

2020 年度一般入学試験(後期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 36 ページあり、問題数は、物理 3 問、化学 4 問、生物 4 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に、それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。また、※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの、および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には、解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

化 学 (後期)

[注意] 問題を解く際に必要ならば、次の値を用いなさい。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,

Mg = 24.3, Al = 27.0, S = 32.0, K = 39.0, Ca = 40.0,

Fe = 55.9

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$

$\log_{10} 5 = 0.70$

I 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

正体不明の試薬 X, Y がある。試薬 X は白い粉末で、残っていたラベルの一部などから水酸化物であることがわかったが、正確な物質名や式量などはわからない。また、試薬 Y は白い粉末であること以外は不明である。これらの試薬 X, Y について、下記の実験を行った。

[実験1] 試薬 X を 2.43 g 量りとり、約 10 mL の水を加えると全て溶解した。この溶液を全て容量 100 mL のメスフラスコに移し、水を用いて正確に 100 mL に希釈し、これを溶液 A とした。溶液 A をリトマス紙で検査したところ、(ア)色リトマス紙が(イ)色に変化したので、溶液 A は塩基性であることがわかった。そこで次のように中和滴定を行い、溶液 A の濃度を求めた。

まず、溶液 A を(ウ)を用いて 10 mL 量りとり、容量 100 mL のメスフラスコに入れた。① 同じメスフラスコに(ウ)を用いて 2.00 mol/L の塩酸 10 mL を入れ、十分に混合した後に水で正確に 100 mL とし、これを溶液 B とした。この溶液 B は酸性を示した。次に、溶液 B を(ウ)を用いて 10 mL 量り、三角フラスコに入れ、指示薬として(エ)溶液を 1 滴加えた後、(オ)に入れた 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定を行った。無色の溶液が非常に

薄い赤紫色になった時を滴定の終点とし、5回の実験における滴定値の平均は9.84 mLであった。

[実験2] 10 mLの水で2.40 gの試薬Yを溶解しようとしたが、ほとんど溶解しなかった。さらに水を90 mL加えたが、一部が溶解したものの全てが溶解することはなかった。次に、別の容器へ2.41 gの試薬Yをとり、2.00 mol/Lの塩酸25 mLを加えたところ、盛んに気泡を出して試薬Yは全て溶解した。この溶液の一部を白金線につけてガスバーナーの外炎に入れたところ、橙赤色の光が確認された。また、塩酸との反応で発生した気体を下方置換で集気びんに集め、その中に火のついたろうそくを入れたところ、すぐに火は消えた。

また、新たに10.0 gの試薬Yを白磁製の容器に入れて熱すると、熱分解による質量の減少が見られた。加熱を続けると、やがて重量の変化が見られなくなり、5.60 gの白い粉末が得られた。この粉末に少量の水を加えたところ、強い発熱が見られ、さらに水を加えて全ての粉末を溶解すると、その溶液は強い塩基性を示した。この塩基性の溶液に二酸化炭素を通じたところ溶液は白く濁ったが、この「濁り」は、二酸化炭素を通じ続けるとやがて透明になった。

問1 文中の(ア)~(オ)にあてはまる最も適切な語句を解答欄(ア)~(オ)に答えなさい。ただし、(ウ)と(オ)には器具の名称を答えなさい。

問2 (ウ)の器具は1つしかなかったので下線部①~③の操作ごとに洗浄して使用した。その際に水で内部がぬれた状態の器具を、次に量りとりたい溶液を少量用いて内面を数回洗った。この操作を何というか解答欄に答えなさい。

問3 試薬Xの式量はいくらか。解答欄に有効数字3桁で答えなさい。

問4 実験1において、溶液Bを白金線につけて、ガスバーナーの外炎に入れたところ、鮮やかな発色が観察された。この反応を何というか、解答欄(i)に答えなさい。またこの時、何色の発色が確認されたか、解答欄(ii)に答えなさい。

問 5 下線部④について、この溶液中の金属イオンの電子殻において、K 殻、L 殻、M 殻、N 殻それぞれに配置されている電子数を解答欄 K~N にそれぞれ答えなさい。

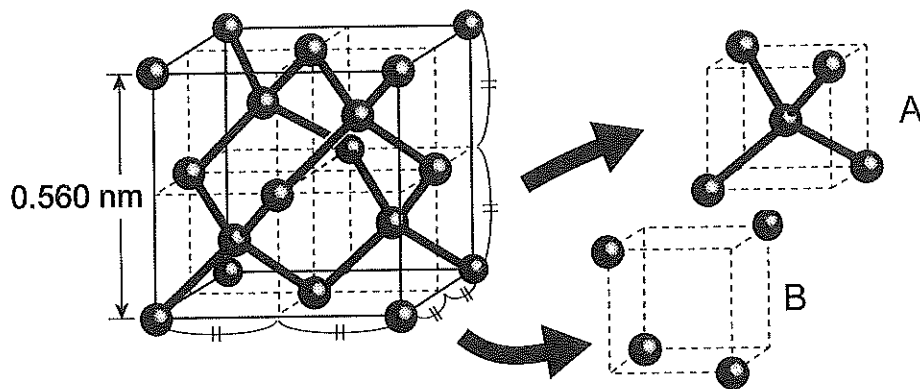
問 6 下線部⑤について、この反応を化学反応式で表し解答欄に答えなさい。

II 以下の2つの文章を読み、問1～問5に答えなさい。

[文章1]

医療で用いられる素材として、金属、高分子化合物、セラミックスなどがある。これらは結晶構造や結合の種類などの違いにより、それぞれに固有の変形特性や耐熱性などを示す。例えば、セラミックスのうち酸化アルミニウムを主成分とするものは、生体適合性が高く、人工骨や人工歯などに広く用いられている。

問1 下線部①について、下図左側は、ある元素における結晶の単位格子を表している。この構造はダイヤモンドと同じく、下図右側の小立方体AおよびBがそれぞれ4個ずつ組み合わさった構造をしている。ここで、単位格子の一辺の長さを0.560 nm、この元素のモル質量を28.0 g/mol とすると、この結晶の密度は何 g/cm³ になるか、有効数字3桁で解答欄に答えなさい。なお、図中の●は原子を表しており、原子間の太い実線は原子間の共有結合を、細い実線は単位格子を表している。



問2 下線部②について、下の語群にある物質のうち、3組の非共有電子対を持つ物質をすべて選び解答欄に分子式で答えなさい。

[語群] アンモニア フッ化水素 硫化水素 アセトアルデヒド
二酸化炭素 クロロエタン メタン 四塩化炭素

[文章 2]

アルミニウムは鉱石である(ア)から得られ、その単体は酸とも強塩基とも反応する(イ)性元素である。しかし、その単体を濃硝酸に加えると(ウ)の状態となり、溶解は進まない。また、アルミニウムの粉末と酸化鉄(Ⅲ)の粉末を混合して点火すると火花を伴い激しく反応し、融解した鉄の単体を得られる。これを(エ)反応(法)と呼ぶが、この反応においてアルミニウムは(オ)剤として作用している。

問 3 文中の(ア)~(オ)に入る最も適切な語句を解答欄(ア)~(オ)に答えなさい。

問 4 下線部③について、アルミニウムを水酸化ナトリウム溶液に加えたときの反応を表す化学反応式を解答欄(i)に、反応後の溶液の色を解答欄(ii)にそれぞれ答えなさい。

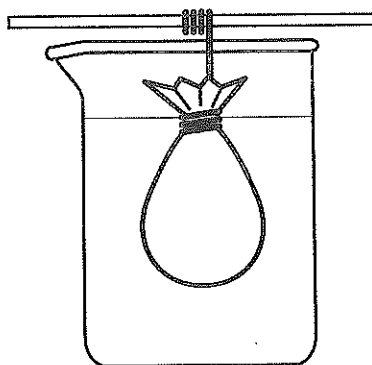
問 5 アルミニウムの硫酸塩とカリウムの硫酸塩の混合溶液を濃縮し冷却すると、ミョウバン $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ の結晶が得られる。この結晶を用いて 25°C の飽和水溶液 100 g を用意した。その後、温度を上げていくらか水を蒸発させてから、再び 25°C に温度を戻したところ、結晶が 4.74 g 析出した。この時、蒸発した水は何 g か、有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。ただし、 25°C における $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$ の無水物の水への溶解度は 12.0 とする。

III 次の文章を読み、問1～7に答えなさい。

鉄は周期表の(ア)族に属する金属である。ここで、鉄粉11.2gを1.00 mol/Lの塩酸500 mLに加えたところ、鉄粉は^①気体を発生しながら全て溶解した(溶液I)。この溶液Iに塩素を通じると溶液の色が(イ)色に変化した(溶液II)。続いて、^②少量の溶液IIを沸騰水に加えたところ、(ウ)色のコロイド溶液となった(溶液III)。その後、この溶液IIIを^③下図のようにセロハン膜で包み、水を入れたビーカーに十分な時間浸した。

別の溶液IIIをU字管に入れて、その両端に電極を浸けて、直流電流を流したところ、^④コロイド粒子は電極の(エ)極側へ移動した。

また、溶液IIIをビーカーに入れ、横方向から強い光を当てたところ、^⑤光の進路が輝いて見えた。



問1 文中の(ア)～(エ)に入る最も適切な語句を解答欄(ア)～(エ)に答えなさい。

問2 下線部①について、ここで発生した気体は標準状態で何Lになるか、有効数字3桁で解答欄に答えなさい。ただし、発生した気体は全て理想気体として振る舞い、水には溶けないものとする。

問3 下線部②で生じる反応を解答欄に化学反応式で答えなさい。

問 4 下線部③について、溶液Ⅲを透析した後セロハン膜外液の pH を測定したところ 2.7 であった。この膜外液における水素イオン濃度は何 mol/L になるか、有効数字 2 桁で解答欄に答えなさい。

問 5 下線部④で生じた現象を何というか、解答欄に漢字 4 文字で答えなさい。

問 6 次の文章(i)~(iv)について、下線部の記述が正しいければ○を、誤っていれば正しい語句を解答欄の(i)~(iv)に答えなさい。

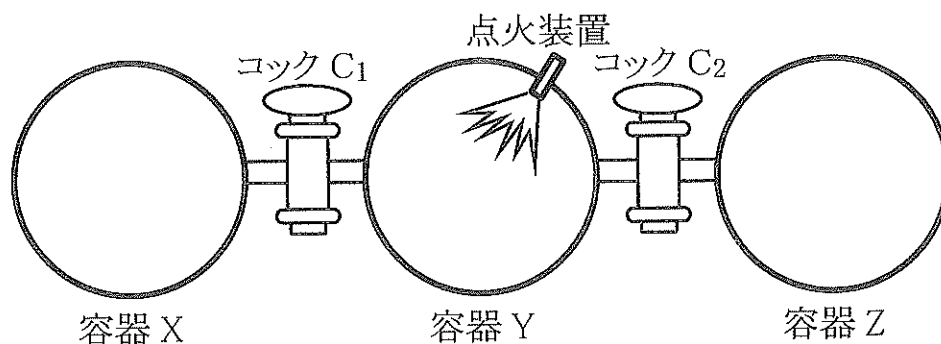
- (i) 粒子の電荷と反対の電荷をもつイオンを少量加えると親水コロイドが沈殿する。
- (ii) Na_2SiO_3 に水を加えて加熱するとシリカゲルが生成する。
- (iii) デンプンとショ糖を溶かした溶液をセロハン膜で包み、ビーカーの中で十分に時間浸しておく、デンプンとショ糖が膜の内側に残る。
- (iv) モル濃度が同じ Na_3PO_4 、 MgCl_2 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ の各水溶液がある。そのうち、最も少量で負に帯電したコロイド粒子を沈殿させることができるのは $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の水溶液である。

問 7 下線部⑤で見られた現象を何というか、解答欄(i)に答えなさい。また溶液Ⅲと同様に、この現象が確認される溶液を以下の(1)~(5)からすべて選び解答欄(ii)に番号で答えなさい。

- (1) 食塩水
- (2) 墨汁をセロハン膜で透析した膜外液
- (3) 牛乳を薄めた液
- (4) 塩化銅(Ⅱ)水溶液
- (5) セッケン水

IV 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

下図のように3つの同じ容量(3.00 L)の反応容器X, Y, Zがあり、容器Xと容器Y、容器Yと容器ZのそれぞれがコックC₁とC₂で連結されている実験装置がある。これを用いて以下の実験1と実験2を行った。なお、容器X中の触媒や容器Yの点火装置の体積、そして各容器の接続部やコックなどの容積は、容器容量に比べて十分小さく、無視できるものとする。また、各実験条件では触媒を除く全ての物質が気体として存在し、それらは理想気体としてふるまうものとする。



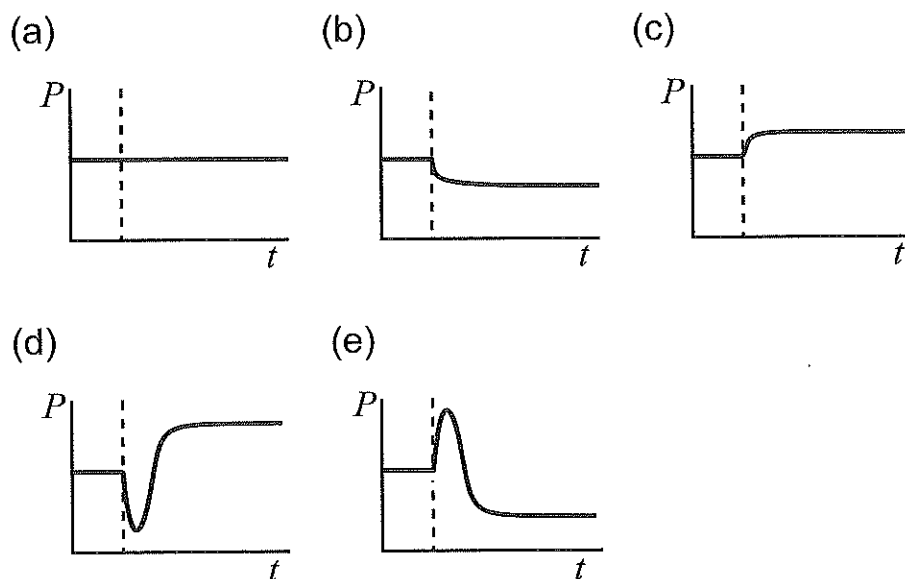
[実験1] 空の容器X, Y, Zがある。容器Xにはエテン(エチレン)および必要十分量のリン酸触媒を、容器Yには水素、容器Zには酸素を入れた。この時、全体の温度は648 Kであり、各容器の圧力はそれぞれ 1.05×10^6 Pa, 1.20×10^6 Pa, 6.00×10^5 Paであった。この状態から、まずコックC₂のみを素早く開くと、容器Yと容器Zの圧力計の表示が等しくなった。しばらくして、容器Yに設置してある点火装置を^①作動させた。この時、爆発的に反応が生じて一時的に容器の温度は上昇したが、その後再び648 Kに保った。続いて、コックC₂は開いたまま、コックC₁を開いて、容器X, Y, Zの圧力計の値が等しくなるまで待った。その後、容器に残った気体を分析した。^③

[実験2] 空の容器X, Y, Zがある。容器Xにはエテンおよび必要十分量のニッケル触媒を、容器Yには水素、容器Zには酸素を入れた。この時、全体の温度は648 Kであり、各容器の圧力はそれぞれ 9.00×10^5 Pa, 1.20×10^6 Pa, 6.00×10^6 Paであった。この状態から、まずコックC₁のみを素早く開き、容器X^④

と容器 Y の圧力計の表示が等しく、変化がなくなるまで十分な時間待った。その後、コック C₁ は開いたまま、コック C₂ を開き、容器 X, Y, Z それぞれの圧力計が同じ値を示すまで待った後、容器 Y の点火装置を作動させた。この時も容器内部の化学反応により一時的に容器の温度は上昇したが、その後再び 648 K になるように調節した。

容器 X, Y, Z の圧力計の値が等しいことを確認した後、容器に残った気体を分
⑤析した。

問 1 下線部①について、コックを開く前後の時間(t)と容器 Y の圧力計の値(P)の変化の関係を表すグラフを次の(a)~(e)から選び、その記号を解答欄に答えなさい。ただし、各グラフの点線部はコックの開栓時刻を表している。



問 2 下線部②について、容器 Y の圧力計の値は何 Pa か。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

問 3 下線部③について、存在した全ての気体を解答欄に化学式で答えなさい。ただし、それらの中に有機化合物があればその化合物については構造式を用いて答えなさい。

問 4 下線部④について、この時、連結した容器の中で進んだ反応を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。ただし、有機化合物があればその化合物については構造式を用いて表しなさい。

問 5 下線部⑤について、残った気体のうち物質量の最も多い気体の分子式を解答欄(i)に、その物質量を解答欄(ii)にそれぞれ答えなさい。