

平成 25 年 度

## 問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	化 学	9

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

### 解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙(両面)の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合は、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と選択した選択問題の番号、志望学部及び受験番号のほかは、いっさい記入しないこと。
4. 問題〔V〕、〔VI〕は選択問題である。どちらか一方のみを解答すること。両方を解答してはいけない。選択問題〔V〕、〔VI〕のうち、選択した問題の番号を解答用紙(その3)の所定の枠内に記入しなさい。

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は、願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 問題の内容についての質問には応じないが、その他の用事があるときは、だまって手をあげて、監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には、解答用紙を必ずページ順に重ね、机上の右側に置くこと。
6. 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

訂 正

理科(化学)

問題冊子 8 ページ 13 行目

(誤)  $\text{HCO}_3$

(正)  $\text{HCO}_3^-$

〔I〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

今、私たちが知っている元素は100種類をこえる。ヒトには、H, C, N, O, Cl, Fe, Iなどの必要な元素とともに、大量に体内に取り入れれば健康障害を引き起こす水銀(ア)、ヒ素(イ)、カドミウム(ウ)などの元素も微量検出されている。

原子は、各元素に対応する基本的粒子であり、正の電荷を持つ原子核と負の電荷を持つ電子で構成されている。原子核内の(エ)は正の電荷を持ち、その数は原子番号を表し、(オ)の数との和は質量数を表す。電子は(カ)とよばれるいくつかの層に存在し、内側の層にある電子ほどエネルギーの(キ)い安定な状態になる。原子全体は、電気的には(ク)である。

私たちの身の回りの自然には放射線を出す原子が存在する。例えば、自然界には炭素原子として $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ が存在するが、このうち $^{14}\text{C}$ はごく僅かに放射線を出す。同じ元素記号で、質量数が異なる原子を(ケ)といい、 $^{14}\text{C}$ のような放射線を出す原子を(コ)という。

分子とはいくつかの原子が結合した粒子をいう。その結合の仕方や分子間に作用する力には、共有結合、イオン結合、ファンデルワールス力、水素結合、配位結合、<sup>(a)</sup>金属結合がある。

問1 文中の(ア)~(ウ)には、適切な元素記号を記入しなさい。

問2 文中の(エ)~(コ)には、適切な語句を記入しなさい。

問3  $^{127}\text{I}$ の一価の陰イオンに存在する電子と中性子の数を求めなさい。

問4  $^{12}\text{C}$ 原子1個の質量を12.0とすると、塩素には、相対質量が35.0の $^{35}\text{Cl}$ と37.0の $^{37}\text{Cl}$ が存在する。自然界のClの原子量は35.5であり、 $^{35}\text{Cl}$ と $^{37}\text{Cl}$ の存在比を求めなさい。

問 5 自然界の酸素原子には  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$  が存在する。自然界に存在する二酸化炭素の分子は何種類存在するか、また、質量数の和が 48 の二酸化炭素分子は何種類存在するかを答えなさい。

問 6  $\text{I}^-$  と  $\text{Cs}^+$  に存在する電子数は等しいが、イオン半径が異なる。イオン半径の小さい方のイオン名を示し、また、その理由を述べなさい。

問 7 ハロゲン化水素のうち、1 気圧で最も沸点の高いハロゲン化水素は何か、その化学式と作用している結合の仕方、あるいは分子間に作用する力を文中の下線(a)からすべて選択しなさい。

〔Ⅱ〕 以下の計算問題について、計算過程も示して答えなさい。なお、有効数字は3桁まで求めなさい。ただし、原子量は、 $H = 1.01$ ,  $C = 12.0$ ,  $O = 16.0$ ,  $Ca = 40.1$ ,  $Cl = 35.5$  とする。また、1気圧(1013 hPa)において水 1.00 kg に物質 1.00 mol の不揮発性物質が溶解している場合、水の沸点は 0.515 K 上昇し、凝固点は 1.85 K 低下するものとする。

問 1 1気圧(1013 hPa)において水 1.00 kg にスクロース( $C_{12}H_{22}O_{11}$ )を 20.0 g 溶解した場合の沸点上昇度(K)を求めなさい。

問 2 水 100 g に塩化カルシウムの無水物を 1.00 g 溶解した。塩化カルシウムは溶液中で完全に電離したものとする。

- (1) 塩化物イオン及びカルシウムイオンの物質量を求めなさい。
- (2) この溶液の1気圧(1013 hPa)における凝固点( $^{\circ}C$ )を求めなさい。

問 3 水 50.0 g に分子量が未知の不揮発性物質 A を 0.985 g 溶解したところ、1気圧(1013 hPa)において水溶液の凝固点は純粋な水よりも  $0.0723^{\circ}C$  低くなった。物質 A は水溶液中で電離しないとした場合、物質 A の分子量を求めなさい。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。計算問題は計算過程を示し、有効数字は3桁まで答えなさい。ただし、原子量は、 $O = 16.0$ 、 $K = 39.1$ 、 $Mn = 54.9$ とする。

河川や湖沼、海などの水質汚濁の程度を表す指標の一つにCOD(化学的酸素要求量)がある。家庭排水などに含まれる有機化合物は、河川の汚濁源の一つであり、この有機化合物を酸化剤で酸化分解したときに使われる酸化剤の消費量を、酸素を酸化剤として用いた場合の酸素の量[mg/L]に換算した値がCODである。CODを測定するために、過マンガン酸カリウムを用いて測定を行った。

操作1 正確に濃度を求めた $5.00 \times 10^{-3}$  mol/Lシュウ酸( $H_2C_2O_4$ )標準溶液10 mLをホールピペットを用いて正確に量り取り、水10 mLと、3.00 mol/L硫酸を5 mL加えて60℃に加熱し、ビュレットから濃度がおよそ $2 \times 10^{-3}$  mol/Lの過マンガン酸カリウム溶液を滴下して、滴定を行った。そのときの過マンガン酸カリウム滴定の平均値は10.96 mLであった。

操作2 試料水50 mLをホールピペットを用いて正確に量り取り、3.00 mol/L硫酸を5 mL加えて、さらにビュレットから操作1で濃度を決定した過マンガン酸カリウム溶液を10 mL加えて、60℃に加熱し、十分に反応させた。

操作3 正確に濃度を求めた $5.00 \times 10^{-3}$  mol/Lシュウ酸標準溶液10 mLを加えた。操作1で濃度を決定した過マンガン酸カリウム溶液で滴定したところ、滴定の平均値は、4.22 mLであった。

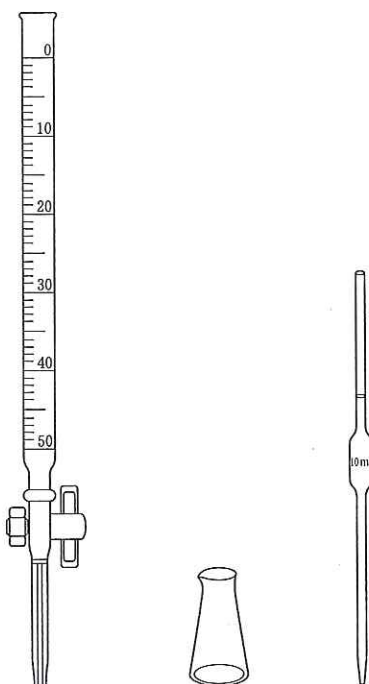
操作4 試料水の代わりに蒸留水50 mLを用い、操作2、3を行ったところ、滴定の平均値は、1.69 mLであった。

問 1 操作 1 において、過マンガン酸カリウムとシュウ酸の酸化還元反応の化学反応式を書きなさい。

問 2 滴定においては、右図に示した器具を使用する。このうち、水で濡れていても良いものはどれか。解答欄に器具の名称を書きなさい。

問 3 操作 1 において、過マンガン酸カリウムの濃度がいくらになるか求めなさい。

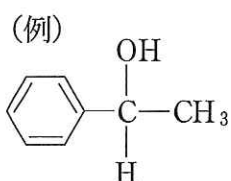
問 4 操作 1 ~ 4 の結果に基づいてこの試料水の COD [mg/L] を求めなさい。



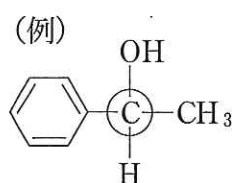
〔IV〕 炭素，水素，酸素からなる化合物の試料 180 mg を完全燃焼させたところ，二酸化炭素 264 mg，水 108 mg を生じた。この化合物の分子量は 90 と測定された。また，この化合物はカルボキシル基(カルボキシ基)を持つことがわかっている。次の各問いに答えなさい。ただし，原子量は， $H = 1.0$ ， $C = 12$ ， $O = 16$  とする。

問 1 この化合物の分子式を記しなさい。

問 2 この化合物の考えられる構造異性体すべてを，例にならって，構造式で記しなさい。ただし，カルボキシル基は置換基なので炭素原子に結合している。



問 3 問 2 で記した構造異性体の中で，光学異性体を持つものが 1 つある。例にならって構造式を記し，不斉炭素を○で囲みなさい。





〔V〕（選択問題） 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

問 1 グルコースにチマーゼを作用させるとどのような化学反応が起こるか、示性式を使って答えなさい。

問 2 グルコースは結晶状態では還元性を示さないが、水溶液中では還元性を示す。その理由を説明しなさい。

問 3 デンプン粒は冷水には溶けにくいですが、約 80℃のお湯につけておくと、溶け出す部分と不溶性の部分に分かれる。溶け出す部分と不溶性部分の主要分子名をそれぞれ答えなさい。また、両者の構造上の類似点と相違点を述べなさい。

問 4 セルロースを主成分とする天然繊維を 2 つ挙げなさい。また、セルロースに、氷酢酸と無水酢酸、少量の濃硫酸を作用させて置換基を結合させてつくられる半合成繊維を答えなさい。

問 5 次の(1)~(4)に該当するものを、下の(ア)~(カ)の物質からすべて選択しなさい。

- (1) 二糖類である
  - (2) 水溶液を濃硝酸とともに加熱すると黄色になり、冷却後に水酸化ナトリウム水溶液などを加えて塩基性になると橙黄色になる
  - (3) 希酸で加水分解するとグルコースだけが生成する
  - (4) ニンヒドリン水溶液を加えて温めると、赤紫色を示す
- (ア) アラニン (イ) マルトース (ウ) アルブミン (エ) ラクトース  
(オ) フルクトース (カ) セロビオース

〔VI〕 (選択問題) 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

タンパク質を構成しているアミノ酸は、同一の(ア)原子にアミノ基と(イ)基が結合した $\alpha$ -アミノ酸であり、おおよそ20種類ある。このうち構造が最も簡単なアミノ酸(ウ)は側鎖に水素原子を持ち、(ウ)を除く $\alpha$ -アミノ酸は、すべて1対の立体異性体を持つ。

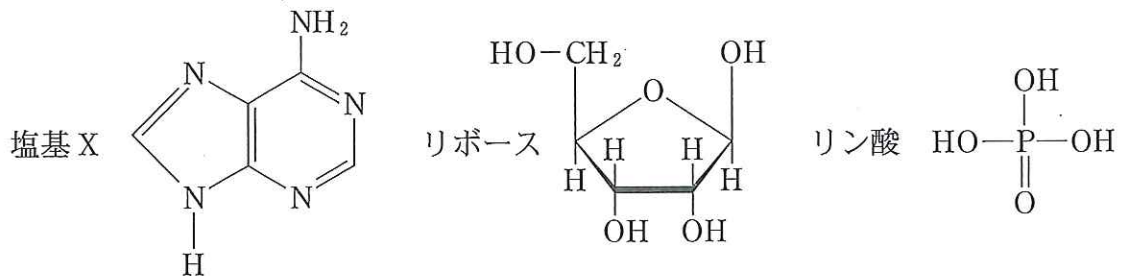
タンパク質はすべての細胞に存在し重要な機能を担っているが、栄養源としても重要である。私たちがタンパク質を食べると、タンパク質は胃液中の酵素(エ)により加水分解され、低分子量の(オ)になる。さらに、(オ)は酵素(カ)やペプチダーゼによりアミノ酸にまで加水分解される。

アミノ酸は小腸で吸収され、DNAの遺伝情報に従い、各種タンパク質に合成される。また、他のアミノ酸や核酸など窒素Nを含む化合物の原料となる他、筋肉に蓄えられてエネルギー源としても利用される。生体内で役割を終えたアミノ酸は、酵素によりアミノ基は $\text{NH}_4^+$ や $\text{NH}_3$ となり、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{HCO}_3^-$ などと反応し、(キ)となり体外に排出される。(キ)は肥料としても重要な役割を果たす。

問1 文章中の(ア)~(キ)に、適切な語句を入れなさい。また、(キ)の示性式を書きなさい。

問2 タンパク質をアルカリ性水溶液に溶かし、硫酸銅水溶液を加えると青紫色~赤紫色になる。このような呈色反応を何とよぶか答えなさい。

問 3 文中の下線(a)の DNA は、リン酸、糖、塩基(4種類)で構成される高分子化合物である。DNA の 4 種類の塩基のうち、高エネルギー化合物 ATP と共通の塩基 X の名称を答えなさい。また、以下の構造式を参考に ATP の構造式を書きなさい。



問 4 文中の下線(b)の肥料は、植物の生育をよくして、穀物・野菜・果実などの収穫量を増やすために、土壌などに加えられる。植物の成長に必要不可欠な元素は 16 種類あるが、このうち特に不足しがちな元素は肥料の三要素とよばれる。その三要素の元素は何か答えなさい。