

筑波大学

平成28年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

人間学群 (教育学類, 心理学類, 障害科学類) ※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)

※地球学類で地理歴史を選択する者は, 理科1科目と合わせて120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類, 工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

(知識情報・図書館学類) ※1科目選択で60分

医学群 (医学類, 医療科学類)

(看護学類) ※1科目選択で60分

目 次

物	理	1
化	学	10
生	物	21
地	学	34

注 意

- 1 問題冊子は1ページから41ページまでである。
- 2 受験者は下表の志望する学類の出題科目を解答すること。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
教 育 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
心 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
障 害 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
生 物 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生 物 資 源 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
地 球 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
数 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
物 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
化 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
応 用 理 工 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
工 学 シ ス テ ム 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
情 報 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
知 識 情 報 ・ 図 書 館 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
医 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
看 護 学 類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答
医 療 科 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答

化 学

問題Ⅰ～Ⅲについて解答せよ。字数を指定している設問の解答では、数字、アルファベット、句読点、括弧、記号も、すべて1字として記入せよ。なお、計算に必要なならば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.00, Li = 6.94, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,
Mg = 24.3, S = 32.0, Cl = 35.5, K = 39.1, Ca = 40.1, Br = 79.9,
I = 127, Ba = 137

気体定数： $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

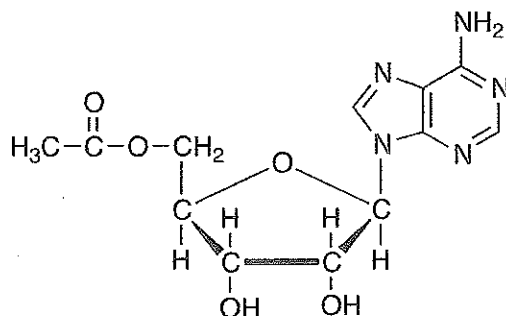
アボガドロ定数： $N_A = 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

$0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

$\sqrt{2} = 1.4, \sqrt{3} = 1.7$

$\log_{10} 2 = 0.30, \log_{10} 3 = 0.48, \log_{10} 5 = 0.70$

有機化合物の構造式は次の記入例にならって示せ。



I 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

アルカリ金属元素であるリチウムの単体は、常温常圧で体心立方格子の結晶構造をもつ。アルカリ金属イオンを含むイオン結晶の性質は、陽イオンと陰イオンの間に働く静電的な引力に由来するイオン結合の強さで理解できる。例えば、塩化ナトリウムはイオン結合が非常に強いため高い融点をもつが、水に容易に溶けて陽イオンと陰イオンに電離する。これは、イオンが水和されることによる安定化のエネルギーが、イオン結合のエネルギーとほぼ同じためである。アルカリ金属からなる塩は、日常生活で広く利用されている。例えば、ふくらし粉として利用されている炭酸水素ナトリウムは、水中で塩化ナトリウム、アンモニア、二酸化炭素を反応させることで、工業的に生産されている。一方、アンモニアの工業的合成法は、以下の式(1)の反応を利用している。

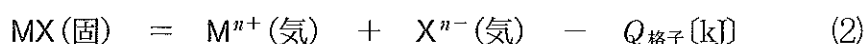


式(1)の反応は、触媒とともに高温で反応を行うことではじめて進む。さらに、高圧条件下で反応を行うことで、アンモニアの生成量を増やすことができる。実験室では、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムとの反応により、アンモニアが得られる。

問1 下線部(a)に関して、次の問に答えよ。

- (i) 結晶におけるリチウム原子の配位数を答えよ。
- (ii) 単位格子中のリチウム原子の数を答えよ。
- (iii) 単位格子の一辺の長さ[cm]、および結晶の密度[g/cm^3]を有効数字2桁で求めよ。ただし、リチウムの原子半径は $1.5 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とする。

問2 下線部(b)に関して、イオン結晶における結合が強い程、以下の熱化学方程式(2)の $Q_{\text{格子}}$ は大きい。



$Q_{\text{格子}}$ を一般に格子エネルギーと呼び、 M^{n+} および X^{n-} のイオン半径 r_{M} 、 r_{X} と価数 n を用いて、近似的に次ページの式(3)で表される。

$$Q_{\text{格子}} = \frac{A n^2}{r_M + r_X} \quad (A: \text{正の定数}) \quad (3)$$

式(3)をもとに、塩化ナトリウム、酸化マグネシウム、臭化ナトリウム、及び酸化カルシウムの融点を比較し、融点が高い順に組成式で記せ。ただし、イオン半径[cm]は $\text{Na}^+ : 1.2 \times 10^{-8}$, $\text{Cl}^- : 1.7 \times 10^{-8}$, $\text{Ca}^{2+} : 1.1 \times 10^{-8}$, $\text{Mg}^{2+} : 0.86 \times 10^{-8}$, $\text{Br}^- : 1.8 \times 10^{-8}$, $\text{O}^{2-} : 1.3 \times 10^{-8}$ とし、式(3)の A は化合物によらず同じ値とする。

問 3 下線部(c)に関して、次の問に答えよ。

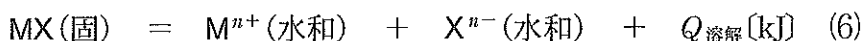
(i) M^{n+} イオンの水和による安定化のエネルギーは、以下の熱化学方程式(4)における水和熱 $Q_{\text{水和M}}$ に対応し、イオン半径 r_M と価数 n を用いて、近似的に以下の式(5)で表される。



$$Q_{\text{水和M}} = \frac{B n^2}{r_M} \quad (B: \text{正の定数}) \quad (5)$$

式(5)をもとに、 Li^+ , Na^+ , Ca^{2+} の中で水和熱 $Q_{\text{水和M}}$ が最も大きいイオンを記せ。ただし、 Li^+ のイオン半径は $0.90 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とし、 Na^+ と Ca^{2+} については問 2 の値を用いよ。また、式(5)の B はイオンの種類によらず同じ値とする。

(ii) イオン結晶の水への溶解熱 $Q_{\text{溶解}}$ は、以下の熱化学方程式(6)で表される。



また、 X^{n-} の水和は、 M^{n+} と同様に以下の熱化学方程式(7)で表される。



問 2 の式(2)と上記の式(4), (6), (7)を用い、ヘスの法則を利用して硫酸バリウムの溶解熱[kJ/mol]を求めよ。ただし、 Ba^{2+} の水和熱: 1346 kJ/mol, SO_4^{2-} の水和熱: 1099 kJ/mol, 硫酸バリウムの格子エネルギー: 2511 kJ/mol とする。

(iii) 一般に溶解熱 $Q_{\text{溶解}}$ の値が大きいほど、水に対するイオン結晶の溶解度は高い。硫酸バリウムと硫酸カルシウムの溶解熱を比較し、より溶解度が高い塩を組成式で記せ。ただし、硫酸バリウムの溶解熱は(ii)で求めた値を用い、硫酸カルシウムの溶解熱は+28 kJ/mol とする。

問 4 下線部(d)の反応を，化学反応式で表せ。

問 5 式(1)中の N_2 及び NH_3 における，窒素の酸化数をそれぞれ答えよ。

問 6 下線部(e)に関して，アンモニアの生成量が増える理由を 40 字以内で述べよ。

問 7 下線部(f)に関して，次の問に答えよ。

(i) 化学反応式で表せ。

(ii) 水酸化カルシウムの飽和水溶液の $25\text{ }^\circ\text{C}$ における pH を，小数点以下 1 桁まで求めよ。ただし，水酸化カルシウムの水への溶解度は $25\text{ }^\circ\text{C}$ で $2.0 \times 10^{-2}\text{ mol/L}$ とし，水酸化カルシウムは水中でカルシウムイオンと水酸化物イオンに完全に電離しているものとする。

(次ページに問題Ⅱがあります。)

II 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。単位が必要な解答には単位も記すこと。

酸素および窒素は常温常圧で安定な気体として存在するが、窒素は高温で酸素と^(a)
反応し、一酸化窒素が生成する。一方、酸素は水素と混合し点火することで、水^(b)
を生成する。酸素は燃料電池にも利用されている。生体内では、酸素は還元され過^(c)
酸化水素が生じる。さらに過酸化水素はカタラーゼのような酵素により分解され^(d)
、実験室では酸化マンガン(IV)のような触媒により分解される。^(e)
^(f)

問1 下線部(a)について、一酸化窒素の捕集法として最も適切な方法を①～③より
選び、番号で答えよ。

- ① 上方置換 ② 下方置換 ③ 水上置換

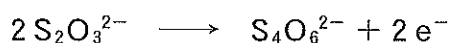
問2 下線部(b)について、10 Lの容器Aに 5.0×10^4 Paの酸素を、2.5 Lの容器
Bに 1.0×10^5 Paの水素を入れた。次いで、容器A、Bを連結し、気体を混
合した。この混合気体について、次の問に答えよ。ただし、すべての気体は理
想気体とし、気体の温度は 27°C とする。

- (i) 酸素の物質量を有効数字2桁で求めよ。
(ii) 酸素と水素の分圧、および混合気体の平均分子量を、有効数字2桁で求め
よ。
(iii) 混合気体に点火したところ、酸素か水素のいずれかが完全に消費された。
十分に時間が経過した後の容器内の圧力を有効数字2桁で求めよ。ただし、
 27°C における水の蒸気圧は 3.6×10^3 Paとし、生成した水の体積および水
への気体の溶解は無視できるものとする。

問3 下線部(c)について、電解質にリン酸水溶液を用いた水素—酸素燃料電池に
おいて、正極で起こる反応を電子(e^-)を含むイオン反応式で表せ。

問 4 下線部(d)について、ある濃度 X (mol/L) の過酸化水素水 100 mL に、十分な量の硫酸とヨウ化カリウム水溶液を加え、過酸化水素を完全に反応させた。この反応で生じたヨウ素を、0.50 mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定したところ、ヨウ素を完全に反応させるのに 40 mL を要した。次の問に答えよ。

ただし、チオ硫酸ナトリウムが還元剤としてはたらく反応は、以下のイオン反応式で表される。



(i) 硫酸酸性条件下における過酸化水素水とヨウ化カリウム水溶液との反応を、化学反応式で表せ。

(ii) 濃度 X (mol/L) を有効数字 2 桁で求めよ。

問 5 下線部(e)について、酵素の多くは一般に 60 °C 以上で失活する。その理由を 30 字以内で述べよ。

問 6 下線部(f)について、 0.50 mol/L の過酸化水素水 100 mL に少量の酸化マンガン(IV)を加えた時の、過酸化水素の濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ と時間の関係は図 1 のようになった。次の問に答えよ。

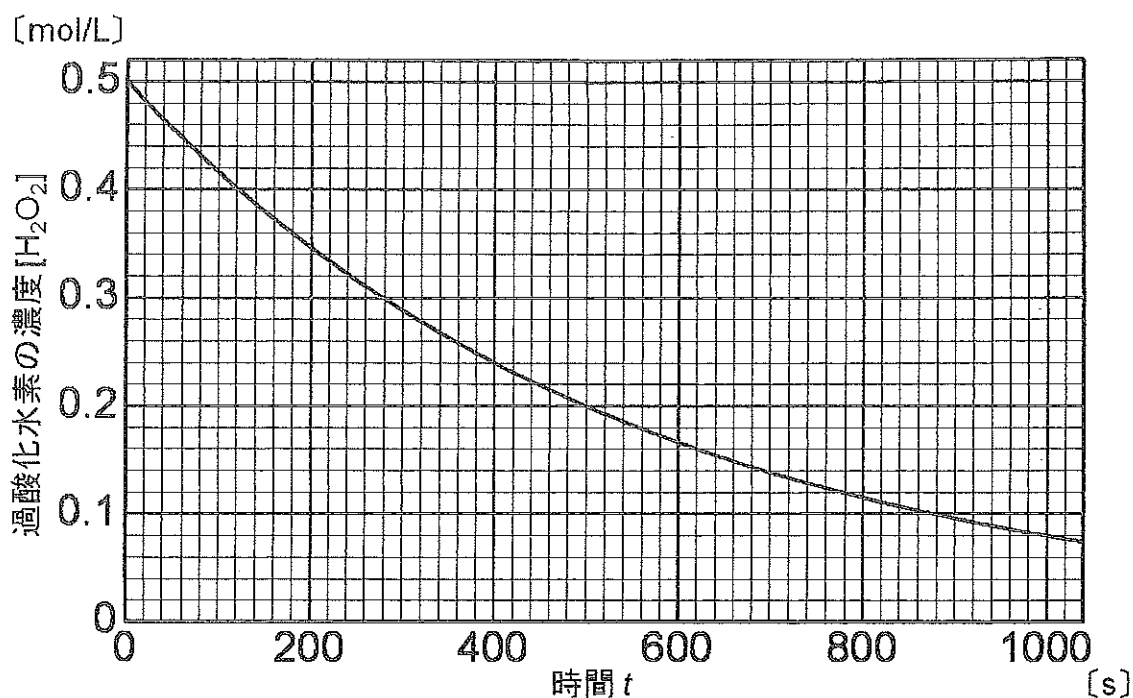


図 1

- (i) $t = 500$ 秒から 1000 秒における、分解反応の平均速度 $[\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})]$ を図 1 より求めよ。また、この間の 1 秒あたりの酸素の生成量 $[\text{mol}/\text{s}]$ を求めよ。ただし、過酸化水素水の体積変化は無視できるものとする。解答はそれぞれ有効数字 2 桁で示せ。
- (ii) 過酸化水素の濃度が反応前の半分になる時間を、図 1 より求めよ。解答は有効数字 2 桁で示せ。

(iii) 時間 t における $[\text{H}_2\text{O}_2]$ は、以下の式(1)で表される。

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = [\text{H}_2\text{O}_2]_0 \times e^{-kt} \quad (1)$$

ただし、 $[\text{H}_2\text{O}_2]_0$ は $t = 0$ における過酸化水素の濃度、 k は反応速度定数を表す。

式(1)と(ii)で求めた値を用い、 k [s] を有効数字 2 桁で求めよ。

必要であれば、 $\log_e 2 = 0.69$, $\log_e 3 = 1.1$, $\log_e 5 = 1.6$ を用いよ。

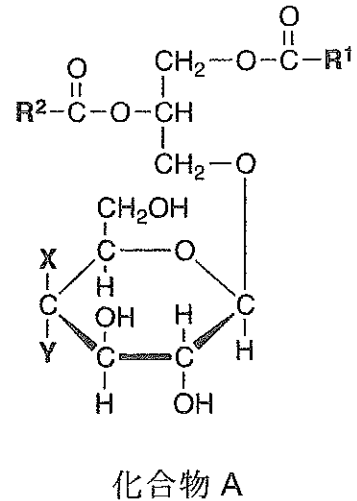
なお、 $\log_e a$ は $e = 2.718\cdots$ を底とする a の自然対数である。

III 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

化合物Aは炭素、水素、酸素からなる糖脂質の一種である。化合物Aの構造を決定するため、実験1～実験5を行った。

実験1 化合物Aに含まれるヒドロキシ基をすべてアセチル化すると、分子量が210増加した。

実験2 化合物Aを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解し、ついで中和すると、不飽和脂肪酸B、カルボン酸C、および化合物Dが得られた。化合物Bの分子量は304であり、化合物B 19 mgを完全燃焼させると、二酸化炭素55 mgと水18 mgが生じた。



実験3 質量分析から、化合物Cの分子式を $C_5H_{10}O_3$ と決定した。化合物Cは光学活性であった。また化合物Cを酸化すると、銀鏡反応を示す化合物Eが得られた。

実験4 化合物Cのカルボキシ基を第一級アルコールに還元すると、光学不活性の化合物Fが得られた。

実験5 化合物Aを希塩酸で加水分解すると、化合物Gと化合物Hが得られた。化合物Gは、マルトースを構成する単糖類Iおよびセルロースを構成する単糖類Jのいずれとも、立体異性体の関係にあった。

問1 下線部(a)および(b)で切断された、結合の名称をそれぞれ記せ。

問 2 (i) 化合物 B の分子式を記せ。

(ii) 化合物 B 1.0 mol に触媒の存在下、水素を反応させて飽和脂肪酸を得るには、理論上、何 mol の水素が必要か。有効数字 2 桁で答えよ。

問 3 次の問に答えよ。ただし、立体異性体は区別しなくてよい。

(i) 実験 1～実験 3 の結果のみから考えると、化合物 C として考えられる構造は何種類あるか答えよ。

(ii) 実験 4 の結果から、化合物 C および化合物 F の構造を決定し、それぞれの構造式を示せ。また、構造式の中の不斉炭素原子に○をつけよ。

問 4 (i) 化合物 I の名称を記せ。

(ii) 化合物 I を水に溶かすと、鎖状構造を持つ化合物 K との平衡混合物となる。化合物 K の構造式を示せ。

問 5 化合物 A の構造について、X および Y にあてはまる、原子もしくは原子団をそれぞれ記せ。

問 6 下線部(c)に関して、マルトースはフェーリング溶液を加えて加熱すると赤褐色の沈殿を生じるが、スクロースは沈殿を生じない。スクロースが沈殿を生じない理由を、その構造の特徴から 50 字以内で述べよ。

問 7 下線部(d)に関して、次の問に答えよ。

(i) セルロースの繊維が丈夫な理由を、その構造の特徴から 45 字以内で述べよ。

(ii) セルロースをシュワイツァー試薬に溶かし、細孔から希硫酸中に押し出すことで得られる再生繊維の名称を記せ。