

令和3年度・個別学力検査

理 科 (前)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は25ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 試験開始後、全科目の解答用紙4枚ともに氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。また、氏名(カタカナ)及び受験番号以外の文字、数字などは、絶対に記入してはいけません。

令和3年度個別学力検査

医学部 前期日程
理科 問題

名古屋市立大学 学生課入試係 052-853-8020

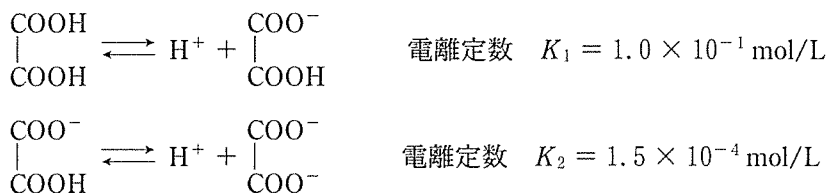
化 学

化学問題 1

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。ただし、25℃における氷酢酸の密度を1.05 g/mLとし、酢酸やギ酸の電離度は1に比べて十分に小さく、酢酸の電離定数を $K_a = 2.7 \times 10^{-5}$ mol/L、水のイオン積を $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)² とする。有効数字は2桁とする。ただし、pHは小数第3位を四捨五入して小数第2位まで求めよ。必要であれば、以下の数値を用いよ。 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, 原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0

まず、25℃において、氷酢酸5.72 mLを水で薄めて500 mLとした。この水溶液を水溶液Aとする。10 mLの水溶液Aを正確にコニカルビーカーにとり、pHメーターを使用して、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定した。中和に要する水酸化ナトリウム水溶液の体積の半分の量を加えたときのコニカルビーカー内の水溶液を水溶液Bとし、過不足なく中和したときの水溶液を水溶液Cとする。

次に、25℃において、ある濃度のシュウ酸水溶液を、水酸化ナトリウム水溶液^①で中和滴定した。シュウ酸は水溶液中で次のように2段階に電離する。



シュウ酸は、酸化還元滴定でも用いられる。質量 y (g) のシュウ酸二水和物を水^②に溶かしてその体積を 100 mL とした。これを水溶液 D とする。水溶液 D を正確に 10 mL とり、硫酸酸性にして温め、0.10 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、気体が発生して、2.0 mL を加えたところで完全に反応が終了

した。一方、シュウ酸とギ酸をともに含む 100 mL の水溶液(これを水溶液 E とする)を、同様に 0.10 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、2.8 mL を加えたところで完全に反応が終了した。なお、100 mL の水溶液 E を過不足なく中和するためには、0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液が 9.0 mL 必要であった。

問 1. 次の設問に答えよ。

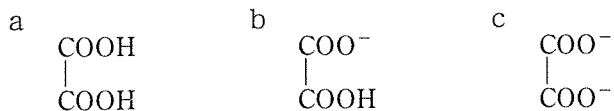
- (1) 水溶液 A, B, C のうちで、少量の水酸化ナトリウム水溶液を外部から加えたときに pH の変化がもっとも少ないのはどれか。記号で答えよ。
- (2) (1)のように、外部から少量の塩基もしくは酸を加えても pH がほぼ一定に保たれる働きを何と呼ぶか。
- (3) (2)のように、外部から少量の塩基もしくは酸を加えても pH がほぼ一定に保たれる理由を 100 字程度で説明せよ。

問 2. 水溶液 A の pH を求めよ。

問 3. 水溶液 C の pH を求めよ。

問 4. 下線部①において、次の設問に答えよ。

なお、下記の分子もしくはイオンを a, b, c と定義する。



ここで、a, b, c のモル濃度をそれぞれ [a], [b], [c] とすると、その和 [a] + [b] + [c] は一定に保たれ、a, b, c の存在割合 x_a, x_b, x_c は、それぞれ、 $x_a = \frac{[a]}{[a] + [b] + [c]}$, $x_b = \frac{[b]}{[a] + [b] + [c]}$, $x_c = \frac{[c]}{[a] + [b] + [c]}$ と表される。

- (1) [c] を、 $K_1, K_2, [a], [H^+]$ を用いて表せ。
- (2) x_b および x_c を、 $K_1, K_2, [H^+]$ を用いてそれぞれ表せ。
- (3) $x_b = x_c$ のときの pH を求めよ。
- (4) pH = 5 のときに、 x_a, x_b, x_c のうち最も大きいものはどれか。

問 5. 下線部②について、次の問いに答えよ。

- (1) シュウ酸二水和物の質量 y (g) を求めよ。
- (2) 発生した気体は何か。分子式で答えよ。

問 6. 水溶液 E における、ギ酸の濃度 (mol/L) を求めよ。

化学問題 2

次の[I]および[II]の文章を読み、問1～問8に答えよ。数値を解答する場合は、有効数字2桁で答えよ。必要であれば次の数値を使用せよ。原子量は $H = 1.0$, $O = 16.0$, $S = 32.0$, $Cu = 63.5$, $Zn = 65.4$, 気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$, 25°C における水の蒸気圧は $3.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ 。

[I]

8種類の金属(Ag, Al, Au, Fe, K, Na, Ni, Pt)を化学的性質に基づいてグループ(A), (B), (C)に分類した。イオン化傾向の大きいグループ(A)は、常温で水と激しく反応して を発生し、陽イオンとなって水に溶ける。水に溶けないがイオン化傾向が水素より大きなグループ(B)は、希塩酸に溶けて を発生する。また、グループ(B)のいずれの金属も、濃硝酸に浸すと不動態^②になる。水素よりもイオン化傾向の小さいグループ(C)は、酸化力の強い酸と反応して溶けるが、希塩酸とは反応しない。

金属イオンを中心として、それに非共有電子対を持った分子や陰イオンが配位結合してできたイオンを、錯イオンという。水中の亜鉛イオンは、水分子が 個配位し水和した錯イオンを形成することがある。pHが大きくなると、配位した水分子にかわり が配位する。さらに続けて が配位し、亜鉛イオンの価数と配位した の数が等しくなると、錯体としての電荷がゼロになり、水に溶けなくなり沈殿^③する。さらにpHが大きくなり が配位すると、負の電荷をもつ錯イオンとなり、再び水に溶ける。

問 1. 下線部①のグループ(A), (B), (C)の元素をそれぞれ元素記号で記せ。

問 2. 文中の ～ に、括弧内の指示に従って最も適切な分子式などを記せ。

問 3. 下線部②について、一般的に不動態とはどのような状態か 40 字以内で説明せよ。

問 4. 以下のうち、周期表において亜鉛と同じ族に属する金属元素をすべて記せ。

Cd, Cu, Hg, Mn, Pb

問 5. 下線部③の沈殿の化学式を記せ。ただし、配位している H_2O は省略してよい。

[II]

塩化亜鉛を含む水溶液に少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、白色沈殿④が生成した。さらに水酸化ナトリウム水溶液を加えると、白色沈殿は溶けて無色の水溶液になった。

銅と亜鉛の粉末の混合物 0.10 g に希硫酸を加え、発生した気体を水上置換で⑤捕集したところ、 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $1.03 \times 10^5\text{ Pa}$ で 12.4 mL の気体得られ、反応は完全に終了した。

銅の粉末を空気を通じながら加熱したのち、希硫酸を加えたところ、完全に溶けた。この溶液を濃縮すると、青色の結晶⑥が得られた。この結晶をすべて取り出し、 $300\text{ }^\circ\text{C}$ まで加熱すると温度の上昇とともに質量が減少し、すべて白い粉末⑦となった。つづけて加熱すると黒い粉末となり、さらに加熱すると $1100\text{ }^\circ\text{C}$ 以上ですべて赤い粉末⑧になった。

問 6. 下線部④について、

(1) 白色沈殿が生成したときの反応式を記せ。

(2) 白色沈殿が溶けたときの反応式を記せ。

(3) 上記(2)でできた水溶液に硫化水素を通したところ、沈殿が生じた。この沈殿の化学式を記せ。

問 7. 下線部⑤について,

- (1) 得られた気体の物質量(mol)はいくらか。
- (2) この混合物中に含まれる銅の質量の割合は何%か。

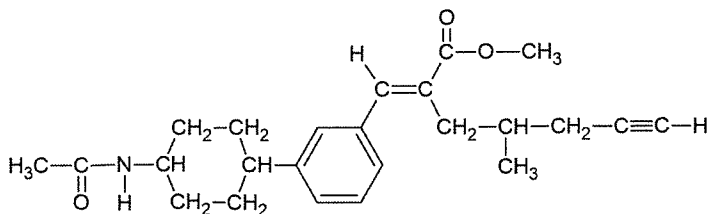
問 8. 下線部⑥~⑧について,

- (1) 下線部⑥の物質の化学式を記せ。
- (2) 下線部⑥の物質に対する下線部⑦の物質の質量の割合は何%か。
- (3) 下線部⑥の物質に対する下線部⑧の物質の質量の割合は何%か。

化学問題 3

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。なお、すべての気体は理想気体とし、その標準状態における1 molの体積は、22.4 Lとする。構造式を解答する際には、例にならって書け。また、必要であれば、次の値を使用せよ。原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, K = 39.1

[例]



化合物 A, B, C, D, E は、炭化水素もしくは、炭素、水素、酸素の3種の元素のみからなる有機化合物であり、いずれも、炭素数は4以上で分子量は100.0である。化合物 A, B, C, D の分子式はすべて互いに異なっており、化合物 E は化合物 A の構造異性体である。化合物 A, B, C は不斉炭素原子を1つもつが、化合物 D, E はもたない。

これらの有機化合物に対し、以下の実験を行った。

実験1：化合物 A, B, C の混合物をジエチルエーテルに溶かしたのち、炭酸水素ナトリウム水溶液を加えてよく振り混ぜた。エーテル層と水層を分離したのち、エーテル層のエーテルを蒸発させると、化合物 B と C の混合物が得られた。この混合物を加熱したところ、沸点の差によって化合物 B と C を分離することができた。一方、水層に希硫酸を加えて中和したのちジエチルエーテルで抽出し、このエーテル層を濃縮したところ、化合物 A が得られた。

実験2：10.0 mg の化合物 A を完全燃焼させると、水 7.2 mg と二酸化炭素 22.0 mg が生成した。

実験3：触媒存在下で、化合物 B に十分な量の水素を反応させたところ、分子量が102.0で、不斉炭素原子を2つもつ化合物 P が得られた。

実験 4 : 化合物 B には幾何異性体は存在しなかった。また、化合物 B に臭素水を加えたところ、臭素水の色が消失した。

実験 5 : 化合物 B を水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると、特異臭をもつ黄色沈殿が生じた。

実験 6 : 化合物 Q は枝分かれがある鎖状構造の炭化水素であり、その末端部分のうち 2 つに $C \equiv C$ 三重結合をもつことがわかっている。化合物 Q を、触媒存在下で充分な量の水素と反応させたところ、化合物 C が得られた。

実験 7 : 化合物 E は六員環をもつ化合物である。触媒存在下で 10.0 mg の化合物 E に十分な量の水素を反応させたところ、標準状態で 2.24 mL の水素分子が消費され、化合物 R が得られた。化合物 R は不斉炭素原子をもたないことがわかった。一方、化合物 E に臭素水を加えても、臭素水の色に変化はみられなかった。

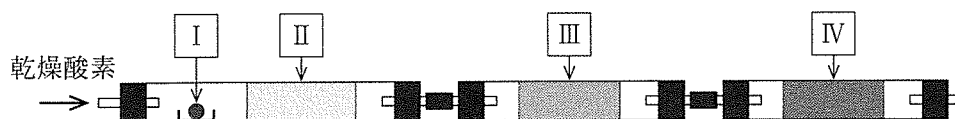
実験 8 : 10.0 mmol の化合物 B あるいは化合物 R を溶かしたジエチルエーテル溶液にそれぞれ十分な量の単体のナトリウムを加えたところ、どちらの溶液からも標準状態で 112 mL の水素がそれぞれ発生した。一方、化合物 E を溶かしたジエチルエーテル溶液からは水素は発生しなかった。

実験 9 : 化合物 D と R の混合物を加熱したところ、分子量が 202.0 で エステル結合をもつ化合物 S が得られた。化合物 S は不斉炭素原子をもたない。化合物 S に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えたところ、二酸化炭素が発生した。

問 1. 化合物 A, C, D の分子式を書け。

問 2. 下線部①に関して、化合物 B と C のうち沸点が低いのはどちらか記号で答え、その理由を簡潔に述べよ。

問 3. 「実験 2」に関して、この実験は下に示す図の装置を用いて行った。次の問いに答えよ。



図

- 1) 図中の I ~ IV は、下記の選択肢(ア)~(カ)のうちどの物質が該当するか。それぞれ最も適切なものを選び、記号で答えよ。

(ア) 化合物 A	(イ) ソーダ石灰	(ウ) 酸化銅(II)
(エ) 硫酸バリウム	(オ) マグネシウム	(カ) 塩化カルシウム
- 2) 図中の I ~ IV のうち、加熱する必要がある部分をすべて選び、番号で答えよ。
- 3) 図中 II の物質はどのような働きをしているか、簡潔に説明せよ。
- 4) 図中の III と IV の物質を入れ替えた場合、生成した水や二酸化炭素の質量を正しく求めることができない。その理由を簡潔に説明せよ。

問 4. 「実験 5」に関して、

- 1) この特異臭をもつ黄色沈殿は何か。化学式で答えよ。
- 2) 次の選択肢(ア)~(ク)のうち、このような水酸化ナトリウムとヨウ素による反応で黄色沈殿が生じるものをすべて選び、記号で答えよ。

(ア) アセトン	(イ) アセトアルデヒド
(ウ) エタノール	(エ) 1-プロパノール
(オ) 2-ブタノン(エチルメチルケトン)	(カ) アセチルサリチル酸
(キ) 乳酸	(ク) 酢酸メチル

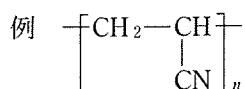
問 5. 下線部②に関して、炭化水素における炭素骨格の末端部分に存在する三重結合の有無を調べる方法として、銀アセチリドの白色沈殿を形成させる方法がある。アセチレンにアンモニア性硝酸銀を作用させたときの反応をイオン反応式で書け。ただし、有機化合物は構造式を用いて記すこと。

問 6. 下線部③に関して、油脂はグリセリンに脂肪酸がエステル結合したものである。ある1種類の脂肪酸3分子とグリセリン1分子からなる油脂のけん化価は、189であった。この脂肪酸の分子式を書け。

問 7. 化合物 E, S の構造式を書け。

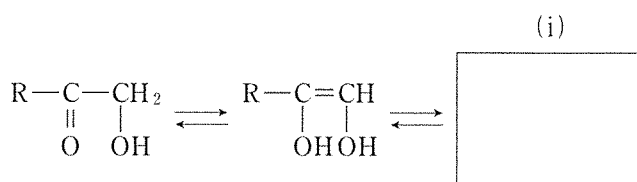
化学問題 4

次の文を読み、問1～問8に答えよ。ただし、原子量は $H = 1.00$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, 気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ とする。重合度は n とし、高分子化合物は例を参考にして書け。



多糖類に分類されるデンプンやセルロースは、多数のグルコース(ブドウ糖)が縮合重合した構造をもつ天然高分子化合物である。単糖類に分類されるグルコースは、生体内ではエネルギー源として重要である。自然界の単糖類では、炭素原子を6個もつヘキソースや炭素原子を5個もつペントースが多い。二糖類に分類されるスクロース(ショ糖)は、希硫酸または酵素であるスクラーゼやインベルターゼによって加水分解され、グルコースと を等量生じる。このとき得られた混合物は とよばれる。これら糖類の性質に還元作用の有無がある。 もグルコースと同様にその水溶液は還元作用を示す。この理由は、 の鎖状構造の末端が図に示すような平衡状態にあり、 は、還元作用の要因となる官能基をもつからであると考えられる。また、細胞の主要な成分であるタンパク質は、多数のアミノ酸分子が脱水縮合してできたポリペプチド構造をもつ高分子化合物であり、食品では肉類や豆類に多く含まれる。

一般に、鎖状の合成高分子を繊維状にしたものを合成繊維という。 ϵ -カプロラクタムに少量の水を加えて加熱すると、開環重合が起こり、ナイロン6が生成する。これは、日本で開発された合成繊維であり、強度や耐久性に優れる。分子式 $C_8H_4O_2Cl_2$ のテレフタル酸ジクロリドと分子式 $C_6H_8N_2$ の p -フェニレンジアミンを縮合重合させると高分子化合物が生成する。これを繊維状にするとアラミド繊維が得られる。この繊維は、強さと弾力性を持ち、耐熱性に優れているため、防弾服・防護服などに用いられる。



図

問 1. 核酸には DNA と RNA がある。下線部 a) のペントースについて、DNA と RNA に含まれる糖の名称をそれぞれ書け。さらに、これらの糖の構造上の違いを簡潔に述べよ。ただし、構造上の違いが存在する炭素原子の位置(1位～5位)を特定して述べること。

問 2. ～ に最も適切な語句を記せ。

問 3. R を用いて、図の に該当する構造式を書け。ただし、図の R は置換基とする。

問 4. 64.3 g のデンプンを溶かした水溶液に希硫酸を加えて長時間加熱し、完全に加水分解することで得られるグルコースは何 g か。有効数字 3 桁で答えよ。ただし、デンプン全量がグルコースに加水分解されたとする。

問 5. 牛乳に含まれるタンパク質について次の実験を行った。牛乳 24.0 mL をとり、含まれるタンパク質を分解して、タンパク質中の窒素をすべてアンモニア (NH₃) とし、発生したアンモニアを 0.50 mol/L の硫酸水溶液 40.0 mL に吸収させた。残っている硫酸を、メチルオレンジを指示薬として 1.00 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和したところ 30.4 mL を要した。

(1) 牛乳 24.0 mL に含まれる窒素(N)の質量(mg)はいくらか。整数で答えよ。

(2) この牛乳 100 g には、何 g のタンパク質が含まれるか。ただし、タンパク質には窒素が質量%で 16 % 含まれているものとし、牛乳 1.00 mL の質量は 1.03 g であるとする。答えは有効数字 2 桁で書け。

問 6. 下線部 b) を化学反応式で表せ。

問 7. ある高分子化合物の 3.00 g を適当な溶媒に溶かして 200 mL とした溶液の浸透圧が、27 °C において 1.56×10^2 Pa であった。この高分子化合物の平均分子量を求めよ。ただし、答えは有効数字 2 桁とし、 3.1×10^2 のように記せ。

問 8. 下線部 c) について、得られたアラミド繊維の構造式を書け。

