

理科問題紙

平成 29 年 2 月 25 日

自 14:00

至 16:00

答案作成上の注意

1. 理科の問題紙は 1 から 22 までの 22 ページである。
2. 解答用紙は、生物 ⑦, ⑧, ⑨, 化学 ⑩, ⑪, ⑫, ⑬, 物理 ⑭, ⑮, ⑯ の 10 枚である。
3. 生物, 化学, 物理のうち 2 科目を選択すること。
4. 解答はすべて解答用紙の指定された箇所に書くこと。
5. 試験開始後 30 分以内に選択する科目を決定すること。
6. 問題紙と草案紙は持ち帰ること。

問題訂正

理科「化学」

8 ページ

1

上から 6 行目

下線部の単位を訂正

(誤)

$$K = \text{炭酸濃度} / \text{大気中の二酸化炭素の分圧} = 10^{-1.6} \underline{(\text{mol/L} \cdot \text{atm})}$$

(正)

$$K = \text{炭酸濃度} / \text{大気中の二酸化炭素の分圧} = 10^{-1.6} \underline{\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{atm})}$$

化 学

1 以下の雨水と体液中の pH についての説明文を読み、問 1～問 6 に答えよ。

雨水の pH は、大気中の二酸化炭素の影響を受ける。二酸化炭素は水に溶解すると、以下のように炭酸になる。



この反応(1)の地表温度における平衡定数 K は、

$$K = \text{炭酸濃度} / \text{大気中の二酸化炭素の分圧} = 10^{-1.6} (\text{mol/L} \cdot \text{atm})$$

である。

現在大気中には二酸化炭素が体積で % ほど含まれているので、大気中の二酸化炭素の分圧は $10^{-3.4} \text{atm}$ と記述できて、雨水中の炭酸濃度は $10^{-\text{(イ)}}$ mol/L だと計算される。

雨水中の炭酸の一部は水素イオンと炭酸水素イオンに電離する。



この反応(2)の地表温度における炭酸の電離定数 K_a は

$$K_a = \frac{\text{(う)}}{\text{(え)}} = 10^{-6.4} \text{mol/L} \quad (3)$$

と記述される。このとき $[\text{H}^+] = [\text{HCO}_3^-]$ と近似できるので、大気中の二酸化炭素と平衡状態にある雨水の pH は と計算できる。

日本のほとんどの降水中には火山や工業活動で大気に放出された硫酸なども含まれるため pH が よりもかなり低く、酸性雨と呼ばれている。霧の発生時には、肺に吸い込まれた酸性の霧の水滴が気管支表面に付着する。この水滴に含まれる酸を希釈しようと組織は体液を気管支内に分泌するので、呼吸障害を生じることもある。特に血液中の pH は、わずかな変化も人体にとって致命的である。そのため、人の血漿中の pH は炭酸-炭酸水素塩系などの 作用により、正常時はほぼ 7.4 に保たれている。 溶液中の pH は、式(3)を変形した以下の様な式で表せるといふ。

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{\text{(き)}}{\text{(え)}} \quad (4)$$

体温における化学式(2)の $\text{p}K_a$ は 6.1 なので、人の血漿中の と との濃度比は : 1 と計算される。

人体内では常に大量の炭酸が代謝反応により生産されているので、血液中の pH を正常値に保つ臓器が備わっている。肺組織の肺胞の血管内では、反応(1)の逆反応で生じた二酸化炭素が、肺の毛細血管膜を通して呼吸により体外へ排出される。また、腎臓組織内にも、血液から尿中に酸成分を排出する働きがあり、通常時の尿中の pH は 6 程度と血液よりも酸性である。

また、腎臓組織中の溶液内では以下のような化学平衡も成立している。



尿を膀胱に運ぶ組織である腎尿細管中の尿と血管中を流れる血液との間を細胞膜が隔てている。非 のアンモニア分子はその細胞膜を通ることができるが、 イオンであるアンモニウムイオンは細胞膜を通ることができない。そのため、式(5)を通じて血液中のアンモニアは尿へと移動する。
(3)

問 1 説明文中の , , および にあてはまる数値を有効数字 2 桁で記入せよ。必要ならば、 $\log 2 = 0.30$ として計算せよ。

問 2 説明文中の , および にあてはまる物質の濃度項を記入せよ。

問 3 説明文中の と にあてはまる語句をそれぞれ漢字 2 文字で書け。

問 4 説明文中の下線(1)のようになぜ近似できるか 60 字以内で説明せよ。

問 5 説明文中の下線(2)で示した日本の雨水中にはたいてい分子量 98 の硫酸が 1.0 mg/L 以上含まれるという。雨水中の pH がその硫酸濃度のみで規定されると仮定すると、雨水の pH の値は何以下になると計算されるか。有効数字 2 桁で答えよ。必要ならば、 $\log 2 = 0.30$ として計算せよ。

問 6 尿の pH が血液よりも酸性であると、説明文中の下線部(3)のように、血液中のアンモニアが血液から除かれて腎尿細管中の尿に移動する。その仕組みをルシャトリエの原理を用いて 200 字以内で説明せよ。

2 次の文(A), (B)を読み, 問1～問6に答えよ。

必要であれば以下の原子量を用いよ。

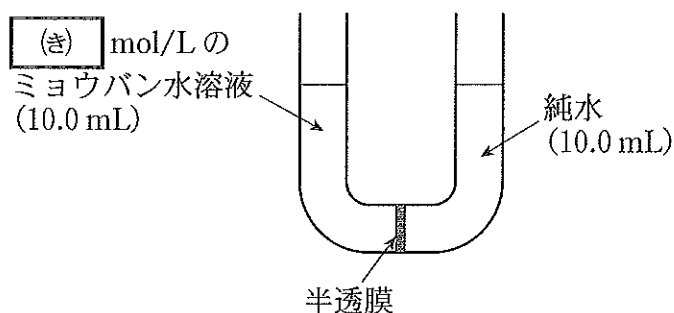
H : 1.0, O : 16.0, Al : 27.0, S : 32.0, K : 39.0

(A) アルミニウム Al は自然界では主に酸化物として鉱物や土壌中に広く存在し, 地殻中での存在量は酸素, (あ) に次いで3番目に多く存在する。単体の Al は, 原料鉱石の (い) を精製して得られる酸化アルミニウムを氷晶石 Na_3AlF_6 と共に (う) 電解して得られる。単体の Al は軟らかく加工しやすい金属であり, 様々な工業製品に利用されている。表面を電気分解により酸化し, 厚い酸化皮膜をつけたアルミニウム製品は (え) と呼ばれる。

Al を含む化合物としてミョウバン $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ がある。ミョウバンのような2種類以上の塩が一定の割合で結合した化合物で, 水に溶解して各々の成分イオンに電離するものを (お) という。

ミョウバンの飽和水溶液に少量の塩化カリウム水溶液を加えると, ミョウバンの結晶が析出する。このようにある電解質の水溶液に, その電解質を構成するイオンと同じ種類のイオンを生じる別の物質を加えたときに, 元の電解質の溶解度や電離度が小さくなる現象を (か) 効果と言う。

(B) 断面積が 1 cm^2 の左右対称の U 字管の中央部を, 水は通すがミョウバンを構成する Al^{3+} , K^+ , SO_4^{2-} は通さない半透膜で仕切り, 左側に (き) mol/L のミョウバン水溶液 10.0 mL を入れ, 右側に純水 10.0 mL を入れた。しばらくすると左側の液面が上昇し始め, 十分に長い時間放置した後左右の液面の高さの差を測定したところ 2.00 cm であった。



左右の液体を捨てU字管と半透膜を乾燥させた後、左側に $1.00 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ のミヨウバン水溶液 10.0 mL を入れ、右側には純水 10.0 mL に $5.80 \times 10^{-3} \text{ g}$ の電解質 AB を溶解した水溶液を入れた。十分に長い時間放置した後も、左右の液面の高さは同じであった。

問 1 から に入る適当な語句を記せ。

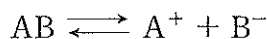
問 2 下線部(a)に関して、 電解における氷晶石の役割を 15 字程度で述べよ。

問 3 ミヨウバン ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$) の結晶 23.7 g を水 100 g に完全に溶解した水溶液の質量モル濃度を、有効数字 3 桁で求めよ。

問 4 50°C において 100 g の水にミヨウバン ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$) の結晶を少しずつ加えながら、十分に長い時間攪拌した。ミヨウバンの結晶が溶解せず、液中に残るまでに加えたミヨウバンの質量 $[\text{g}]$ を有効数字 3 桁で求めよ。解答欄には計算の過程も記述すること。なお、 50°C におけるミヨウバンの無水物 ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$) の水への溶解度は 17.0 である。

問 5 を有効数字 3 桁で求めよ。ミヨウバンは水溶液中で完全に解離しており、この温度において $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 水溶液が示す浸透圧は $2.50 \times 10^4 \text{ Pa}$ 、高さ 1 cm の水柱の圧力は 98.0 Pa とせよ。

問 6 下線(b)について、電解質 AB は水中で一部が下式のように電離し、この温度における電離度が 0.250 であるとき、電解質 AB の式量を有効数字 3 桁で求めよ。ただし、電解質 AB を溶解したことによる体積変化は無視できるものとせよ。



3 次の(I), (II)について答えよ。

(I) 炭素, 水素, 酸素のみからなる有機化合物 A~D に関する以下の記述を読み, 問 1~問 5 に答えよ。

A~D それぞれの水溶液に対して銀鏡反応を行なったところ, A, B のみが陽性であった。A が縮合重合してできたポリマーは, 動植物の生体内に存在する。動物の肝臓から精製した A のポリマーは, ヨウ素溶液と反応させると赤褐色に呈色した。B の沸点は -19°C で, 常温では気体であるが, 水によく溶ける。B の銀鏡反応後の溶液には, 刺激臭のある有機化合物 E が含まれる。C は水には溶けにくい, 水酸化ナトリウム水溶液中ではナトリウム塩となりよく溶けた。塩基触媒を用いて B と C を付加縮合させると, 燃えにくく電気絶縁性のある熱硬化性樹脂を合成することができる。また, C のナトリウム塩を高温高圧下で二酸化炭素と反応させ, 反応産物に希硫酸を作用させると D が得られる。D に無水酢酸を作用させると, 解熱・鎮痛作用のある化合物 F が得られる。一方, D にメタノールと少量の濃硫酸を作用させると, 消炎作用のある化合物 G が得られる。

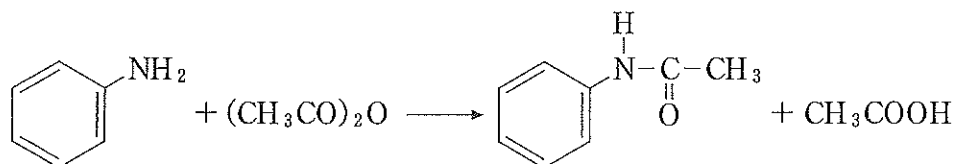
問 1 化合物 A の分子名を書け。また, 化合物 A の水溶液が銀鏡反応を示す理由を 80 字以内で記述せよ。

問 2 化合物 E に関する記述として正しいものをすべて選び記号で答えよ。

- ア. 水溶液は酸性を示す。
- イ. メタノールと混合し, 適当な条件で脱水縮合するとエーテルが得られる。
- ウ. 食酢の成分である。
- エ. 銀鏡反応を示す。
- オ. 触媒の存在下で還元すると第二級アルコールを生じる。

問 3 化合物 C のナトリウム塩と塩化ベンゼンジアゾニウムを反応させると染料を合成できる。この反応の反応式を書け。ただし、有機化合物は下図の例を参考にして、構造式で表せ。

(例)



問 4 炭酸水素ナトリウム水溶液に加えると発泡して溶解する化合物を A～G からすべて選び記号で答えよ。また、このとき発生した気体の名称を答えよ。

問 5 塩化鉄(III)水溶液と反応させたとき呈色がみられない化合物を C, D, F, G からすべて選び記号で答えよ。

(II) 油脂 A は純物質である。以下の文章を読んで問 1～問 3 に答えよ。

必要であれば以下の原子量を用いよ。

H : 1.0, C : 12.0, O : 16.0, K : 39.0

【実験ア】 油脂 A 0.886 g を完全に加水分解するには 0.168 g の水酸化カリウムを要した。

【実験イ】 油脂 A 0.886 g をニッケル触媒下で水素と反応させると標準状態で 44.8 mL の水素を吸収した。

【実験ウ】 完全に水素を吸収させた後で油脂 A を加水分解したところ、産生した脂肪酸は全て単一の飽和脂肪酸であった。

問 1 油脂 A の分子量を求めよ。

問 2 【実験ウ】で得られた飽和脂肪酸の分子量を求めよ。また示性式を記せ。

問 3 油脂 A を構成する高級脂肪酸が下表の範囲に限られる場合、油脂 A の構造異性体は何通りの可能性があるか答えよ。

名 称	炭素原子数	C=C 結合数
パルミチン酸	16	0
ステアリン酸	18	0
オレイン酸	18	1
リノール酸	18	2
リノレン酸	18	3