

(前期日程)

# 令和3年度 理科 物理基礎・物理(物理) 化学基礎・化学(化学)

## 科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

理学部の受験者

物理受験の者は、物理基礎・物理(物理)を解答すること。

化学受験の者は、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

医学部の受験者

物理基礎・物理(物理)と、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

工学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

農学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

## 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 出題科目およびページは、下表のとおりです。

| 出題科目        | ページ   |
|-------------|-------|
| 物理基礎・物理(物理) | 1～13  |
| 化学基礎・化学(化学) | 14～23 |

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁およ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なさい。
- 4 すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 5 解答は、すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。
- 6 解答用紙はすべて机の上に出しておくこと。机の中に入れてはいけません。

## 化学基礎・化学（化学）

すべての受験者は、**1**～**5**の全問を解答しなさい。

なお、問題を解くのに必要があれば、下記の数値を用いなさい。

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

Cl = 35.5

$\sqrt{2.3} = 1.5$ ,  $\log_{10} 1.5 = 0.18$

**1** 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。ただし、強酸および強アルカリの電離度を1.0、アンモニアの電離定数  $K_b$  を  $2.3 \times 10^{-5}$  mol/L、水のイオン積  $K_w$  を  $1.0 \times 10^{-14}$  (mol/L)<sup>2</sup>、水温を 25℃ とする。

濃度のわからない酢酸水溶液とアンモニア水について、それぞれ下記のような中和滴定の実験を行った。

まず酢酸水溶液およびアンモニア水をそれぞれホールピペットで正確にはかり取り、メスフラスコに入れて、純水を加え10倍に希釈した。これらの希釈液を滴定用の試験液として、正確にホールピペットで10 mLをはかり取って、コニカルビーカーに移し、中和滴定用の指示薬を1～2滴加えた。

中和滴定では、酢酸水溶液の試験液の滴定に0.040 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を標準溶液として用いた。アンモニア水の試験液の滴定には、0.010 mol/Lの塩酸を標準溶液として用いた。どちらの中和滴定でも、標準溶液は事前に標定を行って、ビュレットに入れ、コニカルビーカー中の試験液に少量ずつ滴下し、混合させた。そして、試験液の色が変化した時点を終点とし、滴下した標準溶液の体積を正確に記録した。同様の中和滴定を複数回繰り返して、滴下した標準溶液の体積について、平均値を計算すると下記の通りの結果となった。

—中和滴定の結果—

酢酸水溶液の試験液の滴定に要した標準溶液の体積：14 mL

アンモニア水の試験液の滴定に要した標準溶液の体積：10 mL

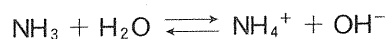
問 1 下線部①の操作を行う際に、ホールピペットとメスフラスコに器具洗浄後の水滴(純水)がわずかに付着していた。このような場合、実験で正確な値を得るために、少量の試験液で器具を洗浄する「共洗い」を行うが、必ず「共洗い」が必要となるのは、ホールピペットとメスフラスコのどちらか。その理由とともに答えなさい。

問 2 上記の中和滴定において、酸と塩基が完全に中和したときにどのような塩が水溶液中で生じていると考えられるか。(1)酢酸水溶液の中和滴定で生じる塩、(2)アンモニア水の中和滴定で生じる塩のそれぞれについて化学式で答えなさい。

問 3 中和滴定の指示薬として、フェノールフタレインまたはメチルオレンジがよく利用される。下線部②で加えた指示薬として、フェノールフタレインまたはメチルオレンジのどちらを(1)酢酸水溶液の中和滴定、(2)アンモニア水の中和滴定に用いるのが適切か。それぞれについて指示薬の名称を答えなさい。

問 4 上記の中和滴定の結果から、(1)希釈前の酢酸水溶液のモル濃度、(2)希釈前のアンモニア水のモル濃度をそれぞれ有効数字 2 桁で求めなさい。

問 5 アンモニアは水溶液中で以下のように電離している。



水溶液中でアンモニアが電離している割合は少ないため、電離度は 1.0 よりも十分に小さい。このとき、水溶液中の水酸化物イオンのモル濃度  $[\text{OH}^-]$  と弱塩基のモル濃度  $c$ 、電離定数  $K_b$  には、以下の近似式(1)が成り立つ。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{cK_b} \quad (1)$$

式(1)と問 4 で求めたアンモニア水のモル濃度から、希釈前のアンモニア水の pH を小数第 2 位までの数値で求めなさい。また、解答欄には pH を求める計算式を含めて書きなさい。

2 次の I, II の間に答えなさい。

I. 次の文章を読み、問 1 ~ 問 4 に答えなさい。答は有効数字 2 桁で表しなさい。

問 1 4℃の塩化ナトリウム(NaCl)水溶液が 1.00 L ある。この水溶液のモル濃度が 0.100 mol/L である場合、濃度を質量パーセント濃度で表しなさい。この濃度は希薄であるため、水溶液の密度は 1.0 g/mL として良いとする。

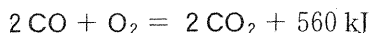
問 2 問 1 の水溶液に粉末の NaCl を加えて飽和水溶液にしたい。加えるべき NaCl は何 g か、答えなさい。NaCl の溶解度を、4℃の場合、35 g/(水 100 g) とする。

問 3 塩化カリウム(KCl)水溶液の溶解度を、80℃で 51 g/(水 100 g)、20℃で 34 g/(水 100 g) とする。80℃の飽和水溶液の質量パーセント濃度を求めなさい。

問 4 問 3 の条件で、80℃の飽和水溶液 100 g を 20℃まで冷やす時に析出する KCl は何 g か、答えなさい。

II. 次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。

ある容器中で行われる次の発熱反応が、平衡状態になっている場合を考える。



ただし、CO、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>は全て気体である。

次の変化を起こしたとき、平衡はどのように変化するか、その方向を( )の中の選択肢から選び、その理由を1～2行で示しなさい。

問1 容器内の圧力だけを減少させる。

(左に移動・右に移動・変化しない)

問2 容器内の状態はそのままで、触媒を加える。ただし、触媒の体積は無視するものとする。

(左に移動・右に移動・変化しない)

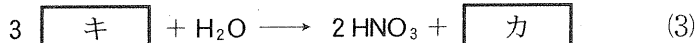
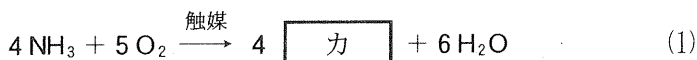
問3 容器内の温度・全圧を一定に保った状態で、アルゴンガスを加える。

(左に移動・右に移動・変化しない)

3 次の I, II の間に答えなさい。

I. 次の文章を読み、問 1 ~ 問 3 に答えなさい。

硫酸と硝酸は化学工業において広く用いられる重要な化合物である。硫酸の工業的製法を **ア** 法といい、酸化バナジウム( $V_2O_5$ )を触媒に用いて **イ** を空気中の酸素で酸化して **ウ** とし、これを濃硫酸に過剰に吸収させて **エ** にした後、希硫酸や水を加えて濃度調整することで硫酸を製造する。硝酸は、アンモニアを原料として、次の式(1)~(3)の反応から成る **オ** 法で製造する。式(3)で生じる **カ** は、製造装置内を循環させて式(2), (3)の反応を繰り返し、硝酸に変換する。



硫酸と硝酸は濃度や温度によって性質が異なり、溶解できる金属の種類に違いがある。また、濃硫酸は脱水作用をもつためスクロースに加えると **ク** を遊離する。

問 1 **ア** ~ **ク** に適切な語句または分子式を入れなさい。

問 2 式(1)~(3)の繰り返し反応による硝酸への変換が完全に進むとして、標準状態で 44.8 L のアンモニアから何 g の硝酸を合成できるか。有効数字 3 桁で答えなさい。

問 3 下線部に関して、希硫酸・濃硫酸・熱濃硫酸・希硝酸・濃硝酸のすべてに溶ける金属を以下からすべて選びなさい。

亜鉛, 銅, 鉄, 白金, マグネシウム, アルミニウム

II. 次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。

単体のアルミニウムを得るには、まず原料の  を精製して  とし、  とともに融解させて、炭素電極で電気分解を行<sup>①</sup>う。

アルミニウム粉末と酸化鉄(III)の混合物に点火すると、激しく反応して単体<sup>②</sup>の鉄が遊離する。この方法をテルミット法といい、鉄道のレールの溶接に利用される。また、アルミニウムと銅・マグネシウムとの合金である  は軽量で強いため、航空機の機体などに用いられている。

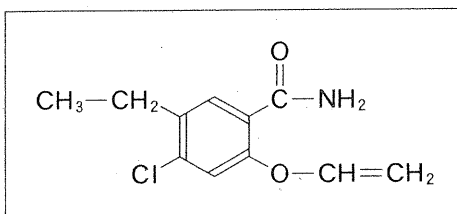
問1  ～  に適切な語句または分子式を入れなさい。

問2 下線部<sup>①</sup>に関して、(1)陽極と(2)陰極で起こる反応を、それぞれ電子 $e^-$ を含むイオン反応式で書きなさい。

問3 下線部<sup>②</sup>の反応を、化学反応式で書きなさい。

- 4 次の文章を読み、ア～コについて、物質名と構造式の両方を書きなさい。構造式は以下の記入例にならって書きなさい。

記入例



19世紀はじめまで、有機化合物は生物によってつくられた炭素を含む物質のことであると考えられていた(生気説)が、1828年にウェーラーにより無機化合物から有機化合物であるアが人工的に合成できることが示された。現在では炭素原子を骨格とする化合物を総称して有機化合物という。この有機化合物を構成する原子はおもに共有結合で結合し、分子をつくるものが多い。これらの分子は、炭素原子どうしが鎖状や枝分かれ、環状につながることで様々な性質を持ち、私たちの生活の役にたつものも多い。

私たちの生活の役にたつ有機化合物は5000万種を超える数が知られているが、皮膚疾患治療薬として市販されているイ、解熱鎮痛剤としてのウや鎮痛・消炎薬としてのエが有名である。これら有用な有機化合物を無機物から人工的に合成する例として、生石灰とコークスを混合し、電気炉などを用いて高温で加熱することで得られる炭化カルシウムに水を加えることでオを合成する反応が挙げられる。

そして、このオを赤熱した鉄管や石英管に通すことで、芳香族炭化水素であるカが合成できる。カは1865年にケクレが提案した六角環状の構造をもち、構造式では複数の表記が存在する。カ環の炭素原子に-OHが直接結合した化合物をフェノール類という。このフェノールの工業的製法では、カとキを反応させクを合成した後、中間生成物を経ってからケとフェノールを生成するク法が有用である。なぜなら同時に合成されるケは合成樹脂、油脂、塗料などの溶剤として重要だからである。しかしながら、ケは引火性が強いので取り扱うときには火気に注意しなければならない。フェノールは各種の合成樹脂や医薬



品，染料の原料として利用される他，強力な殺菌効果を示すが，皮膚につくと腐食性を示すので注意が必要である。さらに，フェノールを水酸化ナトリウムで中和することで得られる  を高温高压下で二酸化炭素と反応させ，希硫酸を加えると  が得られる。この  をメタノールによりエステル化したものが  ，無水酢酸によりアセチル化したものが  であり，それぞれ医薬品として極めて有用である。

5 次の I, II の間に答えなさい。

I. 次の文章を読み、問 1～問 5 に答えなさい。

糖類のうち、グルコースのように、それ以上加水分解されない糖を単糖(類)という。スクロースのように、加水分解によって単糖 2 分子を生じる糖を二糖(類)、多数の単糖類が縮合重合した重合体を多糖(類)という。グルコース水溶液は還元性を示すため、グルコースをフェーリング液に加えて加熱すると、赤色の( A )が沈殿する。また、グルコースをアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて温めると銀が析出する。グルコースは酵母菌の働きによるアルコール発酵で、エタノールと二酸化炭素になる。

スクロースに希硫酸を加えて加熱したり、 という酵素を作用させたりすると、グルコースとフルクトースの等量混合物が得られる。この等量混合物は とよばれる。 は 2 分子の  $\alpha$ -グルコースが 1 位の  $-OH$  どうしで脱水縮合した構造の二糖で、甘味料や化粧水に用いられている。

セルロースは  $\beta$ -グルコース分子が直鎖上に縮合した構造をしており、植物繊維の主成分でもある。セルロースは適切な溶媒に溶かした後、繊維として再生することもできる。

問 1 ( A ) に適切な化学式を書きなさい。

問 2 下線部の化学反応式を書きなさい。ただし、水溶液中のグルコースは  $R-CHO$  と表記しなさい。

問 3 90 g のグルコースがアルコール発酵によって完全にエタノールになった場合、生成するエタノールは何 g か、整数で答えなさい。

問 4  ~  に入る適切な語句を答えなさい。

5 問 5 は、問題の誤りのため省略

II. 次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。

タンパク質はポリペプチド構造をもつ高分子化合物で、構成成分によって単純タンパク質と複合タンパク質に分類される。複合タンパク質はアミノ酸以外に糖類、色素、リン酸などの成分を含む。

グリシン、フェニルアラニン、メチオニン、リシン、セリンのうち、異なる3種類のアミノ酸からなる鎖状のトリペプチドXがある。Xの中のアミノ酸の結合順をA—B—Cとする。塩基性アミノ酸のカルボキシ基側のペプチド結合を切断する酵素でトリペプチドXを処理すると、ジペプチドA—Bとアミノ酸Cが生成した。ジペプチドA—Bの水溶液に水酸化ナトリウムを加えて熱し、酢酸鉛(II)水溶液を加えると黒色の沈殿が生じた。アミノ酸Cの水溶液に濃硝酸を加えて加熱すると黄色になり、冷却後にアンモニア水を加えて塩基性にすると橙黄色になった。

問1 次の示す複合タンパク質とそれに含まれる成分の組み合わせで正しいものはどれか、記号で答えなさい。

- (a) ムチン—糖鎖、ヘモグロビン—色素、カゼイン—リン酸
- (b) ムチン—リン酸、ヘモグロビン—色素、カゼイン—糖鎖
- (c) ムチン—リン酸、ヘモグロビン—糖鎖、カゼイン—色素
- (d) ムチン—色素、ヘモグロビン—リン酸、カゼイン—糖鎖
- (e) ムチン—糖鎖、ヘモグロビン—リン酸、カゼイン—色素

問2 下線部の反応を何というか、答えなさい。

問3 トリペプチドXを構成する3種類のアミノ酸A、B、Cは何か、それぞれ答えなさい。