

令和3年度
入学試験問題

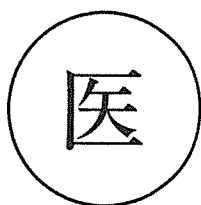
理 科

注 意 事 項

(1) 出題科目およびページは、下表のとおりです。次のいずれか2つを選択してください。

科 目	頁	科 目	頁	科 目	頁
物 理	1～8	化 学	1～11	生 物	1～7

- (2) 問題は、指示があるまで開かない。
(3) 解答は必ず別に配布する解答用紙に記入すること。
(4) 物理、化学、生物の中から2科目のみ解答すること。



(令和3年1月31日 一般入試・前期)

化 学

大問 I～IIIに答えよ。(問題は化11ページまでである)

必要があれば、次の値を使用せよ。気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$,
アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$, ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$,
25°Cにおける水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$, 原子量 $\text{H} = 1.00$, $\text{Li} =$
 7.0 , $\text{C} = 12.0$, $\text{N} = 14.0$, $\text{O} = 16.0$, $\text{Na} = 23.0$, $\text{Ca} = 40.0$, $\text{Br} = 80.0$, $\log_{10} 2 =$
 0.30 , $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$, $\log_{10} 1.63 = 0.21$, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$,
 $\sqrt{5} = 2.24$

化学の問題は次ページから

I 次の問(1)と(2)に答えよ。

問(1) 25°Cで次の通り中和滴定の実験を行った。以下の設問(a)～(c)に答えよ。pHの値は小数第1位まで、それ以外は有効数字2桁で答えよ。また、25°Cでのアンモニアの電離定数を $K_b = 2.5 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。

市販のアンモニア水を用いて、濃度 $c = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のアンモニア水を調製した。このアンモニア水の水酸化物イオン濃度を、 K_b と c を用いて表すと **あ** であるため、pHは **い** となる。このアンモニア水の入ったビーカーから **A** を用いて10.0 mLを正確に三角フラスコに注いだ。このフラスコに対して、 $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の塩酸を入れた **B** から、滴下を開始した。フラスコ内の水溶液のpHを測定しながら滴下を続けたところ、**う** mL滴下した前後でpHが急激に変化し、ここが中和点であることがわかった。この中和点におけるpHは、生じる塩の加水分解を考慮して **え** と求めることができる。途中、滴下量が **う** mLの半分のときのpHは **お** であった。中和点からさらに塩酸の滴下を続けたところ、滴下量が **う** mLの2倍のときのpHは **か** であり、その後滴下を続けても、pHに大きな変化はなかった。

(a) 空欄 **あ** には適切な式を、**い** ～ **か** には適切な数字を答えよ。

空欄 **A** と **B** には、それぞれ適切なガラス器具の名称を答えよ。

(b) 文中のpHの値に基づいて、たて軸をpH、横軸を塩酸の滴下量として、滴定曲線を描け。横軸の数値も記入すること。

(c) 指示薬①～⑤の変色域を次に示す。この滴定実験における指示薬として使用可能なものをすべて選び、番号で答えよ。

① pH 1.3 ～ pH 3.2

② pH 4.2 ～ pH 6.2

③ pH 6.0 ～ pH 7.6

④ pH 8.0 ～ pH 9.8

⑤ pH 10.1 ～ pH 12

問題は次ページに進む

問(2) 次の(a)～(e)の操作を行ったときに起こる反応を，化学反応式で表せ。

(a) 亜硫酸ナトリウムに，希塩酸を加えた。

(b) 塩化ナトリウムに濃硫酸を加え，加熱した。

(c) ヨウ化カリウム水溶液に，硫酸酸性の過酸化水素水を加えた。

(d) 塩素酸カリウムと赤リンの混合物をハンマーでたたいたところ，爆発的な反応が起こり，十酸化四リンが生成した。

(e) 水酸化ナトリウム水溶液に，金属亜鉛を加えた。

II 次の問(1)と(2)に答えよ。

問(1) 次の文章を読み、以下の設問(a)～(d)に答えよ。計算結果は、有効数字3桁で示せ。

ある**気体A**が入った100 Lの容器に、体積比が2:1の水素と酸素からなる気体を加えて密閉した。このとき、容器内の気体の全質量は37.5 gであった。容器の温度を27.0°Cに保ったところ、混合気体の全圧は 5.24×10^4 Paであった。次に、容器内に電気火花を飛ばして水素と酸素を完全に反応させた。その後、容器の温度を再び27.0°Cに保ったところ、生成した水の一部が容器の内壁に付着し、混合気体の全圧は 4.10×10^4 Paとなった。**気体A**は反応に関与せず、凝縮しない。また、27.0°Cにおける水の蒸気圧は 3.57×10^3 Paである。気体は理想気体として扱い、内壁に付着した水の体積は無視してよい。

- (a) 27.0°Cにおける**気体A**の分圧はいくらか。
- (b) 下線部の反応で生成した水の物質量はいくらか。
- (c) **気体A**の物質量はいくらか。
- (d) **気体A**のモル質量はいくらか。

問題は次ページに進む

問(2) 次の文章を読み、以下の設問(a)～(e)に答えよ。計算結果は、有効数字2桁で示せ。

黒鉛（グラファイト）の化合物 LiC_6 は、リチウムイオン電池の負極に応用される。充電では、正極活性物質のコバルト酸リチウム LiCoO_2 からリチウムイオン Li^+ が電解質溶液に溶出し、負極活性物質のグラファイトが電解質溶液から Li^+ を取り込んで LiC_6 になる。このとき、正極では活性物質の **ア**，コバルトの酸化数は **イ**。放電では逆に、 LiC_6 から Li^+ が生じる。いま、リチウムイオン電池で駆動するスマートフォンで⁽ⁱ⁾動画再生を3.0時間行ったところ、電流の平均値は140 mAであった。

グラファイトの結晶では、共有結合で正六角形につながった炭素原子からなる平面構造の層が交互にずれて重なっている。一方、化合物 LiC_6 では、すべての炭素原子が、層に垂直な位置で次の層の炭素原子に重なり、Li原子は2枚の層の六員環の間にある。⁽ⁱⁱ⁾ LiC_6 の面間隔は0.370 nmであり、グラファイトの面間隔0.335 nmより広がっている。炭素の共有結合の長さは0.142 nmのまま変わらず、炭素原子の層の内部構造はリチウム原子の出入りによって変化しないとして考えよ。

(a) リチウムに関する次の説明 A～F のうち、正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- A. イオン半径が金属イオンでは最小である
- B. 原子のイオン化エネルギーが金属元素では最小である
- C. 炎色反応が橙赤色である
- D. 融点がアルカリ金属では最も高い
- E. 塩化リチウム水溶液の電気分解によって単体が得られる
- F. 常温で密度が 1.0 g/cm^3 より小さいアルカリ金属はリチウムだけである

(b) 空欄 **ア** と **イ** にあてはまる適切な語句を、次の6つの中からそれぞれ一つ選び、解答欄に記入せよ。

- 酸化反応が起こり 還元反応が起こり
 酸化反応も還元反応も起こらず
 増加する 減少する 変化しない

(c) リチウムイオン電池の放電の際、負極で起こる反応を化学反応式で示せ。

(d) 下線部(i)の動画再生によって、負極に生じた Li^+ の質量はいくらか。

(e) 下線部(ii)の面間隔の違いを考慮すると、 LiC_6 の密度は、グラファイトの密度の何倍か。

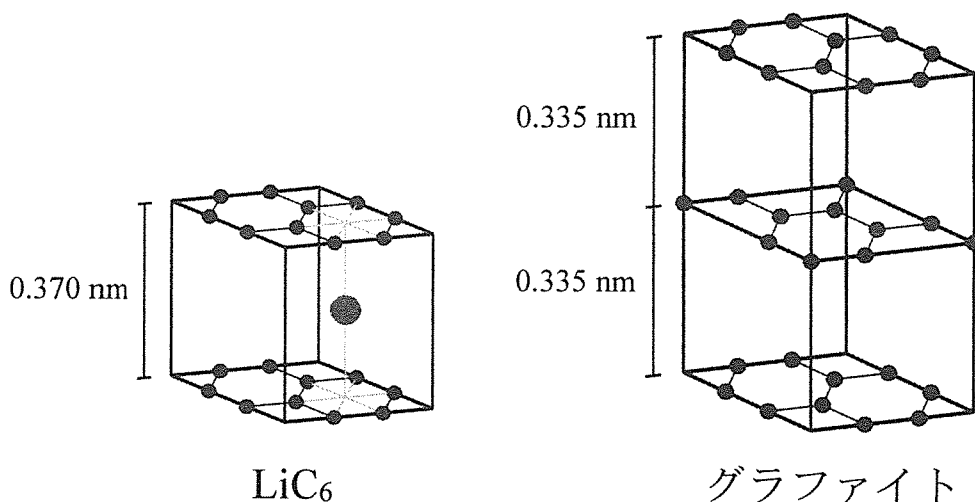


図. 化合物 LiC_6 の単位格子(左)とグラファイトの結晶構造(右: LiC_6 の単位格子の底面と面積が同じになる場所を選び、一部を描いてある)。

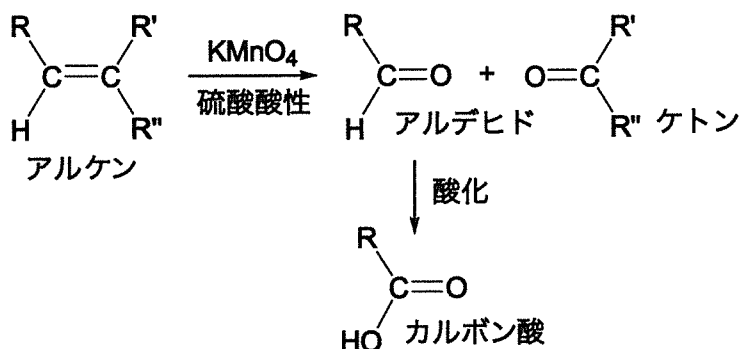
●はリチウム、●は炭素を表す。

問題は次ページに進む

Ⅲ 次の問(1)と(2)に答えよ。計算結果を四捨五入し、有効数字3桁で答えよ。

問(1) 次の文章を読み、以下の設問(a)と(b)に答えよ。

アルケンは、硫酸酸性水溶液中で KMnO_4 によって炭素原子間の二重結合が切断され、酸化される。例えば、図に示すアルケンがアルデヒドとケトンに分解される。アルデヒドはさらに酸化されて、カルボン酸になる。また、 $\text{R}=\text{H}$ の場合には、生じたギ酸 HCOOH は、 KMnO_4 によってさらに酸化され、最終的に水と二酸化炭素になる。



R 、 R' 、 R'' はアルキル基を表す。

いま、環状構造をもたない鎖式炭化水素Aがあり、分子量は152であった。この化合物に硫酸酸性水溶液中で KMnO_4 を作用させたところ、二酸化炭素と化合物B、および、化合物Cが得られた。化合物Bはジカルボン酸のため炭酸水素ナトリウム水溶液に溶解したが、化合物Cはこれに溶解しなかった。化合物Bの炭素鎖に枝分かれ構造は無かった。化合物Bは化合物Cより分子量が大きく、化合物Bと化合物Cの分子量の差は74であった。化合物Cは、ヨードホルム反応を示した。

- (a) 化合物Bと化合物Cの名称と構造式を答えよ。
- (b) 鎖式炭化水素A 1.00 gに十分な量の臭素 Br_2 を反応させた場合、生成物の質量は何gか。また、生成物に不斉炭素原子は何個生じるか。

問題は次ページに進む

問(2) 次の文章を読み、以下の設問(a)～(e)に答えよ。

(i) アセチレン C_2H_2 は、カーバイド CaC_2 に水を加えて作られる。熱した鉄にアセチレンを接触させると、ベンゼンが合成される。ベンゼンに混酸（濃硝酸と濃硫酸）を作用させると、ニトロベンゼンが生じる。(ii) ニトロベンゼンに対して、濃塩酸とスズで還元を行うと、アニリン塩酸塩が形成される。アニリン塩酸塩に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、アニリンが遊離する。アニリンに氷酢酸を加えて加熱すると、アセトアニリドが合成される。

(a) 下線部(i)の反応は、次の①～⑥のうちのどれに該当するか。最も適切なものを一つ選び、記号で答えよ。

- ① 付加重合 ② 接触分解 ③ 触媒反応
④ 酸塩基反応 ⑤ 脱水反応 ⑥ 縮合反応

(b) ベンゼンを空气中で燃焼させると、多量の”すす”が生じる。この理由を説明せよ。

(c) 下線部(ii)の反応を化学反応式で示せ。

(d) 氷酢酸の沸点(118°C)は、同じ分子量をもつプロパノールの沸点(97°C)よりも高い。この理由を簡潔に述べよ。

(e) カーバイド1.00 gから一連の反応を行うと、最大何gのアセトアニリドが得られるか。

[余 白]

化学の問題はここまで

