

平成 27 年度 入学 試験 問題

理 科

	ページ
物 理.....	1～11
化 学.....	12～26
生 物.....	27～48
地 学.....	49～56

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び答案用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 解答は、必ず答案用紙の指定されたところに記入すること。
3. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
4. 答案用紙は持ち出さないこと。

化 学

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.0, Cl = 35.5, K = 39.1, Mn = 54.9, Cu = 63.6, Zn = 65.4, Au = 197。ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4$ C/mol。気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1 次の文章Ⅰと文章Ⅱを読み、問1～問6に答えよ。

(文章Ⅰ)

原子中の電子は、原子核の周りのいくつかの電子殻に分かれて存在している。原子核に最も近い電子殻を **ア** 殻とよぶ。各電子殻に収容される電子の数には限度があり、内側から n 番目の電子殻には最大 **A** 個の電子を収容できる。原子から電子1個を取り去って1価の陽イオンにするために必要な最小のエネルギーを **イ** という。一般に **イ** が小さい原子ほど陽イオンになりやすい。一方、原子が最外殻に電子1個を受け取って1価の陰イオンになるときに放出されるエネルギーを **ウ** という。陽イオンと陰イオンがクーロン力により互いに引き合って結びつく化学結合をイオン結合という。一方、原子どうしが **価電子** を出し合い、共有してつくられる結合を共有結合という。原子の最外殻電子のうち、共有結合に使われない電子対を **エ** という。

(文章Ⅱ)

第3周期の元素の単体と水との反応を調べると、18族の元素を除き、周期表の両端側の元素が反応性に富み、中央部の元素は反応性に乏しいことがわかる。例えば、**塩素** は水に溶かすとその一部が反応して、**B** と **C** を生じる。**C** は弱酸であるが、強い酸化作用がある。一方、**ケイ素** や **リン** は水とは反応しにくい。リンは、植物の肥料の三要素の一つであり、リン肥料として使われる過リン酸石灰は、**D** と硫酸カルシウムの混合物である。

問 1 文章 I 中の ~ に入る適切な語句を記せ。

問 2 文章 I 中の に入る適切な電子数を整数 n を用いて表わせ。

問 3 文章 I 中の下線部①の価電子について、次の(a)~(c)の原子の価電子数を記せ。

(a) B

(b) Ne

(c) P

問 4 ネオン原子と同じ電子配置を持つ原子番号 8 から 13 までの原子のイオンで比べると、原子番号が大きくなるほどイオン半径は小さくなる。その理由を 60 字以内で述べよ。

問 5 文章 II 中の ~ に入る適切な化合物の化学式を記せ。

問 6 文章 II 中の下線部②の塩素は、さらし粉と塩酸、あるいは高度さらし粉と塩酸との反応により発生させることができる。どちらか一方の化学反応式を記せ。

2 市販のオキシドール中の過酸化水素の濃度を調べるために実験1と実験2を行った。問1～問9に答えよ。

(実験1) 過マンガン酸カリウム KMnO_4 水溶液の調製と正確な濃度測定

シュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を正確に 2.52 g はかりとり、純水に溶かして 200 mL の に移した。純水を標線まで加えてよく振り混ぜ、シュウ酸標準液 ①とした。過マンガン酸カリウム約 0.6 g をはかりとり、約 200 mL の純水を加えて完全に溶かし、過マンガン酸カリウム水溶液とした。シュウ酸標準液 10.0 mL を を用いてコニカルビーカーにとり、3 mol/L 硫酸水溶液 20.0 mL と純水を加えて計 50.0 mL とし、80 °C に加温した。この溶液に を用いて 過マンガン酸カリウム水溶液を滴下し、薄い赤紫色が残って消えなくなったところで滴下量を読みとった。②滴定操作を3回繰り返した結果、滴下量の平均値は 20.00 mL であった。

(実験2) 市販のオキシドール中の過酸化水素の濃度測定

市販のオキシドール 10.0 mL を を用いて にとり、純水を加えて 100 mL とした。この液 10.0 mL を を用いてコニカルビーカーにはかりとり、3 mol/L 硫酸水溶液 20.0 mL と純水を加えて計 50.0 mL とし、実験1で調製した過マンガン酸カリウム水溶液で滴定した。③滴定操作を3回繰り返した結果、要した過マンガン酸カリウム水溶液の平均値は 18.00 mL であった。

問 1 文章中の ~ に入る適切な器具を，次の図 1 の(ア)~(オ)からそれぞれ 1 つ選び，記号で答えよ。また，それらの名称も答えよ。

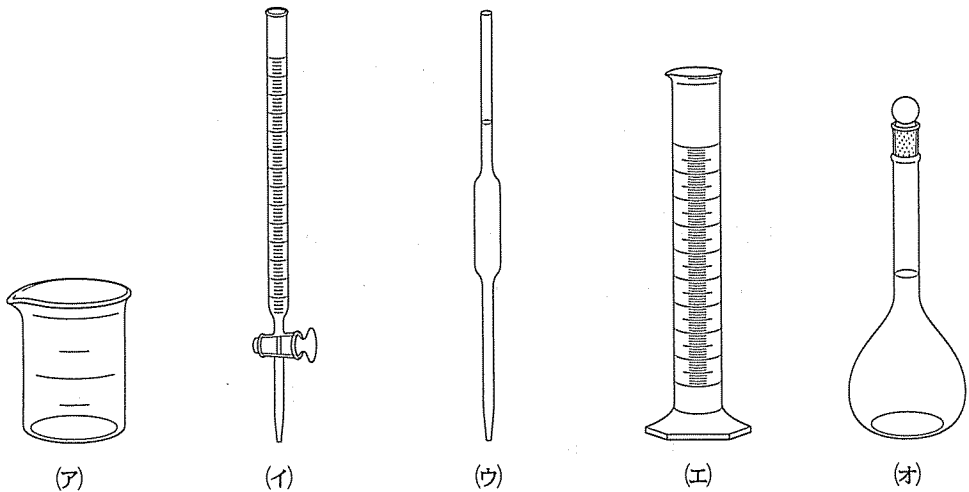


図 1

問 2 器具 ~ のうち，この実験において内部が純水でぬれたまま使用してもよいものをすべて選び，図 1 の(ア)~(オ)の記号で答えよ。また，その理由を 40 字以内で答えよ。

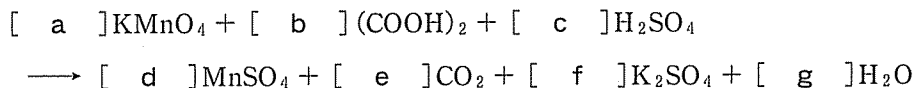
問 3 シュウ酸 $(\text{COOH})_2$ の電子式を例にならって記せ。



問 4 下線部①のシュウ酸標準液の濃度 [mol/L] を有効数字 3 桁で求めよ。

(問題は，次ページに続く。)

問 5 下線部②の過マンガン酸カリウム水溶液とシュウ酸水溶液との酸化還元反応は、次式のように表わされる。[a]～[g]にそれぞれ適切な係数を入れよ。ただし、係数が1の場合は解答欄に1と記せ。



問 6 調製した過マンガン酸カリウム水溶液の正確な濃度[mol/L]を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字3桁で示せ。

問 7 下線部③における過マンガン酸イオンおよび過酸化水素の反応をそれぞれ電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。

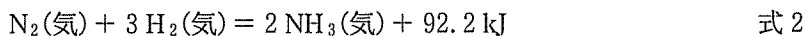
問 8 下線部③の反応を化学反応式で記せ。

問 9 実験2で用いた市販のオキシドール中の過酸化水素の質量パーセント濃度を求めよ。ただし、市販のオキシドールの密度は1.0 g/mLとする。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字2桁で示せ。

3 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。必要があれば、次の値を用いよ。

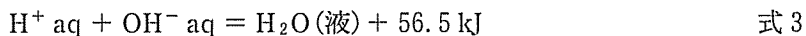
25℃の水のイオン積 $K_w = [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)², $\sqrt{2} = 1.4$, $\sqrt{2.3} = 1.5$, $\sqrt{23} = 4.8$ 。

アンモニアは、工業的にはハーバー・ボッシュ法で、A を主成分とする触媒を用いて窒素と水素から合成される。この反応は式1で示すように可逆反応であり、かつ、式2の熱化学方程式で表わされるように ア 反応である。



したがって、平衡状態でのアンモニアの生成量を多くするためには、反応温度をより イ し、気体の圧力をより ウ することが望ましい。一般に、可逆反応が平衡状態にあるとき、濃度、圧力、温度などの条件を変化させると、その変化の影響を和らげる向きに反応が進み、新しい平衡状態になる。これを エ の原理という。

また、水素イオンと水酸化物イオンの中和反応も、式3で表わされる ア 反応である。



アンモニアは、塩化アンモニウムと水酸化カリウムの混合物を加熱して発生させ、^①上方置換で捕集することでも得られる。アンモニアは水に非常によく溶け、その一部が水と式4のように反応するので、アンモニア水溶液(アンモニア水)は弱塩基性を示す。



なお、アンモニア水を利用すると、水溶液に含まれる種々の金属陽イオンの分離と確認ができる。

問 1 文章中の **A** に入る適切な物質名を答えよ。ただし、化学式で答えてもよい。また、**ア** ~ **エ** に入る適切な語句を記せ。

問 2 窒素 2.5 mol と水素 2.0 mol を 1.0 L の密閉容器に入れ、温度 T [K] に保つと、アンモニアが 1.0 mol 生成して平衡状態になった。これに関して、次の(1)と(2)に答えよ。

(1) この温度 T [K] における平衡定数 K (濃度平衡定数) を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、解答は有効数字 2 桁で、単位をつけて示せ。

(2) 触媒を用いていない条件で、密閉容器中のアンモニアの生成量の時間変化を測定すると、図 1 の(a)で示す結果が得られた。触媒を用いて同条件で実験を行うと、どのような結果が得られると予想されるか。最も確からしい結果を図 1 の(a)~(e)の中から選び、記号で答えよ。ただし、用いた触媒はごく微量で、その量は無視できる。

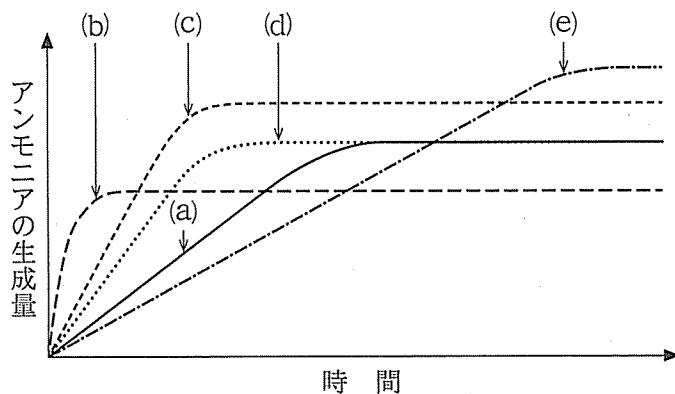


図 1 アンモニアの生成量の時間変化

(問題は、次ページに続く。)

問 3 式 2 の反応熱と表 1 の結合エネルギー [kJ/mol] の値を用いて、窒素の $\text{N}\equiv\text{N}$ の結合エネルギー [kJ/mol] を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。

表 1 結合エネルギーの値

結合の種類	結合エネルギー [kJ/mol]
H—H	436
N—H (NH_3)	391

N—H (NH_3) は、 NH_3 中の N—H 結合を表わす。

問 4 式 3 を参考にして、水の pH について、次の(1)と(2)に答えよ。

- (1) 25 °C の水を 50 °C に温めたとき、その水の pH を説明する適切な文章を次の(a)~(c)の中から選び、記号で答えよ。
- (a) 50 °C の水の pH は 25 °C のときより大きい。
 - (b) 25 °C と 50 °C で水の pH は変わらない。
 - (c) 50 °C の水の pH は 25 °C のときより小さい。
- (2) 上記(1)の解答となる理由を 45 字以内で説明せよ。

問 5 下線部①に関して、塩化アンモニウム 5.35 g と水酸化カリウム 11.22 g を均一に混合して加熱し、一方を完全に反応させアンモニアを発生させた。発生したすべてのアンモニアを水に溶解させ、25 °C で 1.0 L のアンモニア水を得た。このアンモニア水中のアンモニアの電離度 α と水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 2 桁で示せ。ただし、25 °C でのアンモニアの電離定数 K_b は 2.3×10^{-5} mol/L とする。

問 6 下線部②に関して、次の(1)および(2)の水溶液に、それぞれ少量のアンモニア水を加えたときと、さらに過剰のアンモニア水を加えたときの状態を観察した。最も適切な観察結果を表 2 の(a)~(i)の中から選び、それぞれ記号で答えよ。

- (1) アルミニウムイオン Al^{3+} を含む無色の水溶液
 (2) 銀イオン Ag^+ を含む無色の水溶液

表 2 アンモニア水を加えたときの観察結果

記号	少量のアンモニア水の添加	過剰のアンモニア水の添加
(a)	変化なし(無色溶液のまま)	白色沈殿の生成
(b)	白色沈殿の生成	変化なし(白色沈殿のまま)
(c)	白色沈殿の生成	無色溶液(白色沈殿の溶解)
(d)	変化なし(無色溶液のまま)	青白色沈殿の生成
(e)	青白色沈殿の生成	変化なし(青白色沈殿のまま)
(f)	青白色沈殿の生成	無色溶液(青白色沈殿の溶解)
(g)	変化なし(無色溶液のまま)	(暗)褐色沈殿の生成
(h)	(暗)褐色沈殿の生成	変化なし[(暗)褐色沈殿のまま]
(i)	(暗)褐色沈殿の生成	無色溶液[(暗)褐色沈殿の溶解]

問 3 問 2 の電解精錬を、不純物金属として金のみを均一に含む粗銅(銅純度は 98.0 %)を陽極に、純銅(銅純度は 100 %)を陰極にし、硫酸酸性の硫酸銅(Ⅱ)水溶液中で、電圧 0.300 V、一定の電流で 193 分間連続して行ったところ、陰極(純銅電極)の質量が 3.18 g 増加した。これに関して、次の(1)と(2)に答えよ。ただし、流れた電流はすべて電気分解に利用され、気体は発生しないものとする。

(1) このとき通じた電流[A]を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。

(2) 陽極(粗銅電極)の質量が何 g 減少したか求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。

問 4 下線部②に関して、アルミニウムの単体は、ボーキサイトから得られる酸化物を融解塩電解(熔融塩電解)すると得られる。この酸化物の化学式を記せ。

問 5 文章中の

ア

 ~

ウ

 に入る適切な語句または数字を記せ。

問 6 下線部③の反応を化学反応式で記せ。

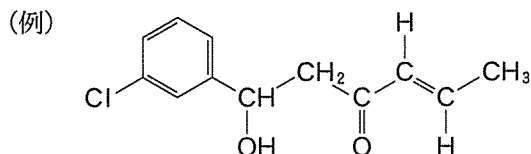
(問題は、次ページに続く。)

問 7 鉄は金属元素中でアルミニウムに次いで地殻中に多く存在する。鉄に関する次の(a)~(e)の記述のうち、正しいものを2つ選び、記号で答えよ。

- (a) 鉄(II)イオンを含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、赤褐色沈殿が生じる。
- (b) 鉄(II)イオンを含む水溶液にヘキサシアニド鉄(III)酸カリウム $K_3[Fe(CN)_6]$ 水溶液を加えると、濃青色沈殿が生じる。
- (c) 鉄(III)イオンを含む水溶液にチオシアン酸カリウム水溶液を加えると、血赤色溶液になる。
- (d) アセチルサリチル酸のエタノール溶液に塩化鉄(III)水溶液を加えると、赤紫色に呈色する。
- (e) 鉄の単体は、赤鉄鉱を二酸化炭素で還元することにより得られる。

問 8 銅と亜鉛からできている合金がある。この合金 500 mg を酸の水溶液に完全に溶かし、新たな沈殿が生成しなくなるまで十分な量の硫化水素 H_2S を通じたところ、一方の金属の硫化物のみが沈殿した。この沈殿を水洗し、乾燥したところ 478 mg であった。この合金に含まれる亜鉛の含有率(%)を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字3桁で示せ。ただし、沈殿した硫化物は酸の水溶液には溶解しないものとする。

- 5 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。解答で構造式を示す場合には例にならって記せ。ただし、特に記載のないかぎり実験は、室温25℃、1気圧(1.0 × 10⁵ Pa)で行われたとする。



炭素、水素、酸素のみからなる有機化合物 A、B、C の混合物を、次の分離操作により精製を行った。混合物を水浴にて加熱して蒸留を行うと、無色の液体である有機化合物 A が沸点 56℃ にて蒸留された。有機化合物 A に、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めて反応させると、黄色沈殿 CHI₃ が生じた。有機化合物 A は、酸化されにくく、銀鏡反応を示さない化合物であり、酢酸カルシウムの熱分解によっても得られる。

蒸留されずに残った有機化合物 B と C の混合物に、炭酸水素ナトリウム水溶液とジエチルエーテルを加え、分液漏斗を用いて振り混ぜた後、エーテル層と水層を分離した。エーテル溶液から、ジエチルエーテルを蒸発させると有機化合物 B が得られた。また、分離した炭酸水素ナトリウム水溶液に、塩酸を加えると有機化合物 C が固体として析出した。

分子式 C₅H₁₀O で表わされる有機化合物 B mg を完全燃焼させると、二酸化炭素が 110 mg と水が mg 生じた。有機化合物 B は、すべての炭素原子が同一平面上にあり、単体のナトリウムを加えると気体が発生した。有機化合物 B は、白金触媒の存在下で水素と反応し、光学異性体が存在しない有機化合物 D を与えた。

有機化合物 C は、分子量 136 の芳香族化合物であり、過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると、ペットボトルなどの合成樹脂として使われている 合成高分子化合物 PET の製造原料である有機化合物 E に変換された。

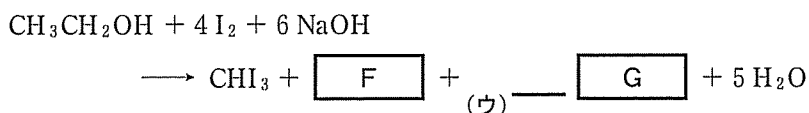
問 1 有機化合物 A~E の構造式を記せ。ただし、光学異性体がある場合は区別しなくてよい。

問 2 文章中の と に入る適切な数値を記せ。解答は有効数字 2 桁で示せ。

問 3 下線部①に関して、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めても黄色沈殿が生じない化合物はどれか。次の(a)~(e)からすべて選び、記号で答えよ。ただし、すべて黄色沈殿が生じる場合は○を記せ。

- (a) メタノール (b) 2-ブタノール
(c) アセトアルデヒド (d) 酢酸
(e) 乳酸(CH₃CH(OH)COOH)

問 4 下線部①の黄色沈殿は、有機化合物 A の代わりにエタノールを用いても生じる。下記反応式の下線部(ウ)に適切な係数を、 と に化学式を記して、反応式を完成せよ。ただし、係数が 1 の場合は 1 と記せ。



問 5 下線部②の有機化合物 B と C の分離のために、ジエチルエーテルの代わりに用いることができる化合物を次の(a)~(e)からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 酢酸エチル (b) メタノール
(c) エタノール (d) ブタン
(e) ナフタレン

(問題は、次ページに続く。)

問 6 光学異性体が存在する化合物を次の(a)~(f)からすべて選び、記号で答えよ。

(a) 1-ペンタノール

(b) 2-ペンタノール

(c) 3-ペンタノール

(d) 2-メチルプロパン

(e) グルコース

(f) グリセリン

問 7 下線部③の合成高分子化合物 PET は、2つの単量体(モノマー)の重合により合成されている。1つは有機化合物 E であるが、もう1つの有機化合物は何か。有機化合物名とその構造式を記せ。