

令和4年度入学者選抜学力検査問題

- 10時00分—11時30分 地域デザイン科学部志願者(社会基盤デザイン学科を志願した者)
- 9時30分—11時30分 工学部志願者(基盤工学科を志願した者)
- 10時00分—11時30分 農学部志願者(生物資源科学科・応用生命化学科・森林科学科を志願した者)

理 科

(本文 26 ページ)

{注意}

1. 検査開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけない。
2. 「受験番号」は、解答用紙の受験番号欄に忘れずに記入すること。
3. この問題冊子には、「物理1頁～10頁(5問題)」、「化学11頁～19頁(3問題)」、「生物20頁～26頁(3問題)」の3科目の問題がある。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は、申し出ること。
4. 解答は、必ず解答用紙の解答欄に記入すること。所定の欄以外に記入したものは、無効である。
5. 地域デザイン科学部「社会基盤デザイン学科」の志願者は、物理の第1問～第4問を解答すること。
6. 工学部「基盤工学科」の志願者は、届け出た1科目を選択し、物理は第1問～第5問を、化学は第1問～第3問を解答すること。
7. 農学部「生物資源科学科」の志願者は、届け出た1科目を選択し、化学は第1問～第2問を、生物は第1問～第3問を解答すること。「応用生命化学科」の志願者は、化学の第1問～第2問を解答すること。「森林科学科」の志願者は、届け出た1科目を選択し、物理は第1問～第3問を、化学は第1問～第2問を、生物は第1問～第3問を解答すること。
8. 問題または解答用紙に指示がある場合は、必ず計算過程も記入すること。
9. 計算用紙は別に配付しないので、問題冊子の余白を使うこと。

化 学

(答えは解答用紙の所定欄に記入せよ。)

第1問から第3問について、必要があれば、次の数値を使うこと。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $Cl = 35.5$

気体はすべて理想気体とする。

$\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$

$\sqrt{2} = 1.414$, $\sqrt{3} = 1.732$, $\sqrt{5} = 2.236$

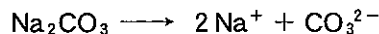
第1問 以下の問1～問6に答えよ。

問1 炭酸ナトリウム水溶液の電離に関する次の文章を読み、以下の問い(1)～(3)に答えよ。

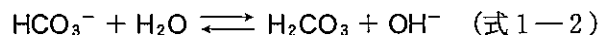
純水を空気中に放置すると、空気中の二酸化炭素が溶けて、炭酸 H_2CO_3 の水溶液になる。 H_2CO_3 は次のように電離する。 K_1 と K_2 はそれぞれの式の電離定数であり、値は下記の通りとする。



一方、炭酸ナトリウム Na_2CO_3 は水に溶かすと次のように電離する。



さらに、炭酸ナトリウム水溶液中の炭酸イオン CO_3^{2-} は次のように電離する。



式1-1と式1-2の電離定数をそれぞれ K_{b1} と K_{b2} とする。また、水のイオン積は $K_w = [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。

- (1) K_{b1} と K_{b2} を K_1 , K_2 , K_w で表せ。
- (2) K_{b1} と K_{b2} のどちらが大きいか。解答欄の「>」を用いて示せ。
- (3) (2)で K_{b1} と K_{b2} の値には大きな差があるため電離定数の大きい方の反応のみを考えればよい。この場合に 0.0500 mol/L の炭酸ナトリウム水溶液の pH を有効数字 3 桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。

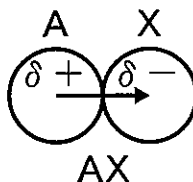
問 2 中和滴定に関する次の文章を読み、以下の問い(1)~(6)に答えよ。

- ① 0.0500 mol/L 炭酸ナトリウム水溶液を調製した。炭酸ナトリウムをビーカーにはかり取り、純水を加えて溶かし、 に移した。用いたビーカーを少量の純水で何度か洗い、この液(洗液)も 内に移した。 の標線まで水を加えて 250 mL とし、栓をしてよく振り混ぜた。
- ② 次に を用いて①の水溶液 25.0 mL をコニカルビーカーにはかり取った後、純水を加えた。
- ③ ②の水溶液にメチルオレンジ溶液を 1 滴加えた。
- ④ 濃度未知の塩酸を に入れ、液を少し流して活栓(コック)の下の空気を追い出した後、液面の目盛りを最小目盛りの $\frac{1}{10}$ まで読んだ。
- ⑤ ③の水溶液に④の水溶液を少しずつ滴下し、振り混ぜた。溶液の色が黄色から赤色に変化し、振り混ぜても変わらなくなった時の の目盛りを読んだ。

- (1) ~ に入る適切なガラス器具名を答えよ。
- (2) ~ のガラス器具のうち、純水で洗浄後そのまま(ぬれたまま)使用してよいすべての器具を記号で答えよ。さらにその理由を簡潔に記せ。

- (3) ①で用いた炭酸ナトリウムの量[g]を有効数字3桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。
- (4) ⑤で中和反応が完結する。この中和点までの化学反応式を記せ。
- (5) ⑤の中和反応の完結に要した滴定量は25.00 mLであった。塩酸の濃度[mol/L]を有効数字3桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。
- (6) 12 mol/Lの濃塩酸の密度を測定したところ、 1.18 g/cm^3 であった。この溶液の質量パーセント濃度[%]を有効数字2桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。

問3 HCl, H_2O , CO_2 , NH_3 , CH_4 , Cl_2 のうち分子全体として極性をもつすべての分子を選び、それらの電荷のかたよりを下記の仮想分子AXを参考にして、 $\delta+$ から $\delta-$ 方向に矢印で示せ。なお、作図する際の原子の大小は問わない。



問4 Naは体心立方格子の結晶構造をとり、単位格子の一辺の長さは、0.429 nmである。結晶中でのNa原子は球体で原子どうしが接しているとする。この場合のNa原子の半径[nm]を有効数字3桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。

問5 Naは ^{23}Na が安定同位体である。 ^{23}Na の陽子数、中性子数、電子数を答えよ。

問6 Naと水、Naと乾燥空気との反応の反応式をそれぞれ記せ。

第2問 次の文章を読んで、以下の問1および問2に答えよ。

問1 分子式が $C_5H_{12}O$ であらわされる化合物 A~G がある。これらの化合物が以下に示す(a)~(e)の各条件に該当するか否かを表2-1にまとめた。以下の問い(1)~(9)に答えよ。

- (a) ナトリウムと反応して水素を発生する。
- (b) ヨードホルム反応を示す。
- (c) 鏡像異性体が存在する。
- (d) クロム酸によって容易に酸化される。
- (e) クロム酸によって酸化された後、エステルに誘導できる。

表2-1 化合物 A~G の性質をまとめた表

	A	B	C	D	E	F	G
(a)	○	○	○	○	○	×	×
(b)	○	×	×	×	×	×	×
(c)	○	○	×	×	×	○	×
(d)	○	○	○	○	×	×	×
(e)	×	○	○	×			

○：該当する，×：該当しない

- (1) 化合物 A~G は条件(a)によって化合物 A~E と化合物 F~G の二種類に分けられる。これらの一般名を答えよ。
- (2) 条件(b)のヨードホルム反応を示す化合物は一般的にどのような構造を持つ化合物であるか、構造式を二つ答えよ。なお、解答する構造式は化合物 A~G とは関係なく、例に示したようにその他の炭化水素基または H を R で表せ(例： $R-CH_2-O-CH_3$)。

- (3) 化合物 A, B, F は条件(c)に該当し鏡像異性体が存在する。一般的にどのような構造であれば鏡像異性体が存在するのか簡単に説明せよ。
- (4) 化合物 A~D は条件(d)に該当するが、化合物 E は酸化されにくい。化合物 E の一般名を答えよ。
- (5) 化合物 B~C は条件(e)で示されるようにクロム酸によって酸化された後にエステルに誘導することができる。化合物 B~C の酸化によって得られる化合物の一般名を答えよ。
- (6) 化合物 A~G に相当する化合物をそれぞれ一つだけ構造式で答えよ。なお、あてはまる化合物が複数ある場合でも解答は一つだけでよい。
- (7) 炭素, 水素, 酸素のみからなる化合物 H (12.2 mg) を完全燃焼させたところ, 二酸化炭素 (35.2 mg) と水 (9.00 mg) が生じた。化合物 H の組成式を求めよ。なお, 計算過程も記せ。
- (8) 化合物 B を, クロム酸によって酸化した。これを化合物 H と反応させると分子量 206 のエステルとなった。このエステルの分子式を答えよ。
- (9) 化合物 H は表 2—1 の条件(a)~(d)が該当し, (e)だけは該当しない。化合物 H の構造式を一つだけ答えよ。なお, あてはまる化合物が複数ある場合でも解答は一つだけでよい。

問 2 タンパク質に関する次の文章を読んで、以下の問い(1)~(3)に答えよ。

タンパク質は、多数の α -アミノ酸が縮合重合したポリ である。

タンパク質の分子構造には、一次構造、二次構造、三次構造および四次構造がある。 α -アミノ酸の分子間で、^① と が脱水縮合して生じるアミド結合は、特に 結合と呼ばれる。実際のタンパク質は、イオン結合や、システインどうしの 結合などが関与し、複雑に折りたたまれ、各タンパク質に特有の立体構造をとる。

タンパク質は次のような特有の呈色反応を示し、その検出に利用される。

- a. タンパク質水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加え塩基性にした後、少量の硫酸銅(II)水溶液を加えると赤紫色になる。この反応を といい、 個以上の 結合を持つ物質が呈色する。
- b. タンパク質を構成するアミノ酸としてシステインやメチオニンが存在する場合、タンパク質水溶液に濃い水酸化ナトリウム水溶液、または水酸化ナトリウムの固体を加えて加熱した後に、酢酸鉛(II)水溶液を加えると、化合物 X の沈殿が生じる。
- ^② c. タンパク質水溶液にニンヒドリン水溶液を加えて温めると、赤紫~青紫色に呈色することがある。これはアミノ酸やタンパク質に が存在するためである。
- d. タンパク質を構成するアミノ酸として芳香族アミノ酸が存在する場合、タンパク質水溶液に を加えて加熱すると黄色になり、冷却後アンモニア水を加えると橙黄色になる。この反応をキサントプロテイン反応といい、タンパク質分子中のベンゼン環の によっておこる。

(1) ~ にあてはまる適切な語句を記せ。

(2) 下線部①のタンパク質の二次構造とは何か、次の括弧内の3つの語句を全て用いて説明せよ。(水素結合、らせん構造、 β -シート)

(3) 下線部②の化合物 X の色と化学式をそれぞれ記せ。

第3問 水素，酸素，二酸化炭素が関わる以下の問1～問3に答えよ。

問1 クリーンな燃料である水素に関する以下の問い(1)～(2)に答えよ。

(1) 水素 H_2 と酸素 O_2 を外部から供給し化学エネルギーを電気エネルギーへ変換するシステムを燃料電池と呼ぶ。燃料電池の電解質として「リン酸水溶液」を利用した場合，負極および正極ではどのような反応が進行するかを，反応式を用いて答えよ。

(2) 水溶液の電気分解において，陰極より水素 H_2 を，陽極より酸素 O_2 を発生させたい。適切な「水溶液と陽極の組み合わせ」は複数考えられるが，以下の語句を1回のみ用いて2つの組み合わせを答えよ。

水溶液：硫酸水溶液(希硫酸)，硫酸銅(Ⅱ)水溶液，水酸化ナトリウム水溶液，塩化ナトリウム水溶液，塩化銅(Ⅱ)水溶液，硝酸銀(Ⅰ)水溶液

陽極：銀，白金，銅，ニッケル，亜鉛，炭素(黒鉛)

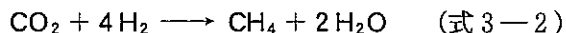
問2 二酸化炭素の再利用に関する次の文章を読み，以下の問い(1)～(2)に答えよ。

二酸化炭素と，水の電気分解で生じる水素を反応させて，化学原料や燃料となるメタノールやメタンを合成する反応が注目されている。

例えば，二酸化炭素と水素からメタノールと水が生成する反応



と，二酸化炭素と水素からメタンと水が生成する反応



である。

- (1) 式 3-1 と式 3-2 の反応において、メタノールと水が液体で他の化合物が全て気体である場合、二酸化炭素 1 mol が反応した場合の反応熱 [kJ] をそれぞれ求めよ。なお、導出過程も示し、解答は整数で答えよ。また、計算には表 3-1 に示す各化合物の燃焼熱を用いること。

表 3-1 化合物と燃焼熱

化合物	燃焼熱 [kJ/mol]
H ₂ (気)	286
CH ₃ OH(液)	726
CH ₄ (気)	891

- (2) 式 3-1 と式 3-2 の反応は、発熱反応と吸熱反応のいずれか答えよ。

問 3 二酸化炭素と水素の反応における各化合物の濃度変化に関する次の文章を読み、以下の問い(1)~(5)に答えよ。

二酸化炭素と水素の反応について詳しく調べた。容積一定の密閉容器に所定量の二酸化炭素、水素、触媒を導入し、温度 T_1 (K) で反応を行ったところ、式 3-1 と式 3-2 の反応のみが同時に進行した。この時、各化合物は全て気体であり、その濃度の時間変化は表 3-2 のようになった。

表 3-2 各化合物の濃度の時間変化

時間 (min)	濃 度				
	CO ₂ (mol/L)	H ₂ (mol/L)	CH ₃ OH (mol/L)	CH ₄ (mol/L)	H ₂ O (mol/L)
0	0.500	2.000	0.000	0.000	0.000
1	0.452	1.844	0.036	0.012	0.060
2	0.409	1.704	0.068	0.023	<i>P</i>
3	0.371	1.581	0.097	0.032	0.161
4	0.335	1.464	0.124	0.041	0.206
5	0.303	1.360	0.148	0.049	0.246

- (1) 時間1分から5分までの各化合物の反応(減少)速度あるいは反応(増加)速度を求めよ。なお、計算過程も示し、有効数字2桁の正の値で答えよ。
- (2) 式3-1によるメタノール生成と式3-2によるメタン生成に関して、同じ反応時間における生成量を比較してどちらがより進行しているかを答えよ。解答は、以下の文章のAとBに「式3-1の反応」、式3-2の反応」のいずれかを、Cに有効数字2桁の数字を記入すること。

が の 倍進行している。

- (3) 表3-2のPの値を有効数字3桁で答えよ。また、導出過程も記せ。
- (4) 同じ反応条件下で触媒を用いたときに反応速度が大きくなる理由について、「活性化エネルギー」という語句を用いて説明せよ。
- (5) 触媒を用いる以外に、反応速度を大きくするための方法を1つ答えよ。