

令和 4 年度

長崎県立大学看護栄養学部栄養健康学科

個別学力検査等試験【前期日程】

化学基礎・化学

(90 分)

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子の最終ページは、14 ページです。
試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
3. 解答用紙は、5 枚あります。
監督者の指示に従って、解答用紙 5 枚すべてに受験番号を正しく記入してください。
4. 解答は、問題ごとに、解答用紙の所定の欄に記入してください。
5. 問題冊子には、白紙のページがありますので、下書き用紙として利用してください。
6. 問題冊子は持ち帰ってください。

〔注意〕

1. 計算に必要な場合は次の数値を用いなさい。

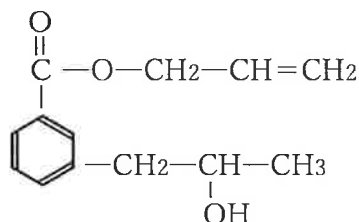
原子量： H=1.0 C=12.0 O=16.0 Na=23.0 Cu=63.5 Ag=108.0

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 水のイオン積： $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$

標準状態の気体 1mol の体積：22.4 L

$\log_{10} 2.0 = 0.30$ $\log_{10} 3.0 = 0.48$

2. 構造式の記入例



第1問 次の〔1〕、〔2〕の文章を読み、問1から問9に答えなさい。

- 〔1〕 周期表の第2周期に属する炭素、窒素、酸素、フッ素およびネオンの各原子とその化合物について、問1から問5に答えなさい。

問1 ネオン原子の価電子数を答えなさい。

問2 炭素、窒素、酸素、フッ素、ネオンのなかで、その原子半径が最も小さい原子はどれか。その元素記号を答えなさい。

問3 次の(ア)～(オ)の記述のなかで正しいものをすべて選び、その符号を答えなさい。

(ア) メタン分子は炭素原子を中心に4つの水素原子を各頂点とした正四面体構造である。

(イ) アンモニア分子では1つの窒素原子と3つの水素原子がすべて同一平面上に存在している。

(ウ) 水分子は折れ線(V字)形構造をした極性分子である。

(エ) フッ化水素分子はフッ素原子の電気陰性度が極めて大きいためイオン結合でできている。

(オ) 18族のネオンは自然界に二原子分子として存在している。

問4 例を参考に(1)二酸化炭素分子、(2)過酸化水素分子、それぞれの電子式を答えなさい。



問5 フッ素の水素化合物であるフッ化水素について、次の(1)、(2)に答えなさい。

(1) 実験室では、ホタル石 (CaF_2) に塩酸を作用させてフッ化水素を得ることができる。この変化を化学反応式で答えなさい。

(2) フッ化水素の水溶液であるフッ化水素酸の保存方法について簡潔に答えなさい。

[2] 図1-1は金属Aの、図1-2は金属Bのそれぞれの結晶格子を模式的に表した単位格子である。それぞれの単位格子を構成している原子●はすべて均一な球体であり、最も近くに存在する原子どうしが接しているものとする。

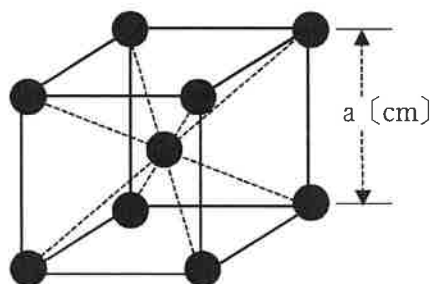


図1-1

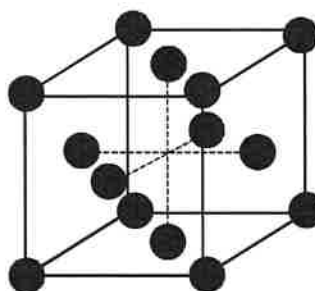


図1-2

問6 図1-1の結晶格子の名称を答えなさい。

問7 図1-2の結晶格子について、次の(1)、(2)に答えなさい。

(1) 単位格子に含まれるB原子の原子数

(2) 1個のB原子に接しているB原子の数(配位数)

問8 原子Aの原子半径が r_A [cm] であるとき、図1-1の単位格子の一辺の長さ a [cm] を表す式を下の例を参考に答えなさい。また、解答欄には計算過程も記すこと。

例 $\frac{\sqrt{3}}{4} r_A$

問9 図1-2の単位格子の体積中に占めるB原子の体積の割合を表す式を上問8の例を参考に答えなさい。ただし、円周率を π とし、また、解答欄には計算過程も記すこと。

第2問 次の[1]、[2]の文章を読み、問1から問10に答えなさい。

- [1] 水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合物 w [g] 中に含まれる水酸化ナトリウムの質量パーセント [%] を調べるために、図2の実験器具A～Dを使用して下に示す[実験操作] ①～④の順で中和滴定の実験を行った。

[使用した実験器具]

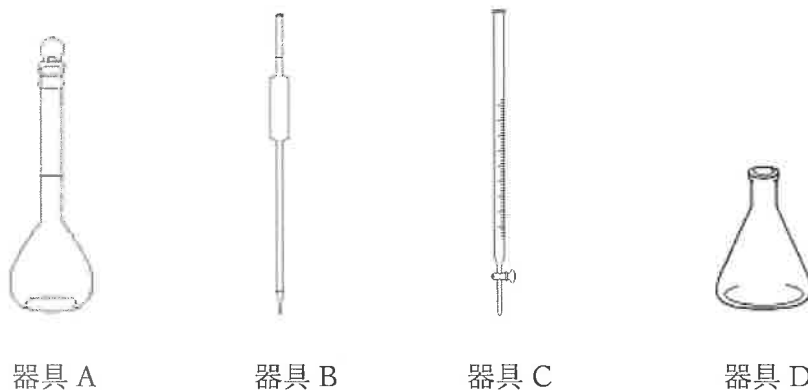


図2

[実験操作]

- ① 水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合物 w [g] を約 50mL の純水に完全に溶かしたのちすべてガラス器具Aに入れ、さらに純水を加えて 100mL とした。
- ② 器具Bを用いて、①で作った水溶液を 10mL はかり取り器具Dに入れた。その後指示薬としてフェノールフタレイン溶液を数滴加えた。
- ③ 器具Cに入れた 0.10mol/L の塩酸で器具D内の水溶液を中和滴定したところ、最初から 18mL 滴下したところで(a)溶液の色が変化したので、中和反応の第一段階の終点とした。
- ④ さらに、指示薬としてメチルオレンジ溶液を数滴加え中和滴定を続けたところ、最初から 28mL 加えたところで溶液の色が変化したので第二段階の終点とし中和滴定を終了した。

問1 器具Bの名称を答えなさい。

問2 この中和滴定の実験において、器具 A および器具 C の使い方として最も適しているものを(ア)～(カ)からそれぞれ一つずつ選び、その符号を答えなさい。

- (ア) 水道水で洗浄後、純水ですすぎ、加熱乾燥させて使用する。
- (イ) 水道水で洗浄後、純水ですすぎ、濡れたまま使用する。
- (ウ) 純水で洗浄後、使用する水溶液ですすぎ、加熱乾燥させて使用する。
- (エ) 純水で洗浄後、使用する水溶液ですすぎ、濡れたまま使用する。
- (オ) 純水で洗浄後、水道水ですすぎ、加熱乾燥させて使用する。
- (カ) 純水で洗浄後、水道水ですすぎ、濡れたまま使用する。

問3 [実験操作] ③の下線部(a)について、下の例を参考に色の変化を答えなさい。

例 青色 から 黒色

問4 混合物中に含まれる水酸化ナトリウムの質量パーセント〔%〕を有効数字2桁で答えなさい。また、解答欄には計算過程も記すこと。

- [2] 図3のように、鉛蓄電池を電源として 0.10mol/L の硝酸銀水溶液 250mL が入った電気分解槽(I)と、 0.30mol/L の硫酸銅(II)水溶液 250mL が入った電気分解槽(II)をつなぎ、 1.0A の直流電流を1時間20分25秒間流して変化を観察した。電気分解槽(I)、(II)の電極(a)(b)(e)(f)にはすべて白金を使用した。また、電極(c)(d)は鉛蓄電池のそれぞれの電極である。電気分解を開始すると、電極(a)と(e)からは気体の発生が、電極(b)と(f)には金属の析出がそれぞれ観察された。また、その後一定時間が経過すると電極(b)からは気体の発生が観察されるようになった。電気分解終了後、電気分解槽(I)の水溶液に塩化ナトリウム水溶液を数滴加えたが変化は観察されなかった。

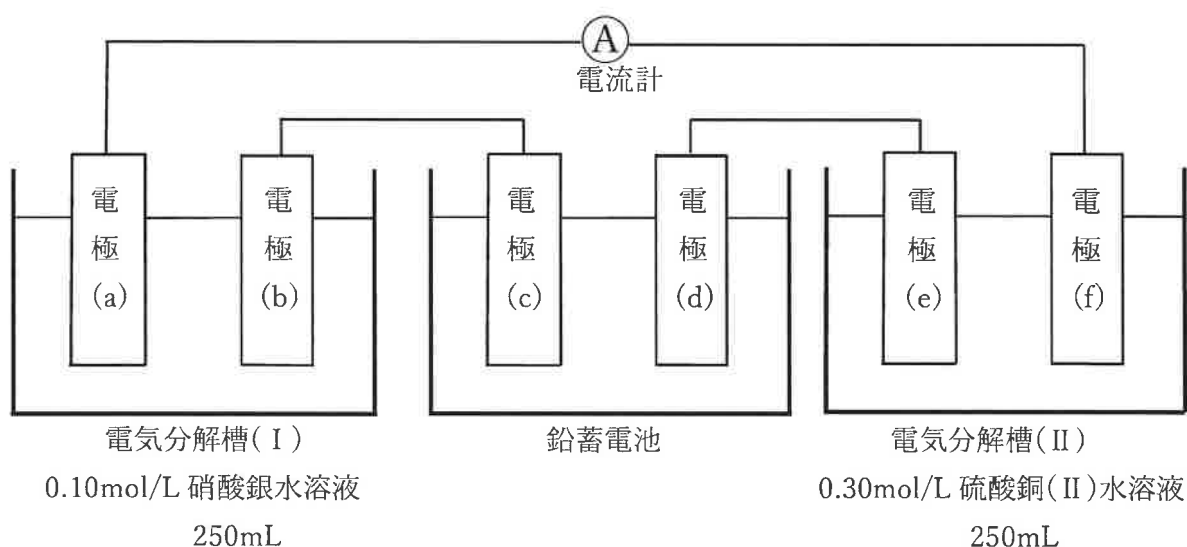


図3

問5 電池と電気分解に関する(ア)～(オ)の記述のなかで、正しいものをすべて選び、その符号を答えなさい。

- (ア) 化学変化に伴って発生する化学エネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置を電池といい、すべての電池は充電して再使用できる。
- (イ) リチウム電池などに使用される金属リチウムはイオン化傾向が大きいため、そのイオンを含む水溶液を電気分解しても還元されにくい。
- (ウ) ボルタの電池では通電後しばらくすると電流が流れにくくなる。この現象を減極という。
- (エ) 銅は電解精錬によって純度の高い銅を得ることができる。その際、比較的高い電圧を長時間必要とする。
- (オ) 燃料電池では、発電しているときに二酸化炭素を発生しない。

問6 電気分解が行われているとき、電極(a)～(f)のなかで還元反応が起きている電極をすべて選び、その符号を答えなさい。

問7 この電気分解の前後で、鉛蓄電池の(1)電極(c)の色、(2)電極(d)の質量、(3)電解質溶液の密度、はそれぞれどのように変化したか。変化の組み合わせとして最も適しているものを(ア)～(カ)より一つ選び、その符号を答えなさい。

	(1)電極(c)の色	(2)電極(d)の質量	(3)電解質溶液の密度
(ア)	白っぽくなった	変わらない	大きくなった
(イ)	白っぽくなった	重くなった	変わらない
(ウ)	白っぽくなった	重くなった	小さくなった
(エ)	黒くなった	変わらない	大きくなった
(オ)	黒くなった	軽くなった	変わらない
(カ)	黒くなった	軽くなった	小さくなった

問8 電気分解が行われているとき、電極(a)および電極(c)で起こるそれぞれの変化を電子 e^- を用いたイオン反応式で答えなさい。

問9 この電気分解において析出・発生した(1)～(3)の量をそれぞれ有効数字2桁で答えなさい。また、解答欄には計算過程も記すこと。ただし、発生した気体は水溶液に溶けないものとする。

- (1) 電極(b)で析出した金属の質量 [g]
- (2) 電極(f)で析出した金属の質量 [g]
- (3) 電極(e)で発生した気体の標準状態での体積 [L]

※問題は次のページに続きます。

問 10 電気分解槽(Ⅰ)の水溶液の液性について、次の(1)、(2)のときの記述として最も適しているものを一つずつ選び、その符号を答えなさい。ただし、電気分解は理論通りに進行したものとする。

(1) 電気分解を行う前の水溶液の液性

(ア) 酸性である。 (イ) 中性である。 (ウ) 塩基性である。

(2) 電気分解を行っているときの水溶液の液性

(エ) 電気分解の時間経過とともに少しずつ酸性が強くなる。

(オ) 電気分解開始直後から少しずつ酸性が強くなるが、一定時間経過後はほぼ変化しなくなる。

(カ) 電気分解開始直後から少しずつ酸性が弱くなるが、一定時間経過後はほぼ変化しなくなる。

(キ) 最初から最後までほぼ変化しない。

(ク) 電気分解開始直後から少しずつ塩基性が弱くなるが、一定時間経過後はほぼ変化しなくなる。

(ケ) 電気分解開始直後から少しずつ塩基性が強くなるが、一定時間経過後はほぼ変化しなくなる。

(コ) 電気分解の時間経過とともに、少しずつ塩基性が強くなる。

[余白]

※問題は次のページに続きます。

第3問 次の[1]、[2]の文章を読み、問1から問6に答えなさい。

- [1] 濃度 C [mol/L] の酢酸ナトリウム水溶液中では、酢酸ナトリウムは(1)のように完全に電離している。



また、水溶液中に生じた酢酸イオンは加水分解され(2)の電離平衡が成り立っている。



ここで、水溶液中の酢酸分子、酢酸イオン、水酸化物イオンのモル濃度 [mol/L] をそれぞれ $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 、 $[\text{OH}^-]$ で表すと、(2)の平衡定数 K_h はこれらを用いて次のように表すことができる。

$$K_h = (\quad \text{①} \quad)$$

また、酢酸の電離定数を K_a [mol/L]、水のイオン積を K_w [mol²/L²] で表わすと、(2)の平衡定数 K_h は K_a と K_w を用いて、

$$K_h = (\quad \text{②} \quad) \text{ と表わされる。}$$

一方、(2)で加水分解されている酢酸イオンの割合を h とすると、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 、 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 、 $[\text{OH}^-]$ はそれぞれ C と h を用いて次のように表わされる。

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = (\quad \text{③} \quad)$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{OH}^-] = (\quad \text{④} \quad)$$

ここで、 h は極めて小さいため $1-h \doteq 1$ とみなすことができる。したがって、(2)の平衡定数 K_h は C と h を用いて

$$K_h \doteq (\quad \text{⑤} \quad) \text{ と表すことができる。}$$

(②)、(⑤)より、加水分解されている酢酸イオンの割合 h は、 K_w と K_a および C を用いて、

$$h = (\quad \text{⑥} \quad) \text{ と表される。}$$

このことから、水溶液中の水酸化物イオン濃度を表す式が求められ、最終的に水溶液中の $[\text{H}^+]$ は、 K_w と K_a および C を用いて次のように表わされる。

$$[\text{H}^+] = (\quad \text{⑦} \quad)$$

このようにして、酢酸ナトリウム水溶液の pH をそのモル濃度と電離定数を用いて求めることができる。

問1 文中の空欄(①)～(⑦)に適する文字式等を答えなさい。

問2 0.20 mol/L のアンモニア水 1.0L に塩化アンモニウム(固)0.10mol を加えた水溶液の pH を有効数字 2 桁で答えなさい。また、解答欄には計算過程も記すこと。ただし、塩化アンモニウム(固)を加えたことによる水溶液の体積変化はないものとし、アンモニアの電離定数を $K_b = 2.0 \times 10^{-5}$ mol/L とする。

[2] アンモニアはアンモニウム塩や(a)肥料の原料等であるとともに、火薬や医薬品の合成などに広く用いられるため、下の(1)で表される化学平衡を用いて効率よく作られている。この工業的製法を(①)法という。



効率よく大量にアンモニアを合成するには、反応速度や平衡移動などの条件を整える必要がある。この工業的製法では、反応速度の条件から温度を(②)く保つとともに(③)を用いている。一方、平衡移動の条件からは圧力を(④)く保っている。また、反応系には常に窒素と水素を供給するとともに、生成したアンモニアを(⑤)して液体として取り出すなどしている。

アンモニアは無色・刺激臭の水によく溶ける気体であり、水溶液中ではアンモニア分子の一部が水素イオンと(⑥)結合をしてアンモニウムイオンとなっている。また、一部の金属イオンとも(⑥)結合をして(b)錯イオンを形成することが知られている。

問3 文中の空欄(①)～(⑥)に適する語句等を答えなさい。

問4 下線部(a)について、アンモニアと二酸化炭素から尿素が生成する変化を化学反応式で答えなさい。

問5 下線部(b)について、次の(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 銀イオンとアンモニアから生成する錯イオンのイオン式
- (2) 銅(Ⅱ)イオンとアンモニアから生成する錯イオンの色
- (3) 亜鉛(Ⅱ)イオンとアンモニアから生成する錯イオンの形

問6 NH_3 (気)の生成熱 $[\text{kJ/mol}]$ を整数で答えなさい。ただし、 N_2 (気)、 H_2 (気)、 N-H (気)の結合を切断するにはそれぞれ 946kJ/mol、436kJ/mol、391kJ/mol が必要である。また、解答欄には計算過程も記すこと。

第4問 次の[1]、[2]の文章を読んで、問1から問11に答えなさい。

- [1] 炭素、水素、酸素だけからなる有機化合物Xは、その分子内にベンゼン環とエステル結合を持つ。また、元素分析の結果からその質量組成は炭素73.0%、水素6.4%であることが、分子量測定の実験からはその分子量が312であることがそれぞれ分かった。

このXの1molを適切な方法で完全に加水分解したところ、化合物A、B、Cが1molずつ得られた。化合物Aは芳香族ジカルボン酸で、加熱すると分子内で脱水反応が起きた。また、化合物Aとベンゼン環に結合する官能基の位置だけが異なり異性体の関係にある化合物Dは、清涼飲料水などの容器として使用されるポリエチレンテレフタレート(PET)の原料の一つであった。また、化合物Bおよび化合物Cは金属ナトリウムと反応して水素を発生した。化合物Bは分子内にベンゼン環を持ち、塩化鉄(III)水溶液を加えても特有の呈色反応は示さなかった。一方、化合物Cは分子内に炭素原子を4個持ち、その炭素原子のつながりに枝分かれはなかった。また、化合物Cを酸化したところ、還元性を有する化合物が生成し、さらに酸化すると酸性を示す化合物が生成した。

問1 有機化合物Xの分子式を答えなさい。

問2 化合物Aの物質名を答えなさい。

問3 化合物Dの構造式を答えなさい。

問4 化合物Bにはベンゼン環を持つ構造異性体が化合物Bを含めて全部でいくつ存在するか。その数を答えなさい。ただし、光学異性体は含まないものとする。

問5 化合物Cの構造異性体のなかで、その分子内に不斉炭素原子を持つものを構造式で答えなさい。また、不斉炭素原子には*印をつけなさい。ただし、複数存在する場合はそのなかの一つを記すこと。

問6 有機化合物Xの構造式を答えなさい。

[余白]

※問題は次のページに続きます。

[2] グルコースは、水溶液中で下の図4のように環状構造を持つ α -グルコースと β -グルコース、さらに鎖状構造のグルコースの3種類が平衡状態で存在する。

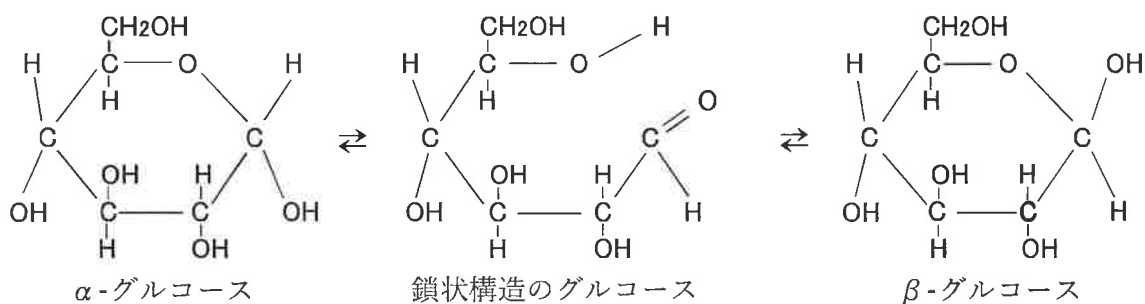


図4

このうち鎖状構造のグルコースは分子内に (①) 基を持つので、グルコース水溶液は(a)還元性を有する。また、2分子の α -グルコースが脱水縮合した構造を持つ二糖類が (②) であり、このとき生じる結合を (③) 結合という。同様に、多数の α -グルコースが脱水重合した構造を持つのがデンプンである。

デンプンには (④) と (⑤) の2種類の成分があり、このうち水に溶けにくいのは (⑤) である。デンプン溶液にヨウ素ヨウ化カリウム溶液を加えると特有の呈色反応を示す。これをヨウ素デンプン反応といい、鋭敏な反応であるためデンプンの検出実験として知られている。また、この(b)呈色反応を示した溶液を加熱すると溶液の色は消える。

β -グルコース2分子からできた構造を持つ二糖類が (⑥) であり、さらに多数の β -グルコースが脱水重合してできた構造を持つのがセルロースである。セルロースは分子内の繰り返し構造となるグルコース単位内にヒドロキシ基を (⑦) 個持ち、このヒドロキシ基をさまざまに変化させることにより有益な物質が作り出されている。

問7 文中の空欄(①)～(⑦)に適する語句・数字等を答えなさい。

問8 下線部(a)の確認実験としてはフェーリング溶液の還元が知られている。フェーリング溶液の還元について、次の(1)、(2)に答えなさい。

- (1) 還元によって生じる物質の化学式
- (2) 還元によって生じる物質の色

問9 下線部(b)について、その理由を簡潔に説明しなさい。

問 10 セルロースから作られる誘導体について記述した次の(ア)～(ウ)の文中の下線部について、正しい場合には○印を、誤っている場合には正しい語句を、それぞれ答えなさい。

(ア) ニトロセルロースは、ニトロ化合物に分類される。

(イ) セルロースを化学的に加工して得られたアセテート繊維は再生繊維である。

(ウ) セルロースをシュバイツァー試薬に溶解し、これを希硫酸中で細孔から押し出して得られる繊維のことをビスコースレーヨンという。

問 11 適切な条件下でグルコースに酵母を作用させるとアルコール発酵によりエタノールを得ることができる。このことについて、次の(1)、(2)に答えなさい。

(1) アルコール発酵の反応を化学反応式で答えなさい。

(2) デンプンを原料として、加水分解とアルコール発酵によってエタノールを生成し、生成したエタノールを利用して質量パーセント濃度 70%のエタノール消毒液を 400g 作りたいと考えた。デンプンを加水分解して得られるグルコースの収率を 70%、得られたグルコースからアルコール発酵によって生成するエタノールの収率を 60%と想定したとき、原料となるデンプンは最低何〔g〕必要か。有効数字 2 桁で答えなさい。また、解答欄には計算過程も記すこと。

※(補足)文中の下線部「収率」とは、加水分解によって得られるグルコースやアルコール発酵によって生成するエタノールの理論上得ることが可能なその物質の最大量に対する実際に得られた物質の量の比率のことを示している。