

平成 25 年度

前期日程

理科問題

〔注意〕

1. 問題冊子及び解答用冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 問題冊子は、物理、化学、生物の順序で 1 冊にまとめてある。

問題は { 物理 2 ページから 11 ページ }
 { 化学 12 ページから 20 ページ } にある。
 { 生物 21 ページから 37 ページ }

ページの脱落があれば直ちに申し出ること。

3. 解答用紙は、物理 3 枚、化学 4 枚、生物 4 枚が一緒に折り込まれている。受験する科目の解答用紙をミシン目に従って切り離すこと。
4. 受験番号は、受験する科目の解答用紙の受験番号欄に 1 枚ずつ正確に記入すること。
5. 解答は、1 ページの「理科の解答についての注意」の指示に従い、解答用紙の指定されたところに記入すること。
6. 問題冊子の余白は、適宜下書きに使用してもよい。
7. 配付した解答用紙は持ち帰ってはいけない。
8. 問題冊子は持ち帰ること。

「理科の解答についての注意」

理学部志願者

- 数学科、化学科、生物科学科生物科学コースを志望する者は、物理、化学、生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。
- 物理学科を志望する者は、物理を必須科目とし、そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。
- 生物科学科生命理学コースを志望する者は、物理と化学の2科目を解答すること。

医学部医学科・医学部保健学科(放射線技術科学専攻・検査技術科学専攻)・歯学部・薬学部志願者

物理、化学、生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。

医学部保健学科(看護学専攻)志願者

物理、化学、生物の3科目のうちから1科目を選んで解答すること。

工学部・基礎工学部志願者

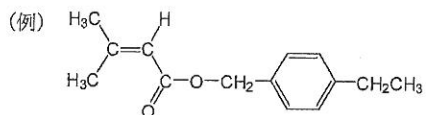
物理を必須科目とし、そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。

化学問題

(解答はすべて化学解答用紙に記入すること)

【注意】

1. 特にことわらない限り，構造式は下に示す例にならって書くこと。



2. 文中の体積の単位記号Lは，リットルを表す。

[1] 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

14族に属する炭素やケイ素は、最外殻電子を 個もち、これらを原子間で共有することにより結合を形成し、共有結晶となる。共有結晶は異なる二つの元素からも形成される。炭化ケイ素 SiC はダイヤモンドに似た結晶構造をとり、C原子とSi原子は交互に配置している。結合に用いられる最外殻電子は、C原子では 殻、Si原子では 殻に存在する。

12族元素と16族元素からなる硫化亜鉛 ZnS は SiC と同様な結晶構造をもつ。Zn原子は 個、S原子は 個の最外殻電子をもち、これらを隣り合ったZn原子とS原子の間で共有することによって共有結晶が形成される。この化合物は天然にはセン亜鉛鉱として産出され、金属亜鉛の原料となる。ZnSの燃焼により酸化亜鉛 ZnO が得られ、これを還元することにより金属亜鉛^①が得られる。ZnOは 酸化物であり、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液^②のどちらとも反応する。

ケイ素と酸素からなる二酸化ケイ素 SiO₂ は上記の化合物とは異なる構造をもつ共有結晶である。この結晶中にはSi原子1個あたり4つのSi-O結合が存在する。^③ SiO₂は 酸化物であり、水酸化ナトリウムと混合して融解すると反応がおこる。^④ この反応で生じた生成物に水を加えて加熱すると とよばれる粘性の高い液体が得られる。これに塩酸を加えて析出したものを乾燥するとシリカゲルが得られる。シリカゲルは乾燥剤や脱水剤として用いられる。^⑤

表 1 物質の生成熱

物質(状態)	生成熱(kJ/mol)
SiO ₂ (固体)	911
ZnO(固体)	348
ZnS(固体)	206
SiC(固体)	65
CO ₂ (気体)	394
SO ₂ (気体)	297
C(気体)	- 717
Si(気体)	- 451
Zn(気体)	- 131
O(気体)	- 249

問 1 ~ の空欄にあてはまる適切な数、語句、または記号を答えよ。

問 2 下線部①でおこる反応を反応式で表わし、その反応熱を表 1 の値を用いて求め、有効数字 3 桁で答えよ。ただし反応中の各元素は完全燃焼するものとする。解答欄には計算過程も示せ。

問 3 下線部②でおこる 2 つの反応をそれぞれ反応式で表せ。

問 4 下線部③の Si-O 結合の平均結合エネルギーを表 1 の値を用いて kJ/mol 単位で求め、有効数字 3 桁で答えよ。ただし、平均結合エネルギーは SiO₂ 結晶のすべての結合を切断して Si 原子と O 原子を生成するために必要なエネルギーを結合の数で割った値である。解答欄には計算過程も示せ。

問 5 下線部④でおこる反応を反応式で表せ。

問 6 下線部⑤の用途が可能である理由を 50 字程度で記せ。

〔2〕 次の実験に関する文章を読み、問1～問5に答えよ。ただし、注射器内の気体は理想気体として扱い、気体の水への溶解は無視できるものとする。必要があれば、以下の数値を用いよ。

60℃における水の蒸気圧 = 2.0×10^4 Pa,

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4$ C/mol, 気体定数 $R = 8.31$ (Pa·m³)/(mol·K)

【実験1】

図1に示すように、NaOH水溶液を満した電解槽、2つの白金電極、これらの両電極から生成した気体を集める注射器で構成された装置を用いた。このときの室温は27℃であり、注射器の中には、あらかじめO₂とN₂(体積比1:4)の混合気体が 1.0×10^5 Paにおいて72 mL入っており、先端にはコックが付いている。一定電流を通電することにより水を電気分解した。このとき、水蒸気は通過せず、電気分解により生成した気体のみを通過させる膜を通して気体を捕集した。その際、ピストンは自由に動き、注射器内の圧力は、標準大気圧 1.0×10^5 Paと常に等しく保った。

0.10 Aの電流を通電して水の電気分解を開始したところ、陽極、陰極の両電極から泡が出て、注射器内の気体の体積は、電気分解を行う時間①に比例して増加した。電気分解を14分後に終了したところ、気体の体積は mL になった。

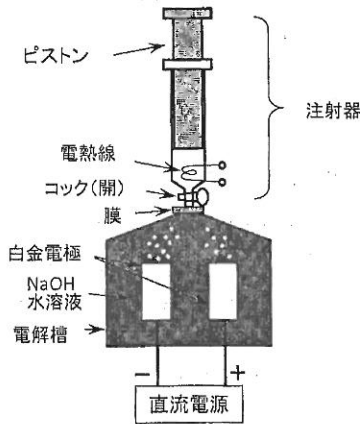


図1 実験1の装置

【実験 2】

コックを閉じて注射器を電解槽から取り外し、60℃の恒温槽(図2)へ移した。注射器内の気圧を 1.0×10^5 Pa に保ったところ、注射器内の気体の体積は mL になった。次に電熱線に電流を流して加熱すると、水素が燃焼した(参考：この条件では爆発しない)。注射器内部の気体が60℃に戻ったとき、 1.0×10^5 Pa における気体の体積は mL であった。次に、注射器のピストンに力を加えて体積を減少させた。まず、体積を 1.0×10^5 Pa のときの4分の3にした。さらに、体積を 1.0×10^5 Pa のときの4分の1にした。

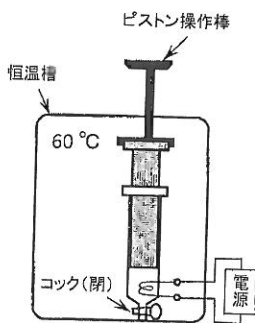


図2 実験2の装置

- 問 1 下線部①の化学反応を反応式で表せ。
- 問 2 下線部②について、電気分解の開始時点から t 秒後の気体の体積 (V mL) を示す式を有効数字 2 桁の数値と t で示せ。
- 問 3 空欄 ~ にあてはまる数値を有効数字 2 桁で記せ。
- 問 4 下線部③の操作後の注射器内の圧力 (Pa) を有効数字 2 桁で答えよ。解答欄には計算過程も示せ。
- 問 5 下線部④の操作後の注射器内の圧力 (Pa) を有効数字 2 桁で答えよ。解答欄には計算過程も示せ。

〔3〕 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。必要があれば次の値を用いよ。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$

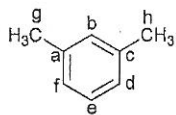
アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

ナフタレンは、コールタールから得られる有用な芳香族化合物の一つである。メチル基が一つ置換したメチルナフタレンには 種類の異性体が、メチル基が二つ置換したジメチルナフタレンには 種類の異性体が存在する。ジメチルナフタレンの異性体のうち、分子中で同じ化学的環境にあり区別できない炭素の組を最も多く含む異性体は複数存在する。これらの異性体のうち二つのメチル基の炭素間の直線距離が最も長い異性体を、適当な触媒を用いて酸素で酸化するとナフタレンジカルボン酸となる。さらに、これを用いてエチレングリコールと 重合するとポリエチレンナフタレートとよばれるポリエステルの一種となる。このポリエステルの樹脂は、ポリエチレンテレフタレートの樹脂に比べて強度が大きく、かつ紫外線しゃ断性も高いという特徴をもつ。また、ナフタレン環をもつ化合物は染料の原料としても多く用いられている。例えば、2-ナフトールは、その1位で芳香族ジアゾニウム塩と反応してアゾ染料を与える。このような反応を一般に とよぶ。

問1 ～ にあてはまる数字あるいは語句を記せ。

問2 下線部①の区別できない炭素の組について、右図の

m-キシレンを例にとつて考えると、炭素 a と炭素 c、炭素 d と炭素 f、および炭素 g と炭素 h は互いに同じ



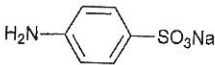
化学的環境にあり、これら3組が区別できない炭素の組である。下線部①におけるジメチルナフタレンの異性体に含まれる区別できない炭素の組の数を答えるとともに、これら異性体の構造式をすべて記せ。

問3 下線部②の酸化反応の反応式を記せ。式中、該当するジメチルナフタレンおよびナフタレンジカルボン酸は構造式で記すこと。

問 4 下線部③について、重合度を n とした場合のポリエチレンナフタレート
の構造式を記すとともに、このポリエステル 1.0 g 中に含まれるナフタレン
環の数を有効数字 2 桁で答えよ。

問 5 下線部④について、そのような性質を示すと考えられる理由を記せ。

問 6 下線部⑤のアゾ染料合成の例を以下に示す。

右に構造を示すスルファニル酸ナトリウムを水中で塩酸および亜硝酸ナト
リウムと反応させることによってジアゾニウム塩が  Nc1ccc(S(=O)(=O)[O-])cc1.[Na+]
得られる。このジアゾニウム塩と 2-ナフトールを
水酸化ナトリウム水溶液中で反応させると、オレンジⅡとよばれる染料が得
られる。スルファニル酸ナトリウムからのジアゾニウム塩生成の反応式、な
らびにオレンジⅡの構造式(一ナトリウム塩として)をそれぞれ記せ。

問 7 オレンジⅡのような酸性染料は、羊毛や絹に対し、おもにどのような結合
様式で染着するか記せ。

〔4〕 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

ただし、グリシンとアラニンの分子量はそれぞれ75、89とする。

必要があれば次の値を用いよ。原子量 $H = 1.0$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$

加水分解によって、アミノ酸以外に糖、リン酸、脂質などの物質も同時に生成するタンパク質を複合タンパク質と呼ぶ。ある生物から単離した複合タンパク質を酵素により部分的に加水分解すると、4個の α -アミノ酸からなる鎖状のペプチド(テトラペプチド)に脂肪酸Cがアミド結合($-\text{CO}-\text{NH}-$)した分子量500以下の化合物Aが得られた。この化合物Aの構造を明らかにするため、以下の実験を行った。

【実験1】 化合物Aを完全に加水分解してペプチドを構成するアミノ酸を調べると、グリシンとアラニンの2種類のみであった。

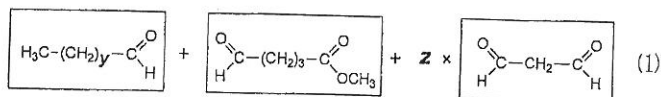
【実験2】 化合物Aを部分的に加水分解すると、2種類の化合物(ジペプチドBと直鎖脂肪酸C)のみが得られた。また、ジペプチドBと直鎖脂肪酸Cの物質量の比は2:1であった。

【実験3】 ジペプチドBを加水分解すると2種類のアミノ酸が得られた。ジペプチドBの末端のアミノ基を含むアミノ酸は旋光性を示さなかった。

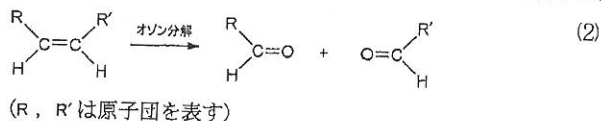
【実験4】 10.0 mgの脂肪酸Cに白金触媒存在下で水素を加えると、標準状態で2.00 mLの水素が反応し、分子量Mの直鎖飽和脂肪酸Dが得られた。

【実験5】 脂肪酸Cをメタノールと反応させてエステル化した後にオゾン分解すると、式(1)のように3種類のアルデヒドが得られた。

脂肪酸 C の
エステル オゾン分解



オゾン分解は、式(2)のように、C=C二重結合をもつ化合物をオゾンと反応させた後、亜鉛で還元することによって、カルボニル化合物に分解する方法である。



- 問 1 一般に、グリシンとアラニンの2種類のアミノ酸からなる鎖状のテトラペプチドを考えた場合、可能なアミノ酸の結合順序は全部で何通りあるか。ただし光学異性体の区別は問わない。
- 問 2 実験1～3の結果より導かれる化合物Aのペプチド部分に相当するテトラペプチドの構造式を記し、脂肪酸Cがアミド結合により結合している窒素原子を丸で囲め。アミノ酸の光学異性体の構造は区別しなくてよい。
- 問 3 実験4の結果から決定される脂肪酸Cに含まれる二重結合の数を、脂肪酸Dの分子量Mを用いて記せ。
- 問 4 直鎖飽和脂肪酸の示性式は、一般に $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$ と表わせる。脂肪酸Dの分子量Mを求めよ。
- 問 5 実験5における脂肪酸Cのエステルのオゾン分解における式(1)をy, zに適切な数字をあてはめて完成させ、脂肪酸Cの構造式を記せ。なお、二重結合の幾何異性についてはシス体のみを記せ。