

前期日程

令和2年度入学試験問題（前期日程）

化 学

（理 工 学 部）

—— 解答上の注意事項 ——

1. 「解答始め」の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は全部で8ページあります。落丁、乱丁又は印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせなさい。
3. 解答紙4枚と計算紙1枚は、糊付けされています。「解答始め」の合図があったら、初めにすべての用紙を丁寧に切り離しなさい。上手に切り離せない場合や誤って破いてしまった場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
4. 問題は①から④まで4問あります。解答は、必ず解答紙の指定された箇所に記入しなさい。
5. 計算問題においては、計算式も記述しなさい。
6. 解答しない問題がある場合でも、解答紙4枚すべてを提出しなさい。
7. 試験終了後、問題冊子と計算紙は持ち帰りなさい。

化 学

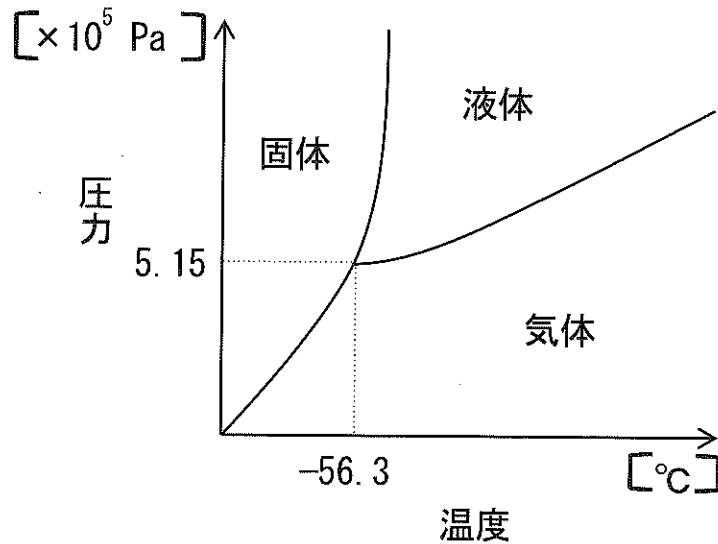
必要があれば，原子量は以下の値を使いなさい。

H 1.0

C 12

O 16

- 1 下図は二酸化炭素の状態図である。この状態図から、海面上での大気圧(大気圧)では、①いかなる温度でも とはならず、②固体を大気中に放置すると することが分かる。以下の問いに答えなさい。ただし、計算においては計算式も書きなさい。



- (1) 上記の文章の と に入る適切な語を答えなさい。
- (2) 下線①の理由を20字以内で答えなさい。
- (3) 下線②の固体は一般的に何と呼ばれるか答えなさい。
- (4) 大気圧下で氷を加圧すると水になる。これは、水の状態図が二酸化炭素のそれとどのように異なるからか、状態図の概略を描くとともに、その理由を25字以内で答えなさい。なお、具体的な数値の記入は不要である。
- (5) 0°C の氷100 gを加熱して、すべて 100°C の水蒸気にする。このとき吸収される熱量は何kJか、有効数字3桁で答えなさい。ただし、水1.00 gを1 K上昇させるために必要な熱量は4.20 J、水の 100°C での蒸発熱を41.0 kJ/mol、氷の 0°C での融解熱を6.00 kJ/molとする。

2

酸化と還元に関する次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

①銅を空气中で加熱すると酸化銅が生成する。このように、酸素を 反応を酸化という。②酸化銅を加熱して水素と反応させると銅に戻る。酸素を 反応を還元という。別の表現では、水素を 反応を酸化といい、水素を 反応を還元という。また、電子を 反応を酸化、電子を 反応を還元という。

剤の一種である③過マンガン酸イオンのマンガンは+7の酸化数であるが、 剤との反応により、酸性では+7の酸化数から の酸化数に されるのに対し、④中性・塩基性では+7の酸化数から の酸化数に される。

酸化数を割り当てる規則はおおよそ次のとおりである。

- 1.単体の形においてどんな元素の酸化数も である。
- 2.単純なイオン(1原子)の酸化数はそのイオンの に等しい。
- 3.中性化合物中のすべての原子のすべての酸化数の合計は である。
- 4.化合物中の酸素の酸化数はほとんどが であり、水素の酸化数はほとんどが である。例外的に、 H_2O_2 のような過酸化物中のO、 NaH のような金属水素化物中のHは-1とする。
- 5.多原子イオンのようなものの場合、そのイオンを構成する原子の酸化数の総和は、そのイオンの全体としての に等しい。

- (1) ~ にあてはまる適切な語句・数値を答えなさい。
- (2) 下線部①、②に関連して、酸化銅が生成する反応式と銅に戻る反応式を示しなさい。
- (3) 下線部③、④に関連して、過マンガン酸イオンの反応を電子 e^- を用いたイオン反応式で示しなさい。

(4) 下記の気体を得たい。

(a) 塩素, (b) 水素

次の物質のうち, どの2つを混合させればよいか答えなさい。また, その時の反応式を示しなさい。なお, 同じ物質を2度使ってはならない。

亜鉛, 塩酸, 過酸化水素水, 希硫酸, 銀,
酸化アルミニウム, 銅, 二酸化マンガン

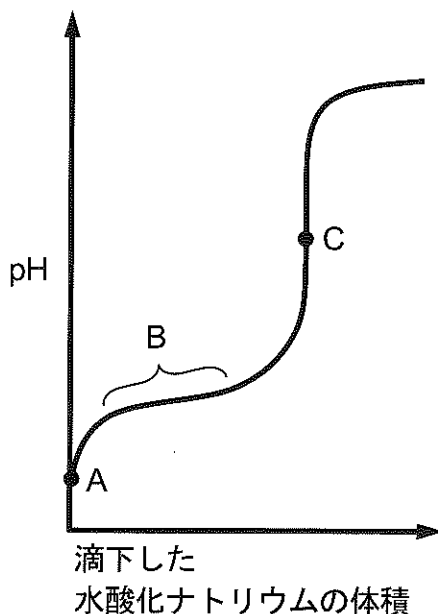
(5) 硫酸酸性中で過酸化水素と下記の化合物を反応させた場合, 過酸化水素は酸化剤として作用するか, 還元剤として作用するか答えなさい。また, その反応式を示しなさい。

(a) 過マンガン酸カリウム

(b) ヨウ化カリウム

- 3 中和滴定に関する次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。ただし、計算においては計算式も書きなさい。また、必要があれば $\log_{10} \sqrt{2} = 0.15$, $\log_{10} \sqrt{3} = 0.24$, $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} \sqrt{5} = 0.35$, $\log_{10} \sqrt{7} = 0.42$ を用いなさい。

0.20 mol/L 酢酸水溶液 10 mL に 0.050 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を滴下したときの pH 変化は右図のようになった。このように、中和滴定における pH 変化を図示したものを **ア** という。酢酸の電離度は小さいため、点 A の pH は同濃度の強酸よりも **イ** 。区間 B では水酸化ナトリウムを滴下しても pH の変化が小さい。これは、中和によって生じた **a** と未反応の **b** がともに多量に存在し、 **ウ**



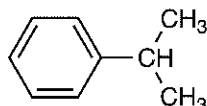
液となっているためである。点 A の直後では、中和反応が始まったばかりなので **a** の濃度が小さく、中和点である点 C の直前では中和によって **b** がほとんど消費されているため、いずれも **ウ** 作用が小さく、pH は大きく変化する。中和点 C は **a** の水溶液となっているが、酢酸イオンの一部が水と反応するために **エ** を示す。 中和点 C を超えると **c** の濃度が大きくなるために pH はさらに上昇する。

- (1) **ア** ~ **エ** にあてはまる適切な語句と **a** ~ **c** にあてはまる適切な化学式をそれぞれ答えなさい。
- (2) 酢酸と水酸化ナトリウムの中和反応式を示しなさい。
- (3) 中和点 C における化合物 **a** の濃度を答えなさい。
- (4) 下線部①の平衡反応式を示しなさい。

- (5) 酢酸イオンの加水分解定数 K_b を酢酸の電離定数 K_a と水のイオン積 K_w を用いて表しなさい。ただし、加水分解する酢酸イオンの割合は非常に小さく、また、水の濃度は一定とみなせるものとする。
- (6) 酢酸の電離定数 K_a が $2.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、水のイオン積 K_w が $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ のとき、中和点CにおけるpHを答えなさい。

4 有機化合物に関する問いに答えなさい。なお、構造式は例にならって示しなさい。

(構造式の例)



分子式 $C_{12}H_{20}O_4$ で表されるエステルAがある。エステルAを完全に加水分解したところ、化合物Bと化合物Cを1:2のモル比で得た。化合物Bは水に溶解して弱酸性を示し、分子式は $C_4H_4O_4$ だった。さらに、化合物Bを臭素を含む溶液に加えて攪拌したところ、溶液は無色に変化した。

- (1) 化合物Bを $160^{\circ}C$ に加熱しても変化しなかったが、化合物Bの立体異性体である化合物Dを $160^{\circ}C$ に加熱すると、 $C_4H_2O_3$ の分子式を持つ化合物Eに変化した。化合物Bと化合物Dと化合物Eの構造式をそれぞれ示しなさい。
- (2) 水への溶解度は化合物Bと化合物Dで異なっている。どちらが水への溶解度が大きい理由を含めて30字以内で書きなさい。
- (3) 化合物Cの分子式を示しなさい。
- (4) 化合物Cにはいくつかの構造異性体が考えられる。それらの構造式をすべて示しなさい。
- (5) 化合物Cの構造を知るために、酸化反応を試みたが変化しなかった。この結果から化合物Cの構造式を示しなさい。