$ を a，温度の比 $\frac{T_A}{T_B}$ を b とする。なお，気体Aの定積モル比熱 C_A〔J/(mol·K)〕と気体Bの定積モル比熱 C_B〔J/(mol·K)〕の比 $\frac{C_A}{C_B}$ は $\frac{3}{5}$ である。

(あ)　容器内にある気体Aの物質量 n_A〔mol〕と，気体Bの物質量 n_B〔mol〕の比 $\frac{n_A}{n_B}$ を，a と b を用いて表せ。



(a) 最初の状態　　(b) ピストンが移動した後の状態

図1

次に，ピストンを固定していた力を取り除いたところ，ピストンは移動を始めた。同時に，ピストンの断熱を取り除き，熱がピストンを自由に出入りできるようにしたところ，十分に時間が経過した後に，図1(b)のようにピストンは静止し，気体Aと気体Bは，いずれも，温度T〔K〕，圧力p〔Pa〕となり，熱平衡となった。このときの，ピストンの左側の理想気体Aの体積V_A〔m^3〕と容器の容積Vとの比$\frac{V_A}{V}$をrとする。

(い) rを，aとbを用いて表せ。

(う) $\frac{T}{T_B}$を，aとbを用いて表せ。

II トリチウム（三重水素，${}^{3}_{1}\mathrm{H}$）は，水素と①原子番号が等しく質量数が異なる放射能をもつ物質である。自然界では常にトリチウムが生成されている。トリチウムの生成の主な過程として，宇宙から降り注ぐ中性子と大気中の窒素や酸素との衝突が挙げられる。一方で，トリチウムはβ崩壊して別の元素に変化する。その半減期は12年である。

(え) 下線部①について，水素に対するトリチウムのような関係にある物質を何というか。名称を漢字で書け。

(お) 図2の水素のモデルを参考に，トリチウムのモデルを描け。ただし，陽子，中性子，電子は，はっきりと描くこと。

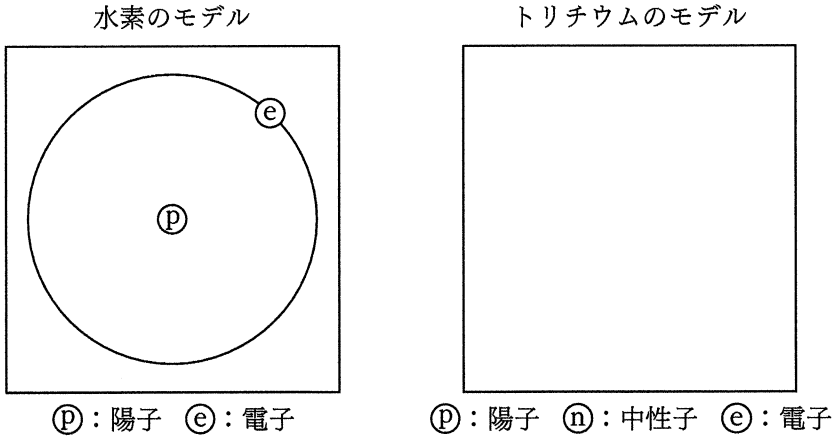


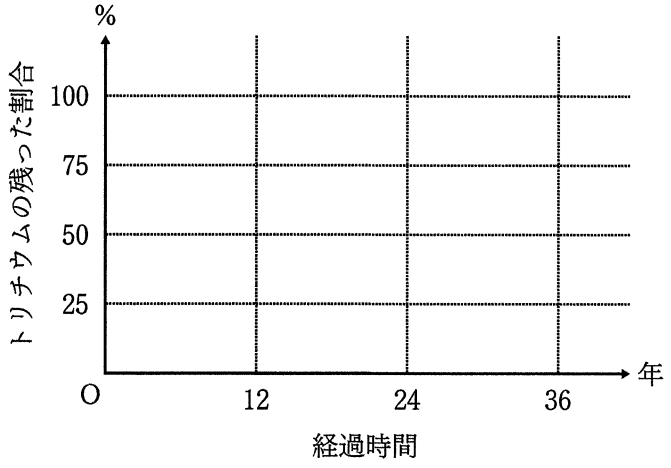
図2

(か) 酸素原子と中性子が衝突してトリチウムが生じる反応式(1)を参考に，窒素原子と中性子が衝突してトリチウムが生じる反応式を書け。ただし，窒素の質量数を 14 とする。

$$^{16}_{8}\mathrm{O} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{3}_{1}\mathrm{H} + {}^{14}_{7}\mathrm{N} \quad \cdots (1)$$

(き) トリチウムが β 崩壊してできる元素を，元素記号で答えよ。ただし，質量数と原子番号を，元素記号の左側に添えること。

(く) トリチウム 6.0×10^{23} 個を容器に入れて密閉し，まわりから遮へいして保管した。時間経過によるトリチウムの原子の個数の変化（トリチウムの残った割合）をグラフに描け。ただし，最初の個数を 100 % とする。



化　　学

必要があれば，次の値を用いよ。原子量：H = 1.0，C = 12，O = 16，Al = 27，S = 32。

1 次の文章を読み，問1～問5に答えよ。

カルシウムは周期表の2族に属する典型元素であり，①その原子は2価の陽イオンになりやすい性質がある。天然には単体としては存在せず，多くは炭酸カルシウムを主成分とする石灰石や大理石といった石灰岩として存在する。これらが多く存在する地帯では，②鍾乳洞（しょうにゅうどう）や鍾乳石が形成されることがある。

日本には石灰岩が豊富に存在しており，資源が乏しいといわれる日本において石灰石は100％自給できる鉱物資源である。石灰石はセメントの原料として古くから用いられており，その歴史は新石器時代にさかのぼるともいわれている。セメントは炭酸カルシウム（石灰石）・粘土・セッコウを混合したものを高温で処理してつくられるが，この過程において炭酸カルシウムは［ア］と［イ］に分解する。セメントに砂や小石，水などを加えて固めたものがコンクリートである。コンクリート中ではセメントに含まれる［ア］が水と反応して［ウ］が生成するため，コンクリートは［エ］を示す。

問 1　周期表の 2 族に属する元素に関する記述(あ)～(お)のうち，正しいものをすべて選び，記号で答えよ。

(あ)　マグネシウムの単体は常温で水や酸素と反応する。

(い)　2 族元素の水酸化物はすべて水に溶けやすい。

(う)　硫酸マグネシウムは水によく溶けるが，硫酸バリウムは水に溶けにくい。

(え)　2 族元素の単体は同周期のアルカリ金属の単体と比較して融点が高い。

(お)　2 族元素の化合物を炎に入れて高温にすると，いずれも炎色反応を示す。

問 2　下線部①について，以下に示す原子またはイオンのうち，カルシウムイオンと同じ電子配置のものはどれか。該当するものをすべて○で囲め。

Ba^{2+}　　Cl^-　　Ar　　Ne　　Na^+　　Fe^{3+}

問 3　下線部②の形成過程は次のように説明できる。

石灰岩中の炭酸カルシウムが二酸化炭素を含んだ地下水の作用で炭酸水素カルシウムとなって溶解し，洞穴(鍾乳洞)ができる。逆に，炭酸水素カルシウムを含む水溶液から二酸化炭素が放出されて，再び炭酸カルシウムが析出することで鍾乳石ができる。

石灰岩に含まれる炭酸カルシウムと二酸化炭素を含んだ地下水との間で起こる可逆反応を化学反応式で記せ。

問 4　文章中の［ア］～［ウ］に入る最も適切な化合物を化学式で答えよ。また，［エ］に入る最も適切な語句を次の選択肢から 1 つ選び，解答欄に記せ。

(選択肢)　酸性　　中性　　塩基性

問 5　次の文章を読み，(1)～(5)に答えよ。

図 1 に示すキップの装置を用いて粒状の炭酸カルシウムと希塩酸を反応させ，気体を発生させる実験を行った。装置を組み立てて炭酸カルシウムと希塩酸をそれぞれ適切な場所に入れ，コック（活栓）を開くと気体の発生が始まり，コックを閉じると気体の発生が停止した。

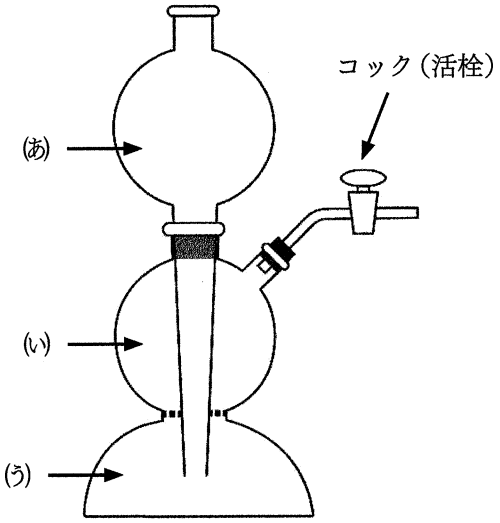


図 1

(1)　炭酸カルシウムに希塩酸を加えたときに気体が発生する反応を化学反応式で記せ。

(2)　(1)の反応は(あ)～(お)のどれに分類されるか。最も適切なものを 1 つ選び，記号で答えよ。

(あ)　加水分解

(い)　酸化還元反応

(う)　弱酸の遊離

(え)　付加反応

(お)　熱分解

(3) 粒状の炭酸カルシウムは図1の(あ)～(う)のどこに入れるべきか。最も適切な場所を1つ選び，記号で答えよ。

(4) コックを閉じると気体の発生が停止する理由を，「コックを閉じると」に続けて60字以内で答えよ。

(5) 生じた気体の性質は次の(あ)～(お)のどれか。最も適切なものを1つ選び，記号で答えよ。

(あ) 石灰水に通すと白濁を生じる。

(い) 火のついた線香を近づけると炎をあげて燃える。

(う) 湿ったヨウ化カリウムデンプン紙を青紫色に変色させる。

(え) 濃塩酸を近づけると白煙を生じる。

(お) 水に溶かすと強い酸性を示す。

2 次の文章を読み，問1～問6に答えよ。

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3$ Pa·L/(K·mol) とする。なお，ここでの反応エンタルピーは，298 K，1.013×10^5 Pa における値とする。

すべての温度 T〔K〕，圧力 P〔Pa〕で，体積 V〔L〕，物質量 n〔mol〕と気体定数 R の関係を表す状態方程式 $PV = nRT$ が成立すると仮定した気体を理想気体という。実在気体の理想気体からのずれを表す指標として，次の Z の値が用いられる。

$$Z = \frac{PV}{nRT} \qquad \text{式1}$$

理想気体では，圧力や温度に関係なく Z の値は常に1となる。一方，0℃において，実在気体のメタンの圧力を大気圧から徐々に上げていくと，［ア］の影響により Z の値は1より［イ］なる。さらに，圧力を上昇させていくと，Z の値は1より［ウ］なる。またメタンとは異なり，①実在気体の水素は，0℃において大気圧から圧力を上げると，Z の値は1から少しずつ大きくなる。

メタン(気)，二酸化炭素(気)および水(液)が各単体から生成する化学反応式と，それらの反応に伴うエンタルピー変化は，それぞれ式2～4で表される。

$$\mathrm{C(黒鉛) + 2H_2(気) \rightarrow CH_4(気)} \qquad \Delta H_{CH_4} = -75\ \mathrm{kJ} \qquad \text{式2}$$

$$\mathrm{C(黒鉛) + O_2(気) \rightarrow CO_2(気)} \qquad \Delta H_{CO_2} = -394\ \mathrm{kJ} \qquad \text{式3}$$

$$\mathrm{H_2(気) + \frac{1}{2}O_2(気) \rightarrow H_2O(液)} \qquad \Delta H_{H_2O} = -286\ \mathrm{kJ} \qquad \text{式4}$$

これらの式から，メタンの燃焼エンタルピー［エ］kJ/mol が求められる。

メタンは，無色・無臭の気体で，引火性がある。工業的には，天然ガスの主成分として得られ，都市ガスに利用されている。実験室では，②酢酸ナトリウムを水酸化ナトリウムとともに加熱するとメタンが発生し，水上置換で捕集する。また，メタンハイドレートは，水分子がつくるかご状構造の中にメタン分子が取り込まれた氷状の物質で，低温・高圧の条件下で生成する。日本近海の海底面下などにその存在が確認されており，将来のエネルギー資源の1つとして注目されている。

問 1　文章中の［ ア ］～［ ウ ］に入る最も適切な語句を答えよ。

問 2　下線部①の Z の変化の理由を 50 字程度で説明せよ。

問 3　文章中の［ エ ］に入る最も適当な数値を，次の(あ)～(く)から 1 つ選び，記号で答えよ。

(あ) 755　(い) 891　(う) 966　(え) 1041

(お) −755　(か) −891　(き) −966　(く) −1041

問 4　ある量のメタンを完全燃焼させたところ，1.6 g の酸素が消費されて二酸化炭素と液体の水が生成した。このときに発生した反応熱〔kJ〕を求め，有効数字 2 桁で答えよ。また，気体は理想気体として扱うものとする。

問 5　下線部②の反応を化学反応式で記せ。

問 6　次の文章を読み，(1)と(2)に答えよ。

低温・高圧の環境下で安定なメタンハイドレートは，27 ℃で熱分解して，メタンと水に分離する。1.0 L の固体のメタンハイドレートを真空状態の内容積 1.0 m^3 の密閉容器に入れて，27 ℃に保ち熱分解させた。ただし，メタンハイドレートの化学式を $CH_4 \cdot 6H_2O$ とし，固体のメタンハイドレートの密度を 0.93 g/cm^3 とする。

(1)　このときに得られたメタンと水の物質量〔mol〕をそれぞれ求め，有効数字 2 桁で答えよ。

(2)　熱分解後の容器内の圧力〔Pa〕を求め，有効数字 2 桁で答えよ。解答欄には計算過程を含めて記入せよ。ただし，気体は理想気体として扱い，メタンは水には溶解しないものとする。また，27 ℃での水の蒸気圧は 4.0×10^3 Pa とし，液体の水が存在する場合，その体積は無視できるものとする。

3 次の文章を読み，問1～問5に答えよ。

工業製品の多くは，天然資源を原料に製造される。天然資源には目的とする物質以外に様々な物質が含まれるため，化学的性質や物理的性質の違いを利用した分離・精製操作が行われる。アルミニウムは食品用容器から車両・航空機などさまざまな用途に使われている金属である。工業的には鉱石のボーキサイトから酸化アルミニウムを取り出し，それを還元することでアルミニウムの単体を得る。ボーキサイトは酸化アルミニウムを主成分とし，不純物として酸化鉄(Ⅲ)や二酸化ケイ素を含む。これらの不純物を取り除くために，まず①ボーキサイトに濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱することで，主成分の酸化アルミニウムを溶解させる。②その溶液の温度を下げると水酸化アルミニウムが析出する。回収した水酸化アルミニウムを加熱すると酸化アルミニウムが得られる。③融解した氷晶石(Na_3AlF_6)に酸化アルミニウムを溶かして溶融塩電解を行い，アルミニウムを得る。溶融塩電解には大量の電力を必要とすることから，酸化アルミニウムからのアルミニウムの生産はおもに電力の豊富な国や地域で行われ，④廃アルミニウム製品を融解させて再生するリサイクルも盛んに行われている。一方で，アルミニウムは利用する目的に応じて，他の金属などと融解して混ぜ合わせた合金として用いられている。このため，⑤合金をリサイクルして得られるアルミニウムには，さまざまな元素が混入しており，一般にボーキサイトから得られるアルミニウムより純度が低い。

問 1　下線部①に関して，酸化アルミニウムは酸とも反応して溶解する。同様にアルミニウムの単体や水酸化物も酸・強塩基の両方と反応する。アルミニウムの単体のように酸とも強塩基とも反応する金属を何というか，その名称を答えよ。また，アルミニウムと同様の反応性を示す金属を選択肢の中からすべて選び，元素記号で答えよ。

(選択肢)

マグネシウム　　チタン　　亜鉛　　スズ　　水銀　　鉛

問 2　下線部②を式で表すと，次の反応の平衡が左に移動することで$Al(OH)_3$が析出する。

$$Al(OH)_3(固) + OH^- \rightleftharpoons [Al(OH)_4]^- \qquad 式1$$

この式より溶液のpHを変えることでも化合物の状態や量が変化することがわかる。$Al(OH)_3$ 3.9 gを塩基性水溶液に加え，水溶液の体積が0.10 Lとなるように調製し，25 ℃に保った。水溶液のpHが次の(1)～(3)のとき，析出している$Al(OH)_3$(ゲル状沈殿を含む)ならびに，溶解している$[Al(OH)_4]^-$の物質量〔mol〕をそれぞれ求め，有効数字2桁で答えよ。イオンや析出物が存在しない場合は「なし」と記し，(1)のみ解答欄には計算過程を含めて記入せよ。ただし，析出物の体積は無視できるものとする。また，25 ℃における平衡定数として，次の値を用いよ。

式1の平衡定数：$K = 20$，水のイオン積：$K_w = 1.0 \times 10^{-14}\ mol^2/L^2$

(1)　pH = 12 のとき

(2)　pH = 8 のとき

(3)　pH = 14 のとき

問 3　下線部③について，Al^{3+}や$[Al(OH)_4]^-$を含む水溶液に対する電気分解ではなく，溶融塩に対して電気分解を行う理由を40字程度で説明せよ。

問 4　下線部④について，0.90 kgのアルミニウムを加熱した。20 ℃で固体の状態から，融点(660 ℃)にてすべて液体にするとき，アルミニウムが吸収した熱量〔kJ〕を求め，有効数字2桁で答えよ。解答欄には計算過程を含めて記入せよ。ただし，固体のアルミニウム1.0 gの温度を1.0 K上昇させるのに必要な熱量(比熱)を0.90 J/(g·K)とし，アルミニウムの融解エンタルピーを10.5 kJ/molとする。また，アルミニウムは不純物を含まないものとする。

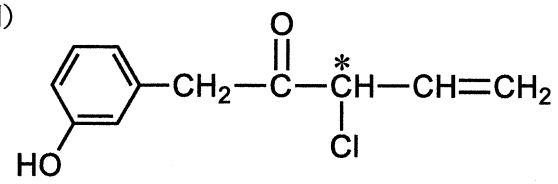
問 5　下線部⑤について，アルミニウム，銅，リチウムからなる合金を考える。この合金から，アルミニウムを含むイオンまたは沈殿のみを分離するために，以下の操作 1，2 を順に行った。各操作の後に，溶液と沈殿（ゲル状沈殿を含む）に含まれるアルミニウム，銅，リチウムのイオンや沈殿を化学式で記せ。各元素のイオンや沈殿がない場合は「なし」と記すこと。

操作 1　合金を希硝酸に溶解し，硫化水素を通じる。沈殿が生じた場合，ろ過により分離する。

操作 2　操作 1 で得られたろ液にアンモニアと塩化アンモニウムの混合水溶液を加えて塩基性にする。沈殿が生じた場合，ろ過により分離する。

4 次の文章を読み，問1～問5に答えよ。解答で構造式を示す場合には例にならって記せ。なお，鏡像異性体（光学異性体）やシス-トランス異性体（幾何異性体）などの立体異性体が存在する場合には，それらを区別する必要はない。また，例に示す「＊」は不斉炭素原子を表す。

（例）



炭素C，水素H，酸素Oからなる化合物**A**～**C**は，いずれもヒドロキシ基を有する有機化合物である。また，化合物**A**と**B**の分子式はC_3H_8Oであり構造異性体の関係にある。

化合物**A**～**C**のうち，化合物**A**および**B**は水に溶解した。一方，化合物**C**は水に溶けにくかったが，水酸化ナトリウム水溶液には溶解した。

化合物**A**に対して適切な酸化剤を用いて酸化を試みたところ，化合物**D**が生成した。化合物**A**～**D**にそれぞれヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えてあたためたところ，化合物**A**および**D**を用いた場合のみ，黄色沈殿と水に溶けたカルボン酸の塩が生成した。

化合物**A**および**B**それぞれを170℃に加熱した濃硫酸に加えたところ，どちらの反応においても化合物**E**が生成した。化合物**E**に適切な触媒を加えてベンゼンと反応させると化合物**F**が得られた。続いて化合物**F**を酸素で酸化した後，希硫酸で分解すると，化合物**C**と化合物**D**が生成した。

問 1　化合物 **A** ～ **C** の名称を記せ。

問 2　化合物 **D** ～ **F** の名称と構造式を記せ。

問 3　下線部の黄色沈殿が生成する反応の名称を記せ。また，化合物 **D** を用いた場合の化学反応式を記せ。

問 4　化合物 **E** を単量体として付加重合したとき得られる直鎖状の高分子化合物について，その名称を記せ。

問 5　化合物 **E** について，次の(1)と(2)に答えよ。

(1)　化合物 **E** には構造異性体が存在する。化合物 **E** の構造異性体である化合物 **G** の名称と構造式を記せ。

(2)　化合物 **E** および化合物 **G** はともに室温で臭素分子と反応する。それぞれの化合物と臭素分子との反応によって生成する化合物の名称と構造式を記せ。なお，不斉炭素原子が存在する場合には，例にならい不斉炭素原子に「＊」を記せ。

5 次の文章を読み，問1～問4に答えよ。

ベンゼンの水素原子1つをビニル基で置換した化合物をスチレンという。スチレンに少量の *p*-ジビニルベンゼンを混ぜて重合させると，立体網目状構造をもつ合成樹脂**A**ができる。合成樹脂**A**に濃硫酸を反応させて得られる合成樹脂**B**は，多くのスルホ基をもつ。これをガラス管などに詰め，そこに塩化ナトリウム水溶液を通すと，樹脂中の［ア］イオンと溶液中に存在する［イ］イオンが交換される。このような樹脂を［ウ］イオン交換樹脂という。

一方，合成樹脂**A**に$-N^+(CH_3)_3OH^-$のような塩基性の官能基を導入して得られる合成樹脂**C**を詰めたガラス管に，塩化ナトリウム水溶液を通すと，樹脂中の［エ］イオンと溶液中に存在する［オ］イオンが交換される。このような樹脂を［カ］イオン交換樹脂という。

単量体がアミド結合-NH-CO-で多数連なった高分子化合物をポリアミドという。鎖状のポリアミドを繊維にしたものをポリアミド系繊維といい，世界初の合成繊維であるナイロン66などがある。ナイロンは，分子中に炭化水素鎖をもち，しなやかな繊維であるため，ストッキングやウインドブレーカーなどの衣類のほか，歯ブラシなどに利用されている。

問 1　文章中の［ ア ］～［ カ ］に入る最も適切な語句を答えよ。

問 2　スチレン 208 g と *p*-ジビニルベンゼンを物質量比 10：1 になるように混合して合成樹脂 **A** を調製した。これを濃硫酸で処理して得られる合成樹脂 **B** の質量〔g〕を整数で答えよ。解答欄には計算過程を含めて記入せよ。ただし，合成樹脂 **A** に含まれるスチレン由来のベンゼン環のパラ位のみが 10 %スルホン化されたものとする。

問 3　図 1 に示すようなガラス管に合成樹脂 **B** を詰め，図 2 に示したグリシン，グルタミン酸，およびリシンを混合した強酸性水溶液を，ガラス管の上部から流した。このときすべてのアミノ酸はガラス管中の樹脂に吸着したとする。次に，pH 2.5 から pH 11.0 までの数種類の緩衝液を pH が小さい方から順にガラス管の上部から流していくと，各アミノ酸が順次ガラス管の下部から流出した。各アミノ酸が流出した順に並べ，名称で答えよ。

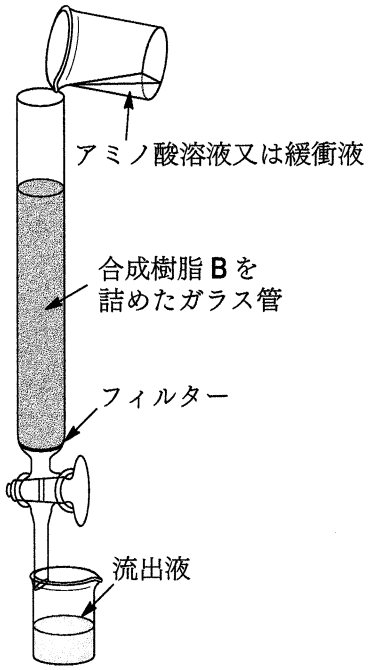


図 1

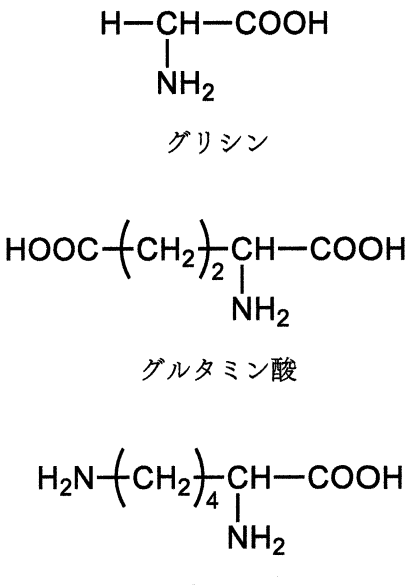


図 2

問 4　ナイロン66を合成するために，次に示す実験操作1～実験操作5を行った。なお，実験室には表1に示した有機溶媒が準備してあり，その一部を用いて実験を行った。次のページの(1)～(3)に答えよ。

実験操作1：ビーカー①に水を入れ，水酸化ナトリウムとジアミン化合物Dを加えて溶かした。

実験操作2：ビーカー②に有機溶媒を入れ，アジピン酸ジクロリドを加えて溶かした。

実験操作3：ビーカー①の溶液を，ガラス棒を伝わらせながらビーカー②中の溶液の上に二層になるように静かに加えた。

実験操作4：二層の境界面にできた膜をピンセットでつまみ，糸状にゆっくり引き上げ，切れないように注意しながらガラス棒に巻きつけた。

実験操作5：できた糸状のものをアセトンと水で交互に洗浄した後，乾燥させた。

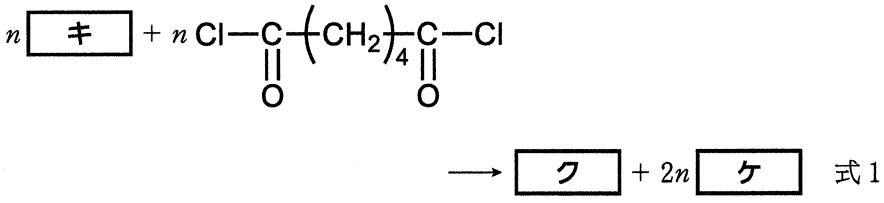
表1

名称	密度	性質
アセトン	0.79 g/cm^3	水に溶けやすい
エチレングリコール	1.11 g/cm^3	水に溶けやすい
シクロヘキサン	0.78 g/cm^3	水に溶けにくい
ジクロロメタン	1.33 g/cm^3	水に溶けにくい
メタノール	0.79 g/cm^3	水に溶けやすい

(1) 化合物 **D** の名称を答えよ。

(2) 下の式 1 は，ナイロン 66 が生成する化学反応式である。

［キ］ ～ ［ケ］ に入る構造式を記せ。なお，構造式は図 3 の例を参考にして記せ。



式 1

（例）

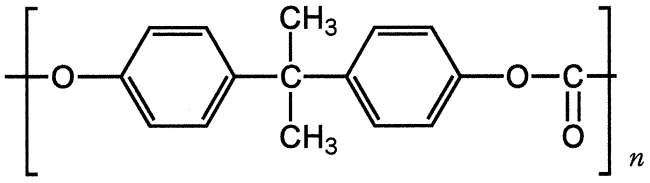


図 3

(3) 実験操作 3 では，ビーカー①の溶液をビーカー②中の溶液の上にうまく二層になるように静かに加える必要がある。実験操作 2 で用いる下線部の有機溶媒について，最も適切な有機溶媒を表 1 の中から 1 つ選び，名称で答えよ。

生　　物

1　次の文章を読み，問1～問4に答えよ。

生物の体は，細胞を基本単位としている。細胞の大部分は［　1　］からなり，それ以外は，無機塩類や，脂質，炭水化物，タンパク質，核酸①といった［　2　］で構成されている。細胞は細胞膜によって外界と隔てられており，真核細胞の内部には膜構造をもつ様々な細胞小器官②が存在する。

細胞内で合成されたホルモンやサイトカインが細胞外に分泌される過程は［　3　］と呼ばれる。一方で細胞外の物質を細胞膜の陥入によって細胞内に取り込むことを［　4　］といい，特に病原体のような大きな粒子を取り込む場合を［　5　］と呼ぶ。また，細胞が自身の不要な成分を新たに形成した隔離膜で囲んで分解する現象を［　6　］という。

細胞膜や細胞小器官を構成している膜は，基本的に同じ構造をしており，これらの膜をまとめて［　7　］という。［　7　］は脂質二重層③と，その膜内を比較的自由に動くことのできるタンパク質から構成されており，この構造様式を［　8　］モデルという。

問 1　文章中の［　1　］～［　8　］にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問 2　下線部①について，脂質，炭水化物，タンパク質，核酸はそれぞれ複数の元素で構成されている。それぞれを構成する元素をすべてあげ，それらを元素記号で答えよ。

問 3　下線部②について，リソソームや分泌小胞は，ある細胞小器官から生じる。最も適当なその細胞小器官の名称を記せ。

問 4　下線部③について，脂質二重層を通過するために通常，特定の膜タンパク質を必要とする物質を以下の(ア)～(カ)からすべて選び，記号で答えよ。

(ア)　アミノ酸　　(イ)　グルコース　　(ウ)　エタノール
(エ)　二酸化炭素　　(オ)　水分子　　(カ)　水素イオン

2 次の文章を読み，問1～問5に答えよ。

生物の細胞内では，遺伝情報はDNAに保存されており，この情報をもとにして必要なタンパク質が合成される。DNAからタンパク質が合成されるまでの過程では，DNA→RNA→タンパク質という順に一方向に情報が伝達されることが分かっており，イギリスの科学者であるクリックはこの一連の流れを［1］と称した。最初の段階として，DNAの情報がRNAに写し取られる過程を転写①といい，真核細胞では核内で行われる。RNAは通常一本鎖で構成されており，糖として［2］を含む。RNAにはいくつかの種類があり，それぞれ異なる役割を担っている。代表的なものに，mRNA(伝令RNA)，［3］，［4］がある。転写は［5］という酵素によって進行し，DNAの二本鎖のうちの一方をもとに，相補的な塩基対の規則に従ってRNA鎖が合成される。転写の開始には，［6］と呼ばれる特徴的な役割や機能をもった配列が必要である。そこに［5］と基本転写因子が結合して転写が始まったのち，［5］がDNA鎖上を移動しながらRNAを合成し，転写終結配列に到達すると合成が完了する。転写直後のRNAはmRNA前駆体と呼ばれ，スプライシング②やその他の修飾③を受けることによって，成熟mRNAとなる。その後，成熟mRNAは［7］に移動し，mRNAの塩基配列がアミノ酸の配列として翻訳され，タンパク質が合成される。

このように，私たちの体を構成する細胞は，DNAの情報をmRNAによって伝達し，最終的にタンパク質合成を行っている。一方で，体の中には，筋細胞や神経細胞など，様々な形態や機能をもつ細胞があるが④，一個体内の細胞は基本的にすべて同じ遺伝情報をもっている。1つの受精卵から多様な細胞が生まれ，複雑な個体が形成されていく背景には，細胞ごとに異なる仕組みが関わっていると考えられている。また，同じ種でも個体間でのDNAの塩基配列の違いは遺伝的多様性を生じ，DNA上のある領域で1塩基対のみが個体間で異なることをアルファベット3文字で［8］といい，タンパク質の構造や発現に影響を与え，病気の発症と関連することもある。

問 1　文章中の [1] ～ [8] にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問 2　下線部①について，以下の問に答えよ。

(1) 図 1 は遺伝子 A の DNA 塩基配列の一部を示している。図中の点線ではさまれた DNA 塩基配列がすべて転写された場合，mRNA 前駆体はどのような塩基配列となるか，5'，3' を解答用紙の図中の [ ] に記載した上で，塩基配列を答えよ。なお，どちらの鎖がセンス鎖・アンチセンス鎖であるかに注意して解答すること。

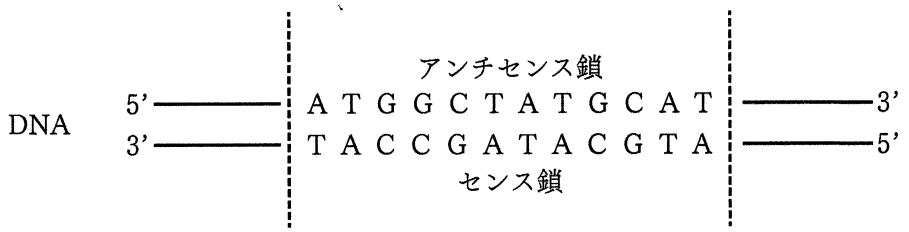


図 1　遺伝子 A の DNA 塩基配列の一部

(2) 原核生物特有の転写調節の仕組みとして，隣接して存在している複数の遺伝子が 1 つの mRNA としてまとめて転写される仕組みがある。このような隣接する遺伝子群（DNA 上の単位）を何と呼ぶか，最も適当な名称を記せ。

問 3　下線部②について，以下の問に答えよ。

(1) スプライシングによって，mRNA 前駆体はどのように加工されるか，40 字以内で説明せよ。

(2) 真核生物には，1 つの遺伝子から異なるタンパク質をつくることができる特徴的な仕組みがある。この仕組みを何と呼ぶか，その名称を記せ。

問 4　下線部③について，スプライシング以外の修飾とは何か。以下の(ア)～(カ)から正しいものを2つ選び，記号で答えよ。

(ア)　ペプチド鎖の伸長　　(イ)　ポリAテイルの付加
(ウ)　テロメアの修復　　(エ)　リプレッサーの結合
(オ)　リソソームによる分解　　(カ)　キャップ構造の形成

問 5　下線部④の理由について，なぜ同じ遺伝情報をもつ細胞が異なる形態や機能をもつか，50字以内で説明せよ。

3 次の文章を読み，問1～問7に答えよ。

ヒトの目では，光が角膜と水晶体で屈折され，①網膜上に像が結ばれる。網膜には光を受容する2種類の視細胞があり，薄暗いところで明暗を区別する［1］細胞と，主に明るいところで色を区別することに関与する［2］細胞が存在する。［1］細胞には光を吸収する［3］という視物質が存在する。網膜上で［2］細胞が特に密に分布する場所を［4］といい，視細胞が分布しない場所を②盲斑という。

多くの動物種にとって視覚は重要な感覚であり，視覚の刺激により［5］行動を起こすことも多い。イトヨの雄は繁殖期になると性ホルモンの働きで腹部が赤色になり，③縄張りに巣を作る。その縄張りに他の雄が侵入すると，それを攻撃して追い払う。このときに雄と同じくらいの大きさの模型を縄張りに近づけると，イトヨの体型とは異なる単純な形のものであっても下側が赤く塗ってあればその模型を攻撃する。このように，［5］行動を引き起こす刺激を［6］という。また，太陽を見て，その位置の情報をもとに行動の方向を決める動物も多く，この仕組みを④太陽コンパスと呼ぶ。

生後の経験で変化する行動である［7］行動でも視覚が関与するものがある。ニワトリやカモでは孵化(ふか)直後のひなを親から離して，親と同じくらいの大きさの動くものを見せると，それを親とみなしてその後を追うようになる。この現象を［8］と呼ぶ。この動くものの後を追う行動自体は［5］であるが，何についていくかは経験によって決まる［7］なものである。このように経験により行動を変化させていくことを⑤学習と呼ぶ。学習のうち，無条件刺激と条件刺激の組み合わせによる学習を⑥古典的条件付けと呼ぶ。

問 1　文章中の［　1　］～［　8　］にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問 2　下線部①について，ヒトでは網膜上に正確な像を結ぶために，水晶体の厚みを変えて焦点を合わせている。水晶体の厚みの変化として，正しいものを以下の(ア)～(エ)から 1 つ選び，記号で答えよ。

(ア)　遠くのものを見るとき，毛様筋は収縮し，水晶体が厚くなる。
(イ)　遠くのものを見るとき，毛様筋は収縮し，水晶体が薄くなる。
(ウ)　遠くのものを見るとき，毛様筋はゆるみ，水晶体が厚くなる。
(エ)　遠くのものを見るとき，毛様筋はゆるみ，水晶体が薄くなる。

問 3　下線部②について，網膜上に視細胞が分布していない場所がある理由を 45 字以内で説明せよ。

問 4　下線部③について，一般的に最適な縄張りの大きさは，縄張りの大きさに対する，縄張りから得られる利益と，縄張りを維持するコスト（労力）の関係によって決まるものと考えられる。ある動物種で縄張りの大きさに対する利益とコストの関係を調べたところ，図１のようであった。以下の問に答えよ。

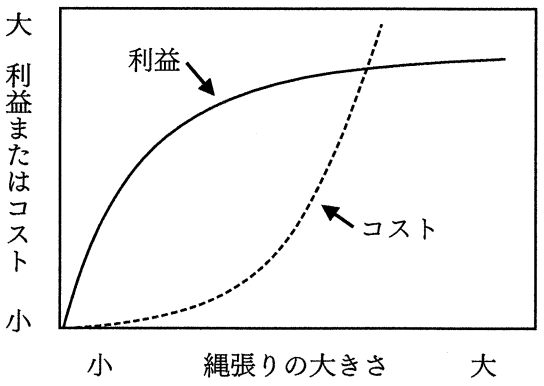


図１　縄張りの大きさに対する利益またはコストの関係

(1)　図１のように，縄張りの大きさが大きくなるにしたがって，縄張りから得られる利益はしだいに頭打ちになっている。この理由として最も適当なものを以下の(ア)～(エ)から１つ選び，記号で答えよ。

(ア)　縄張りが大きくなっても，個体が縄張りを見まわる時間には上限がある。

(イ)　縄張りが大きくなっても，個体が追い払える侵入者の数には上限がある。

(ウ)　縄張りが大きくなっても，個体が捕食者に食べられる確率には上限がある。

(エ)　縄張りが大きくなっても，個体が食べることができる食物量には上限がある。

(2) この動物種の個体数密度が増えて，縄張りの大きさに対するコスト（労力）がおおよそ2倍になったとき，コストの曲線はどのように変化すると考えられるか。適当な曲線を解答用紙に点線で書き入れよ。また，その時の最適な縄張りの大きさはどのように変化すると考えられるか，「大きくなる」あるいは「小さくなる」のいずれかで答えよ。

問 5　下線部④について，太陽コンパスを利用するミツバチは，蜜源を見つけ巣に帰ると8の字ダンスをしてその方向や距離を示す。8の字ダンスの直進部分の方向は，蜜源が太陽の方向であれば重力方向とは逆向き（上向き）に，太陽からある角度右にずれていれば，重力方向の逆向きから右に同じ角度ずれた方向となる。あるミツバチの巣で，この巣から見て太陽が真南に位置するとき，巣の中でミツバチが図2のようなダンスを行っていた。このとき蜜源は巣から見てどの方向にあると考えられるか，以下の(ア)～(ク)から最も適当なものを1つ選び，記号で答えよ。

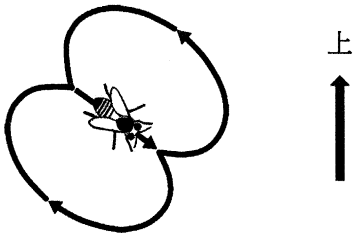


図2　観察されたミツバチの8の字ダンス

(ア) 東　　(イ) 西　　(ウ) 南　　(エ) 北
(オ) 南東　　(カ) 南西　　(キ) 北東　　(ク) 北西

問 6　下線部⑤について，学習により得られた行動として適当なものを以下の(ア)～(エ)からすべて選び，記号で答えよ。

(ア)　アメフラシの水管に水流を当てるとエラを引っ込めるが，繰り返し当てていると次第にエラを引っ込めなくなった。

(イ)　見知らぬ遠い土地に放たれた伝書バトが巣に戻った。

(ウ)　雌を見つけた雄のショウジョウバエが雌に対して一定の向きをとった。

(エ)　小鳥の雄のひなが成長とともにうまくさえずるようになった。

問 7　下線部⑥について，ミツバチが視覚により黄色と青色を識別できるのかを，古典的条件付けを利用して調べた。ミツバチは砂糖水が前肢に触れると口吻(こうふん)を伸ばすという無条件反射を示すことを利用して，以下の手順で行った。このとき，手順 3 において，ミツバチがどのような行動をとれば色の識別ができたと考えられるか。45 字以内で説明せよ。

手順 1：砂糖水を入れたペトリ皿を黄色の紙の上におき，ミツバチの前肢を砂糖水に浸すと口吻を伸ばすことを確認し，これを繰り返す。

手順 2：黄色の紙の上においた砂糖水を入れたペトリ皿を空のペトリ皿に交換し，ミツバチを空のペトリ皿に近づけて，口吻を伸ばすことを確認する。

手順 3：黄色と青色の紙の上それぞれに空のペトリ皿をおき，ミツバチを近づける。

4 次の文章Ⅰ，Ⅱを読み，問1～問6に答えよ。

（文章Ⅰ）

地球上の生命は，約40億年前に誕生した。最初に誕生した生命は，原核生物であることが化石より推測されている。最初の生命が誕生したときの地球の大気や海洋中には，酸素がほとんど含まれていなかった。そのため，原始的な生物は，酸素を用いない代謝を行っていたと考えられている。

①光合成細菌の一種であるシアノバクテリアが出現すると，大気中の酸素濃度が上昇した。これに伴って成層圏に形成された［ 1 ］層によって生物に有害な［ 2 ］が吸収されるようになると，生物の陸上への進出が可能になった。現在でもシアノバクテリアの痕跡は，オーストラリアの海中などで［ 3 ］として観察することができる。

真核生物は，約20億年前に地球上ではじめて出現した。真核生物は，細胞内に核やミトコンドリア，［ 4 ］といった細胞小器官をもつ。ミトコンドリアや［ 4 ］は，単細胞生物に［ 5 ］やシアノバクテリアといった異なる生物が細胞内に共生した結果できたとされている。このような別の生物との共生によってミトコンドリアや［ 4 ］が生じた仮説を②細胞内共生説と呼ぶ。

問 1　文章中の［ 1 ］～［ 5 ］にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問 2　下線部①について，生命の歴史の初期に出現した光合成細菌は，後に出現したシアノバクテリアと異なる光合成を行っていた。この光合成細菌が行う光合成は，シアノバクテリアの行う光合成とどういった点で異なるか，70字以内で説明せよ。

問 3　下線部②について，細胞内共生説の根拠となっているミトコンドリアのもつ特徴を2つ，それぞれ20字以内で説明せよ。

（文章Ⅱ）

我々の生活は，③生態系サービスなしには成り立たない。この生態系サービスを持続可能な形で利用し続けるためには，生態系の仕組みを理解し，生物多様性を保全する必要がある。自然界において生物多様性の維持に重要な役割をもっている生物に④キーストーン種が存在する。岩礁の潮間帯におけるヒトデは，キーストーン種の代表例として知られている。ヒトデは，イガイのような競争に強い種を優先して捕食する。⑤ヒトデを除去した潮間帯では，この捕食の効果がなくなるため岩の表面がイガイによって独占される。

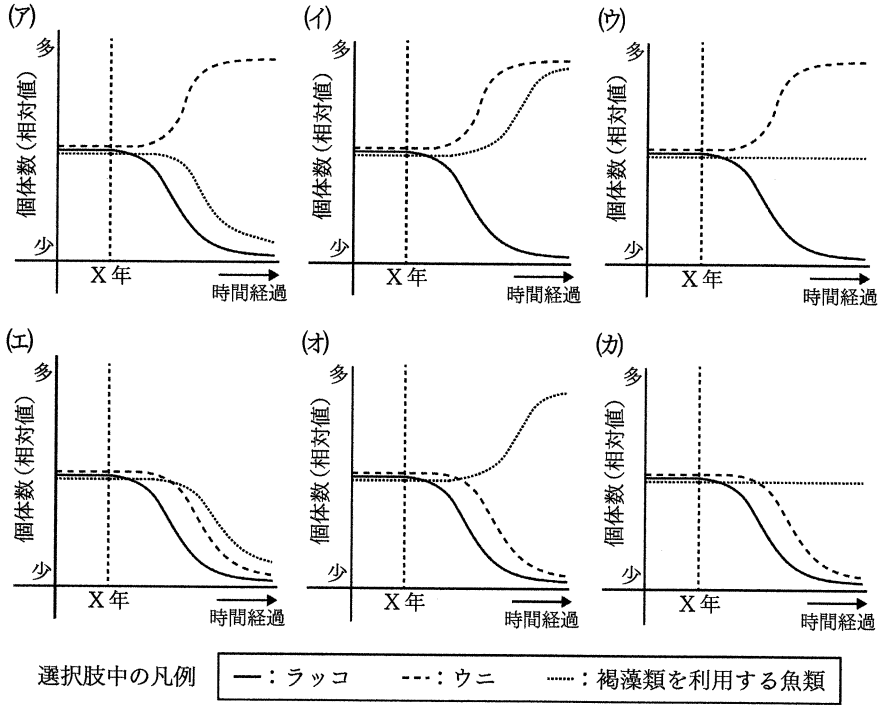
問 4　下線部③について，生態系サービスは「基盤サービス」，「供給サービス」，「調整（調節）サービス」，「文化的サービス」に大別される。以下の(ア)～(ク)を供給サービス，調整（調節）サービス，文化的サービスに分類し，記号で答えよ。

(ア) 食料　　(イ) 治水　　(ウ) 精神的充足　　(エ) 燃料
(オ) 害虫制御　　(カ) 木材　　(キ) 気候制御　　(ク) 美的な楽しみ

問 5　下線部④について，ラッコはジャイアントケルプなどの褐藻類が作り出すケルプの森の生物群集におけるキーストーン種であることが知られている。ケルプの森には，褐藻類を利用する魚類やウニが生息している。ラッコは，ウニを捕食することで，ウニによる褐藻類への食害を減少させている。以下の問に答えよ。

(1)　ラッコと褐藻類のように，直接的には関係のない生物の間で見られる影響のことを何と呼ぶか，その名称を記せ。

(2)　ラッコの捕食者としてシャチが知られている。あるケルプの森が存在するラッコの生息地においてＸ年にシャチが定住を始めた。Ｘ年以降，ケルプの森の生物群集を構成するラッコとウニ，褐藻類を利用する魚類の個体数（相対値）はどのように変化すると予想されるか，最も適当なものを以下の(ア)～(カ)から１つ選び，記号で答えよ。なお，シャチはラッコのみを捕食するものとする。

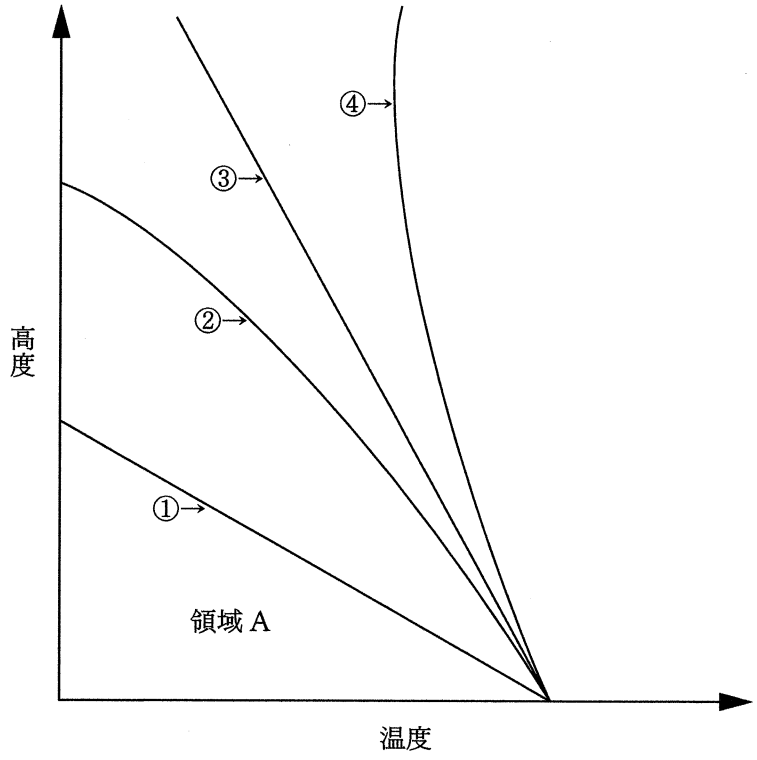


問 6　下線部⑤について，イガイと他の貝類のようにニッチが重なっているために種が共存できなくなることを何と呼ぶか，その名称を記せ。

地　　学

1 大気の安定性に関する下の各問に答えよ。

問 1　下の図は温度と高度の関係を示している。この図に関して次の各問に答えよ。



(1)　図に示す線①は乾燥断熱線を示している。30 ℃の空気塊が，周囲と熱のやりとりをせず，水蒸気の凝結も起こらずに 100 m 上昇した。この時の空気塊の温度として最もふさわしい整数を答えよ。

(2)　大気の気温減率が図の領域 A にある大気の状態は絶対不安定と呼ばれる。絶対不安定を引き起こす現象を一つ挙げよ。

(3) 湿潤断熱減率の値は，乾燥断熱減率の値よりも小さい。その理由を答えよ。

(4) 一般に上空は低温であるため，飽和水蒸気量の変化は小さい。この知識を使って，図の線②，③，④のうち，湿潤断熱線として最もふさわしい線を数字で答えよ。

(5) 大気の気温減率が乾燥断熱減率と湿潤断熱減率の間にある場合の大気の状態を何と呼ぶか答えよ。

(6) (5)の状態では，空気塊が(　I　)であれば安定だが，(　II　)ならば不安定になりうることが知られている。IとIIには飽和あるいは不飽和のいずれが入るか，それぞれ答えよ。

問 2 地表付近の不飽和の空気塊が地形により強制的に上昇し，雲が発生した。飽和状態でさらに強制上昇が続いた後に，自発的な上昇に移った。この過程における空気塊の温度の変化を，以下の語句を全て使って 100 字以内で説明せよ。

乾燥断熱減率　　露点　　湿潤断熱減率　　周囲の気温

問 3 成層圏のように高度とともに気温が高くなる場合，大気は安定である。対流圏下層で同様に高度とともに気温が高くなる状態を何と呼ぶか答えよ。

2 次の文章を読み，下の各問に答えよ。

高校生のSさんたちは，ある山の成り立ちについての探究活動を行うため，その山の谷を登りながら地質調査を行うことにした。当日のSさんの調査日誌を次に示す。

調査日：2024年4月13日(土)　天気：晴れ

谷を登り始めると，しま模様の発達したやや黒っぽい岩石の露頭があった。この岩石を割って表面をルーペで観察すると，直径1 mm程度の比較的角張った粗粒な鉱物を非常に細かい粒子が埋めている組織が認められた。これは火山岩を特徴づける［ア］組織であり，粗粒な鉱物は［イ］と呼ばれ，［イ］を取り囲む細かい粒子からなる部分は［ウ］と呼ばれる。また，［イ］は，岩石の表面全体の約60 %を占め，ほぼ等量の斜長石と輝石と角閃石①からなる。これらのことから，この岩石は［エ］岩に分類される火山岩であるとした。

谷をさらに登っていくと，白っぽい軟質の岩石中に直径十数cm程度のやや角張った礫(れき)がいくつも含まれる露頭があった。白っぽい部分をハンマーで細かく砕きルーペで観察すると，自形の輝石などの鉱物や微小なガラス片が見られ，この部分は火山灰が固まってできた［オ］岩と判断した。一方で，礫の部分を割って観察すると，最初に観察した露頭と同じ種類の火山岩であった。すなわち，この露頭は全体的には［カ］岩と呼ばれる堆積岩の一種で，火山噴火活動にともなう［キ］によって形成されたと判断した。

そこからさらに谷を登っていくと，最初に観察したものと同じしま模様の発達した黒っぽい岩石の露頭が見られ，表面観察からも同じ種類の火山岩によって構成されることが分かった。

今日の調査結果から，かつて，この山では火山噴火が起き②，最初と最後の火山岩の露頭で見られたしま模様は，溶岩流の痕跡であると判断できる。また，この山は，溶岩と［カ］岩が交互に積み重なった［ク］火山に分類される火山であると推察できる。

問 1　文中の［ア］～［ク］に入る適切な語を答えよ。

問 2　下線部①の文中の鉱物はいずれもケイ酸塩鉱物と呼ばれるものに相当する。ケイ酸塩鉱物は，1 つのケイ素を 4 つの酸素が取り囲む四面体（SiO_4 四面体）のつながりが骨組みとなっている。斜長石と輝石と角閃石においては，SiO_4 四面体がそれぞれどのようなつながりになっているか。下の **a** ～ **e** の中から，それぞれの鉱物について一つ選び，記号で答えよ。

a　独立（独立型）

b　単一のくさり状（単鎖状）

c　二重のくさり状（複鎖状）

d　シート状（網状）

e　立体的な網状

問 3　下線部②に関連し，露頭で採取した岩石を用いて，どのような手法で，この火山噴火の時代や年代を特定できる可能性があるか。**具体的な手法の一つ**を 70 字以内で述べよ。

3 天体や宇宙の時間変化に関する下の各問に答えよ。

問 1　地球と金星の自転周期の組み合わせとして最も適切なものを，次のａ～ｄのうちから一つ選べ。

	地球の自転周期	金星の自転周期
a	約 1 日	約 4 日
b	約 1 日	約 243 日
c	約 365 日	約 4 日
d	約 365 日	約 243 日

問 2　水星，火星，木星，天王星が太陽の周りを公転する周期に最も近い値を，次のａ～ｄのうちからそれぞれ一つずつ選べ。

a　0.24 年

b　1.9 年

c　12 年

d　84 年

問 3　太陽フレアなどの太陽活動は，約 11 年周期で変化する。この太陽活動に関して述べた文として最も適切なものを，次のａ～ｄのうちから一つ選べ。

a　太陽が超新星爆発を起こすときに，活動が活発になる。

b　太陽表面に現れる黒点の数が多いときに，活動が活発になる。

c　太陽が重力で収縮し中心温度が上昇するときに，活動が活発になる。

d　太陽の中心部でヘリウムの核融合が始まるときに，活動が活発になる。

問 4　地球は約 2 万 6000 年の周期で歳差運動を行っている。その歳差運動が主な原因となって生じる現象について述べた文として**適切ではないもの**を，次の a ～ d のうちから一つ選べ。

a　春分点が移動している。

b　年周視差が観測されている。

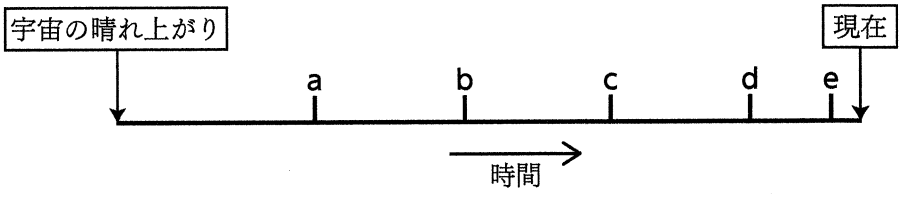
c　天の北極の方向が変化している。

d　1 太陽年が地球の公転周期（1 恒星年）より短い。

問 5　次の箇条書きで示された 3 つの条件に基づき，質量が太陽の 5 倍である主系列星の寿命を求めよ。計算過程も示すこと。

- 主系列星の寿命は，主系列星の質量を主系列星の光度で割った値に比例する。
- 主系列星の光度は，主系列星の質量の 4 乗に比例する。
- 太陽の主系列星としての寿命は 100 億年である。

問 6　次の図の横に引かれた線分は，宇宙の晴れ上がりから現在までの時間を表し，線分の長さは時間に比例している。この図に，地球が誕生したときと，地球上にかたい殻や骨をもつ動物が多数出現したときを示すとすると，その位置として最も適切なものを，a ～ e のうちからそれぞれ一つずつ選べ。



4 次の文章は，地球内部について話し合っている高校生のPさんと地学クラブの顧問Q先生の会話の一部である。この文章を読んで，下の各問に答えよ。

Pさん「中学生の頃，地底人の文明を描いたSF小説を読んだことがあります。でも，地球の内部って本当はどうなっているのかな。何百万人もが住めるような空洞なんて現実にありうるのかしら。」

Q先生「どれくらいの深さを想定するかにもよるけど，深い場所にこだわるなら難しいのではないかな。①地球内部は地表と比べればものすごく高圧だから，広大な空洞が地下深部に存在しているとは考えにくいよね。」

Pさん「じゃあ，温度はどうでしょう。地表が猛暑だったり酷寒だったりしても，地下深部はどこまで行っても温度が変わらない常春(とこはる)状態かもしれませんよ。」

Q先生「いや，それも考えにくいよ。鉱山の坑道などでは，②地表から地下へ深く進むにつれて周囲の岩石の温度が上昇することはよく知られているんだ。地球中心部の温度は5000℃にも及ぶらしい。常春どころか，きっと極熱(ごくねつ)地獄さ。少なくとも人間が普通に暮らせるような環境ではないね。」

Pさん「ふーん，地球の内部ってものすごく熱いのですね。でも，どうして熱いのかな」

Q先生「熱源があるからさ。地球が形成された時に蓄えられた熱エネルギーと［ア］によって生成された熱エネルギーがそれだね。」

Pさん「もしかしたら，地下深部の岩石は熱でドロドロに溶けていて，地震も全然起らないのかしら」。

Q先生「そういうわけでもないよ。だって地震は地下で蓄えられたひずみが［イ］運動により一瞬で解放される現象だからね。③地震波が地球深部を伝播して遠方の地表へ到達することはよく知られているんだ。」

Pさん「高温に高圧，おまけに地震も起こるなんて厳しいですね。でも，地底人の世界が存在しないというのも，なんだかロマンがないですね。」

Q先生「そうでもないと思うよ。④地球の内部がどうなっているのか，知れば知るほどワクワクしてこないかい。これほどのロマンは滅多にないさ。」

問 1　文章中の［ ア ］に入る最も適切な言葉を次から一つ選び，a～dの記号で答えよ。

a　核融合反応

b　プレートの沈み込み

c　放射性元素の崩壊

d　マントル対流

問 2　［ イ ］に入る適切な言葉を**漢字 2 字**で答えよ。

問 3　下線部①に関連して，地球内部における圧力の深度分布についての異なる見解を図 1 に示してある。図の縦軸は地表からの深さを表しており，縦軸の上端は地表，下端は地球の中心の深さにあたる。縦軸の目盛りは等間隔である。横軸は圧力を表している。この図について，下の各問に答えよ。

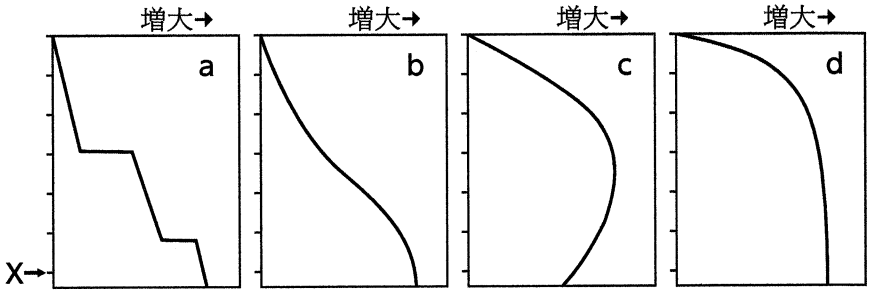


図 1

(1)　図中の X が指す深度として，最も適切と思われる値を次から一つ選び，a～dの記号で答えよ。

a　3×10^3 km　　b　6×10^3 km　　c　1.2×10^4 km　　d　3×10^4 km

(2)　地球内部における圧力の深度分布パターンを最も適切に示しているグラフを図中から一つ選び，a～dの記号で答えよ。

問 4　下線部②に関する次の文章を読んで，下の各問に答えよ。

『地下深く進むにつれて温度が上昇する割合のことを［ ウ ］という。場所によって多少異なるものの，その値は深さ数kmまででであれば［ エ ］程度である。』

(1)　［ ウ ］に当てはまる適切な言葉を答えよ。

(2)　［ エ ］に当てはまる値として，最も適切なものを次から一つ選び，a～dの記号で答えよ。

a　0.3 ℃/100 m

b　3 ℃/100 m

c　30 ℃/100 m

d　100 ℃/100 m

問 5　下線部③と関連する図2は地球内部における地震波の速度を示している。縦軸は地表からの深さを表し，YとZはそれぞれ特定の深度を指している。この図について，次の各問に答えよ。

(1)　図2のA～Fの説明として，最も適切と思われるものを次から一つ選び，a～dの記号で答えよ。

a　AとBはP波の速度を，EとFはS波の速度をそれぞれ表している。

b　AとCはP波の速度を，BとFはS波の速度をそれぞれ表している。

c　AとBはS波の速度を，C～FはP波の速度をそれぞれ表している。

d　AとEはP波の速度を，BはS波の速度をそれぞれ表している。CはP波でもS波でもない。

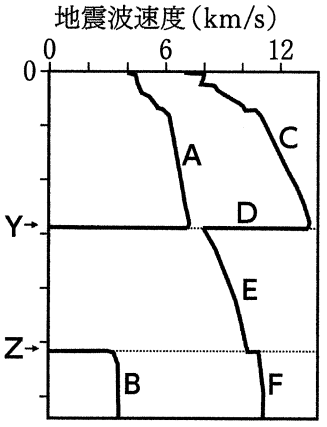


図2

(2) 図2のYとZに関わる説明として，適切と思われるものを次から**二つ**選び，a～fの記号で答えよ。

a　アセノスフェアの下端はYよりも下にある。

b　沈み込むプレートのスラブは最終的にYより下側の領域に到達する。

c　スーパーホットプルームはZ付近から湧き上がる。

d　Zはマントルと核の境界を表している。

e　YとZの間の領域は液体状態にあると考えられる。

f　リソスフェアとアセノスフェアの境界はYよりも上にある。

問 6　下線部④と関連して，図3は地球内部における密度の深度分布を示したものである。図2と同様，縦軸は地表からの深さを表し，Yは密度が急変する深度を指している。この図で示される密度分布はどのようにして形成されたのだろうか。Yにおける密度の急変に着目しつつ，原始地球の成長過程と関連づけて180字以内で説明せよ。

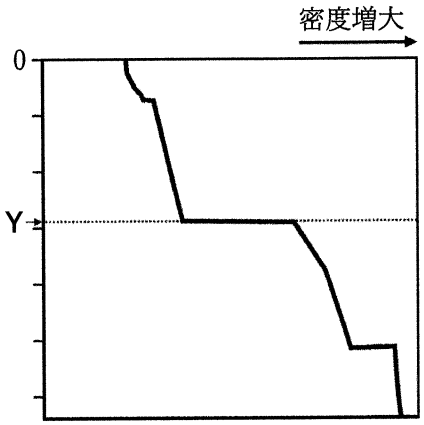


図3