

平成23年度入学試験問題(前期)

理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理、化学、生物のうちから2科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。
(ただし受験票、入学願書に記入した2科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理、化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
6. 出題数は物理、化学、生物おのおの4題、別紙解答用紙は各科目それぞれ1枚である。
7. 受験票は机に出しておくこと。

化学 (前期)

(その1)

I 原子は、中心にある1個の **A** と、それをとりまく何個かの **B** からできている。さらに **A** は、正の電荷をもつ **C** と電荷をもたない **D** からできている。**A** の中の **C** の数は、各元素に固有であり、この数を元素の **E** という。また **A** のなかの **C** と **D** の数の和を **F** という。原子の中には **E** が同じでも **F** が異なる原子が存在することがあり、これらを互いに **G** という。**G** の中には放射線を放って他の原子に変化するものがある。このような **G** を **H** という。また他の原子に変化する現象を壊変という。**H** が壊変してもとの量の半になるまでの時間を半減期といい、これは **H** の種類によって決まっている。半減期を T 、もとの原子数を N_0 、時間 t が経過したときの原子数を N とすると、これらには $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ という関係がある。

問 1 **A** ~ **H** の中に適切な語句を入れよ。

問 2 $^{32}_{15}\text{P}$ で表される原子には、何個の **C** と **D** が含まれているか。

問 3 $^{32}_{15}\text{P}$ の半減期は 14.3 日である。この原子が壊変して、もとの量の 4 分の 1 になるには、何日かかるか。また 5 分の 1 になるのは何日かかるか。ただし $\log_{10} 2 = 0.301$ として計算し、有効数字 3 桁で答えよ。

問 4 32.0 g の $^{32}_{15}\text{P}$ がある。最初の 1 秒間に何個の $^{32}_{15}\text{P}$ 原子が壊変しているか、有効数字 3 桁で答えよ。ただしアボガドロ定数を $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ とし、 x が 1 より十分小さければ $\left(\frac{1}{2}\right)^x = 1 - 0.693x$ と近似できるものとする。

II 雨水には大気中の二酸化炭素が溶け込んでいるため pH が 5.6 程度の弱い酸性を示す。これについて考えてみよう。空気中に含まれる二酸化炭素は水に溶け **ア** を生じる。20℃ で $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の二酸化炭素が水に接しているとき、20℃ の水 1.0 L に溶ける二酸化炭素は 0.94 L であるが、全部が **ア** になり、また気体の溶解による液体の体積変化は無視できるとすれば、**ア** の濃度は (a) mol/L となる。いま、空気と接している雨水では、空気中の二酸化炭素と水中の **ア** が平衡状態にある。空気にはその体積の 0.034 % の二酸化炭素が含まれるので、二酸化炭素を理想気体とみなすと、20℃、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ での二酸化炭素の分圧は (b) Pa となり、水中の **ア** 濃度は、**イ** の法則より (c) mol/L となる。ここで、**ア** は 2 段階に電離するが第 2 段階の電離度は非常に小さいので無視できる。(c) mol/L の濃度における第 1 段階の電離度は 0.18 であるので、水中の水素イオン濃度は (d) mol/L となる。したがって、二酸化炭素が溶け込んだ雨水の pH は $-\log_{10}(\text{d})$ すなわち約 5.6 となる。

一方、自動車や工場から排出されるガスには窒素酸化物や硫酸酸化物が含まれ、大気中の水や酸素と反応して **ウ** や硫酸を生じる。これらの酸が溶け込み pH が 5.6 よりも小さくなった雨を一般に **エ** とよんでいる。**エ** は河川・土壌や生態系へ悪影響を与え、また大理石やコンクリートでできた建造物を劣化させる。このような **エ** の原因となる窒素や硫黄の酸化物の排出を抑えるため、工場に排煙脱硝装置や脱硫装置を設置している。脱硫の方法として日本で普及しているのは、石灰石の懸濁液に二酸化硫黄を含む排煙を吹き込み亜硫酸カルシウムを生成させ、さらに空気で酸化してセッコウとする方法である。

問 1 **ア** ~ **エ** に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(1)について、2 段階の電離の反応式を記せ。

問 3 (a) ~ (d) に適切な数値を入れよ。気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ とし、有効数字 2 桁で答えよ。

問 4 下線部(2)について、大理石の主成分である物質と **エ** に含まれる硫酸との反応を化学反応式で記せ。

問 5 下線部(3)の反応を化学反応式で記せ。

Ⅲ よく磨いた鉄の薄片を2本の試験管AとBに入れ、試験管Aに希硫酸を、試験管Bに希塩酸を加えたところ、いずれも気体を発生して完全に溶け、共に淡緑色の溶液が得られた。試験管Aの溶液の一部をとり、過酸化水素水を加えて温めると、溶液の色が変化した。また、試験管Aの溶液の一部をとり、ゆっくりと濃縮すると、青緑色の結晶が得られた。つづいて、試験管A、Bを空气中で十分な時間放置すると、溶液の色が変化した。これらの試験管の溶液を水酸化ナトリウム水溶液で中和して、試験管Aから溶液Cが、試験管Bから溶液Dが得られた。

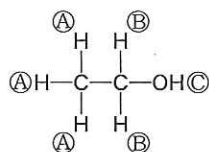
沸騰水に溶液Dを加えると赤色の溶液が得られた。この溶液はチンダル現象を示したので、大きな粒子を含むことが分かった。この溶液をセロハン袋に入れて水中にしばらく浸しておいたところ、赤い色の粒子はセロハン袋の中に残った。このセロハン袋の外の液体Eを回収した。同様に沸騰水に溶液Cを加えていくと赤色となったが、放置すると沈殿が生じた。

- 問1 下線部(1)で起こる反応を反応式で書け。
 問2 下線部(2)で試験管Aの溶液はどのような色に変化するか。このときに起こる反応をイオン反応式で書け。
 問3 下線部(3)で生じた結晶の組成式を書け。
 問4 下線部(4)の赤い色の粒子を構成する物質の名称を書け。また、このような粒子を何と呼ぶか。
 問5 液体Eに硝酸銀水溶液を加えると、どのような変化を示すか。
 問6 下線部(5)で沈殿が生じたのはなぜか。その理由を書け。

Ⅳ 化合物A～Gは同じ $C_4H_{10}O$ の分子式を持ち、互いに構造異性体である。濃硫酸とともに高温で加熱すると、AとDからは同じ化合物Hが生じ、BからはIが生じ、またCからはIとその構造異性体Jが生じた。一方、E、F、およびGは変化がなかった。また、ニクロム酸カリウムの硫酸酸性溶液とともに注意深く温めると、ア、イ、およびDのみが反応し、それぞれから順にK、L、およびMが生じた。K、L、およびMのうち、KとMはフェーリング液と反応して赤色沈殿を生じた。なお、以上の化合物の記号を付けるにあたって立体異性体は区別していない。

- 問1 ア および イ に入る化合物A～Gの記号を答えよ。
 問2 化合物Aの構造式を示せ。
 問3 A～Mのうちのあるものは、ヨウ素と水酸化ナトリウムの水溶液を加えて温めると黄色結晶を生じた。それはどれか、記号を答えよ。
 問4 A～Mのうち光学異性体を持つものの記号を答えよ。
 問5 A～Mのうち幾何異性体を持つものの記号を答えよ。
 なお、問3～5は該当するものをすべて答えること。

核磁気共鳴という現象を利用した分析方法により、化合物の有する水素のうち化学的に同じ性質を持つものどうしをひとまとめにしてグループ分けすることができる。例えばエタノールの場合、図のように①を付けた3個の水素、②を付けた2個の水素、および③を付けた1個の水素の3つのグループに分けられる。



この方法で調べたところ、Eの水素は3個、2個、2個、および3個の4つのグループに、またFの水素は6個と4個の2つのグループに分けられた。

- 問6 Gの構造式を示せ。また、Gの水素はどのようなグループに分けられると考えられるか。下線部にならって答えよ。

化学 (前期)

受験番号		氏名	
------	--	----	--

受験番号

化学 (前期)

I

問 1	A	B	C	D
	E	F	G	H
問 2	Cの数		Dの数	
問 3	4分の1になる日数		5分の1になる日数	
問 4				

I	
II	
III	
IV	
計	

II

問 1	ア	イ	ウ	エ
問 2	第1段階		第2段階	
問 3	a	b	c	d
問 4				
問 5				

III

問 1	A	B
問 2	色	イオン反応式
問 3		
問 4	物質の名称	粒子の名称
問 5		
問 6		

IV

問 1	ア	イ	
問 2		問 3	問 4
		問 5	
問 6	構造式	グループ分け	