

補足説明

理科

化学Ⅰ・化学Ⅱ

第4問

問2 (c)

文中の「化合物T, Uのベンゼン」とは,  
「化合物T, Uのベンゼン環」のことである。

## 平成23年度入学試験問題

### 理 科

物理Ⅰ・物理Ⅱ      化学Ⅰ・化学Ⅱ  
生物Ⅰ・生物Ⅱ      地学Ⅰ・地学Ⅱ

### 注 意

- 1 問題冊子は1冊，解答用紙は物理Ⅰ・物理Ⅱ4枚，化学Ⅰ・化学Ⅱ5枚，生物Ⅰ・生物Ⅱ4枚，地学Ⅰ・地学Ⅱ5枚，下書き用紙は3枚です。
- 2 出題科目，ページおよび選択方法は，下表のとおりです。

出 題 科 目	ペ ー ジ	選 択 方 法
物理Ⅰ・物理Ⅱ	1～8	左記科目のうちから志望する学部，学科等が指定する数（1または2）の科目を選択し，解答しなさい。
化学Ⅰ・化学Ⅱ	9～22	
生物Ⅰ・生物Ⅱ	23～34	
地学Ⅰ・地学Ⅱ	35～45	

- 3 選択する科目の解答用紙は上記1に示す枚数を回収するので，すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 4 解答は，すべて解答用紙の指定されたところに書きなさい。
- 5 選択しなかった科目の解答用紙を試験時間中に監督者が回収するので，大きく×印をして机の通路側に重ねて置きなさい。
- 6 試験終了後，問題冊子と下書き用紙は必ず持ち帰りなさい。

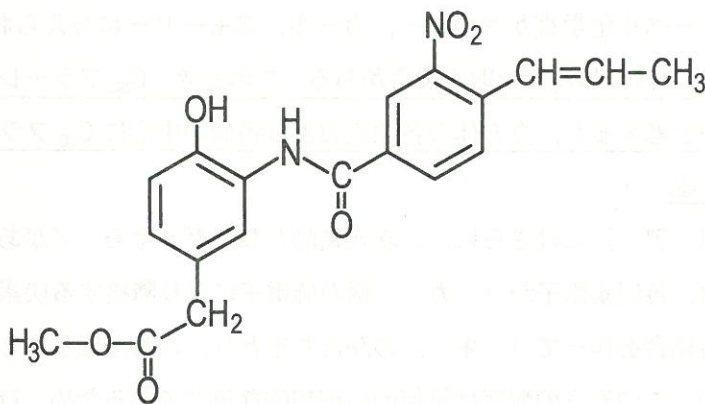
## 化学 I・化学 II

### 「解答上の注意」

各問の解答は、解答用紙の指定されたところに記入せよ。必要ならば、原子量は次の値を用いよ：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.1, Cl = 35.5, Ca = 40.1。アボガドロ定数は  $6.00 \times 10^{23}/\text{mol}$  とする。また、問題文中の体積の単位記号 L は、リットルを表す。

第5問の問1と問2は選択問題である。いずれか一つだけを選び、解答すること。問1と問2の両方を解答した場合は、問1と問2のいずれも採点の対象にならないので注意すること。

構造式は下記の例にならって記せ。



例

## 第1問

次の文章を読み、問1および問2に答えよ。

炭素にはいくつかの(ア)が存在する。例えば、二次元結晶となる炭素の(ア)としてはグラフェンがある。グラフェンは正六角形の格子が原子1個分の厚さで平面状に繋がった2次元結晶であり、炭素分子が蜂の巣状に並んでいる。グラフェンは炭素が持つ価電子のうち(イ)個を使って共有結合しており、残る価電子は結晶表面を(ウ)できるため、電気伝導性を(エ)。2010年にガイムとノボセロフはグラフェンの研究によってノーベル物理学賞を受賞した。グラフェンが層状に重なったものがグラファイト(黒鉛)である。層と層の間は弱い(オ)で結合している。そのため、グラファイトは層状にはがれやすいという性質を持つ。

グラフェンに関連した(ア)として、グラフェンが筒状になったような構造を持つカーボンナノチューブや、炭素原子60個からなるサッカーボール状の構造を持つ $C_{60}$ フラーレンなどがある。1996年には $C_{60}$ フラーレンの発見によりノーベル化学賞がクロトー、カール、スモーリーに与えられている。 $C_{60}$ フラーレンは結晶構造を取る場合がある。このとき、 $C_{60}$ フラーレン分子を一つの粒子と考えると、立方体の各頂点および各面の中心に $C_{60}$ フラーレン分子が位置する。

炭素の(ア)にはさらに、三次元結晶となるダイヤモンドがある。ダイヤモンドは、各炭素原子が(カ)個の価電子により隣接する炭素原子とそれぞれ共有結合を作って(キ)のかたちをとり、これが繰り返された立体構造を持つ。この原子の配置は幾何的に理想的な角度であるため、ひずみがなく、安定である。ダイヤモンドは天然で最も(ク)物質であり、電気伝導性を(ケ)。

問1 文章中の（ア）～（ケ）に適切な語句または数字を記せ。

問2 下線部について、（1）～（4）に答えよ。

（1）このような結晶格子を何と呼ぶか記せ。

（2）1個の $C_{60}$  フラーレン分子に隣接している他の $C_{60}$  フラーレン分子の数を記せ。ただし、 $C_{60}$  フラーレン分子は球形で、隣接している $C_{60}$  フラーレン分子は互いに接しているものとする。

（3）単位格子当たりの炭素原子数を記せ。

（4）単位格子の一辺の長さを $1.41 \times 10^{-7} \text{ cm}$  とするとき、 $C_{60}$  フラーレン結晶の密度 ( $\text{g/cm}^3$ ) を求め、有効数字3桁で記せ。

## 第2問

次の文章を読み、(1)～(4)に答えよ。

水酸化ナトリウム、硫酸ナトリウム、塩化マグネシウム、塩化カルシウム、塩化バリウムの各水溶液を 0.10 mol/L の濃度で調製した。それぞれの溶液を 500 mL ずつ以下の組み合わせで混合し、それぞれ 1000 mL の混合液 A～F を調製した。混合液 B、E には白い沈殿が生じた。溶液および混合液の温度は全て 25℃ に保った。

	塩化マグネシウム 水溶液	塩化カルシウム水 溶液	塩化バリウム 水溶液
水酸化ナトリウム 水溶液	A	B	C
硫酸ナトリウム 水溶液	D	E	F

- (1) 混合液 A, C, D, F のうち沈殿が生じた液の記号を全て選び記せ。
- (2) 混合液 A～F のうち、pH が最も高い混合液の記号を記せ。
- (3) 混合液 B をろ過したろ液に、二酸化炭素を吹き込むと沈殿が生じた。さらに二酸化炭素を吹き込むとその沈殿が消失した。沈殿が生じる反応と沈殿が消失する反応の化学反応式をそれぞれ記せ。



(4) 混合液 E に生じた沈殿をろ過し、成分を調べたところ、石膏 ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) であることがわかった。この沈殿を全て取り出せたとき、何 g の石膏が得られるか。有効数字 2 桁で答えよ。なお、 $25^\circ\text{C}$  での  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  の溶解度は、モル濃度で  $1.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  に相当する。また、結晶水による溶液量の変化は無視できるものとする。

### 第3問

次の文章を読み、(1)～(4)に答えよ。

我々人類の生活を豊かにしているものの1つに電池が挙げられる。特に、携帯電話などの小型家電や最近注目されている電気自動車には、軽量かつ長寿命で、安全性の高い電池が求められるため、より良い電池の開発が現在行われている。

電池は、化学反応にともなって放出されるエネルギーを電気エネルギーに変える装置である。電池には、正極と負極があり、その間を導線で結び、電子の流れを電流として外部に取り出している。導線に電子が流れ出る(ア)極では(イ)反応がおこり、導線から電子が流れ込む(ウ)極では(エ)反応がおこる。両電極間に生じる電位差(電位)を(オ)という。また、電池から電気エネルギーを取り出すことを(カ)といい、外部から電気エネルギーを与え(オ)を回復させる操作を(キ)という。

1800年、イタリアのボルタは、亜鉛板と銅板を希硫酸中に浸して導線でつないだ電池を発明した。しかし、この電池には、正極で気体が発生して分極をおこし(オ)が低下するという欠点があった。1836年、イギリスのダニエルは、①亜鉛板を浸した硫酸亜鉛水溶液と銅板を浸した硫酸銅(Ⅱ)水溶液を素焼き板で仕切った電池を発明し、気体の発生を無くすことで(オ)の低下を少なくした。その後、実用的な電池の研究が進められ、②一次電池や③二次電池(蓄電池)が開発された。④鉛蓄電池は、代表的な二次電池であり、(カ)のときには、正極では反応Aが、負極では反応Bがそれぞれおこる。



(1) ( ア ) ~ ( キ ) に入る適切な語句を記せ。

(2) 電池内での反応に直接関わる物質を活物質という。下線部①の正極活物質および負極活物質を記せ。

(3) 下線部②および③について、寿命という観点からそれぞれの特徴を記せ。

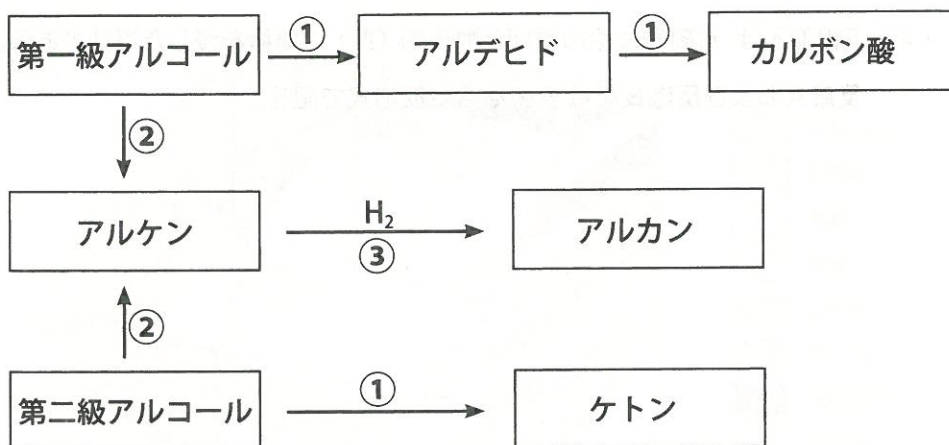
(4) 下線部④は、希硫酸に鉛の電極と酸化鉛(IV)の電極を浸した電池である。  
反応Aおよび反応Bを電子 $e^-$ を含む反応式で記せ。



## 第4問

問1 次の文章を読み、(1)～(5)に答えよ。

有機化合物は官能基により様々な種類に分類できる。また、化学反応を用いて異なる種類の化合物へ変換することも可能である。下図にいくつかの有機化合物の変換の経路を示した。



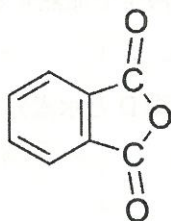
- (1) ①～③に当てはまる化学反応の名称を記せ。ただし、同じ番号には同じ反応の名称が入る。
- (2) 分子式  $C_nH_{2n+2}O$  の第一級アルコールは反応①によりアルデヒドを経てカルボン酸へ変換される。このとき生成するカルボン酸のうち、不斉炭素原子を持ち、 $n$  が最小のカルボン酸 **A** の構造式を「解答上の注意」にならって記せ。ただし、 $n$  は正の整数である。
- (3) 分子式  $C_3H_8O$  の第二級アルコールに対して反応①を行った際に得られる生成物 **B** の構造式を「解答上の注意」にならって記せ。

- (4) 分子式  $C_6H_{12}O$  のアルコール **C** に対して反応②を行い、その生成物について  $H_2$  との反応③を行ったところ、シクロヘキサンが得られた。アルコール **C** の構造式を「解答上の注意」にならって記せ。
- (5) 分子式  $C_2H_6O$  のアルコールを反応②によってアルケンに変換したところ、常温で気体の化合物 **D** が得られた。化合物 **D** の化学的性質を示す反応として適当なものを次のア～カからすべて選び記号で記せ。

- ア 臭素水に通じると褐色が消える。
- イ アンモニア性硝酸銀を加えて加熱すると容器内に銀が析出する。
- ウ 金属ナトリウムと反応して水素を発生する。
- エ ヨウ素とともにアルカリ性水溶液中で加熱すると黄色沈殿を生じる。
- オ 重合によりポリマーを生成する。
- カ 白金触媒存在下、1分子の化合物 **D** と水素分子2個が反応してアルカンを生成する。

問2 次の(a)～(f)の文章を読み、(1)および(2)に答えよ。

- (a) 化合物 P, Q, R, S はいずれも分子式が  $C_8H_{10}$  の芳香族化合物である。
- (b) 化合物 P, Q, R を強い酸化剤（例えば過マンガン酸カリウム）と反応させると、生成物 T, U, V がそれぞれ生成した。化合物 T, U, V は、いずれもベンゼン環に二つの置換基が結合しており分子式は  $C_8H_6O_4$  である。
- (c) 化合物 T, U のベンゼンに結合した二つの置換基は、ベンゼン環の隣り合う炭素原子には結合していない。
- (d) 化合物 U は 1,2-エタンジオールとの反応でポリエチレンテレフタラートを与えた。
- (e) 化合物 V を加熱することにより化合物 W が生成した。



W

- (f) 化合物 S は構造の一部に  $X-CH_2-Y$  の部分を持つ。ただし、X および Y はいずれも水素原子ではない。

(1) 化合物 P, Q, R, S それぞれにあてはまる構造式を「解答上の注意」にならって記せ。

(2) 化合物 V の名称を記し、その構造式を「解答上の注意」にならって記せ。

## 第5問

次の問1と問2は選択問題である。いずれか一つだけを選び、解答すること。  
問1と問2の両方を解答した場合は、いずれも採点の対象にならないので注意すること。

### 問1（選択問題）

次の文章を読み、(1)～(5)に答えよ。

白色光を当てると特定の波長の光を吸収して色を示す化合物を（ア）という。このような化合物のうち、繊維と結合して容易には取れないような（ア）は、染料として用いられる。染料には、インジゴのように天然の材料から得られるものと、おもに石油を原料に化学的に合成されるものがある。

アニリンの希塩酸溶液に、冷やしながらか硝酸ナトリウム水溶液を加えると、化合物Aの水溶液が得られる。この水溶液にナトリウムフェノキシドの水溶液を加えると、橙赤色の化合物Bが生じる。化合物Bは特有の官能基をもち、同じ官能基を分子内に持つ合成染料は、（イ）と呼ばれ広く使用されている。

繊維を染色するには、染料が繊維に強く結合して離れなくすることが必要である。繊維と染料は、それぞれが持つ官能基のところで結合する。たとえば羊毛や絹などを塩基性の染料で染色する場合は、主成分であるタンパク質分子の中にある（ウ）基が染料と塩を形成する。また、綿の染色では、その主成分であるセルロースのヒドロキシ基が染料と（エ）結合によって結びつく。そのため、繊維の性質によって使用する染料と染色方法を変える必要がある。

①セルロースのヒドロキシ基を酢酸エステルにしたアセテートの染色では、

②水に溶けない染料を界面活性剤で水中に微粒子状に分散させて染色する。

(1) (ア)～(エ)に入る適切な語句を記せ。

(2) 化合物A, Bの構造式を, 官能基の構造がわかるように「解答上の注意」にならって記せ。

(3) 下線部①について, セルロースのヒドロキシ基の一部を酢酸エステルにした半合成繊維であるアセテートを合成した。45gのセルロースから66gのアセテートが得られた。このとき, ヒドロキシ基の何%がエステル化されているかを計算し, 有効数字2桁で記せ。なお, セルロースの分子量は十分に大きいものとする。

(4) 下線部②について, 界面活性剤が形成する微粒子の名称を記せ。

(5) 下線部②について, 界面活性剤が微粒子を形成するという性質に関連するものを, (a)～(d)から一つ選び記せ。

(a) 共有結合により重合する。

(b) 展性, 延性がある。

(c) 分子内に親水基と疎水基をもつ。

(d) 芳香族化合物である。



## 問2 (選択問題)

次の文章を読み、(1)～(5)に答えよ。

すべてのアミノ酸は、分子中に塩基性の官能基と酸性の官能基の両方をもつ。そのため、アミノ酸は水溶液中ではその pH により陽イオンになったり陰イオンになったりする。アミノ酸の水溶液の pH が等電点付近のとき、ほとんどのアミノ酸は分子内に正負の両電荷をもった(ア)になっている。また、 $\alpha$ -アミノ酸のうち、グリシン以外のアミノ酸は分子中に不斉炭素原子をもつ。1 個の不斉炭素原子を持つ  $\alpha$ -アミノ酸には、1 対の(イ)異性体が存在する。

$\alpha$ -アミノ酸はタンパク質の主要な構成成分である。タンパク質の種類によって構成する  $\alpha$ -アミノ酸の種類と割合は異なり、水や酸・塩基・塩類の希薄な水溶液に対する溶解性も異なっている。親水性のタンパク質は水溶液にすると(ウ)溶液になる。(ウ)は少量の電解質を加えても沈殿しない性質をもつ。

あるタンパク質 A の水溶液を用いて実験 (i)～(iii) を行ったところ、次のような結果を得た。

- (i) 少量の電解質を加えたときには沈殿が生じなかったが、多量の電解質を加えると沈殿が生じた。
- (ii) 希酸を加えて煮沸するとタンパク質 A は  $\alpha$ -アミノ酸に加水分解された。
- (iii) 濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、タンパク質 A は加水分解され、さらに生成したアミノ酸も分解されて気体 B を発生した。気体 B は刺激臭のある無色の気体で、水に溶けやすく、水溶液は弱い塩基性を示した。

- (1) (ア) ~ (ウ) に入る適切な語句を記せ。
- (2) ある  $\alpha$ -アミノ酸 C は、等電点が 6 である。アミノ酸 C の性質の説明として正しいものを (a) ~ (c) からすべて選び記せ。
- (a) アミノ酸 C の水溶液の pH を 8 にすると、アミノ酸 C は陽イオンになる。
- (b) アミノ酸 C をエタノールに溶かして少量の濃硫酸を加えて煮沸すると、アミノ酸 C の酸としての性質を示す部分の構造が変化する。
- (c) アミノ酸 C の水溶液に電極を浸して直流電流を流したとき、水溶液の pH を 4 にするとアミノ酸 C は陰極側へ移動する。
- (3) 実験 (i) のように沈殿が生じる現象は、デンプンの水溶液にも見られる。この現象の名称を記せ。
- (4) タンパク質 A の水溶液は、ニンヒドリン反応、ビウレット反応およびキサントプロテイン反応で呈色した。実験 (ii) の後、実験前に比べてこれらの呈色反応はそれぞれどのように変化すると予想されるか、(a) ~ (c) から一つ選び記せ。
- (a) 呈色が強まる      (b) ほとんど変化しない      (c) 呈色が弱まる
- (5) タンパク質 A を構成する成分元素のうち、窒素の質量百分率は 18% であった。10g のタンパク質 A から実験 (iii) により生成する気体 B の質量を計算し、有効数字 2 桁で記せ。なお、タンパク質 A は実験 (iii) により完全に分解され、発生した気体 B はすべてタンパク質 A の分解によるものとする。