

化 学 (その1)

必要であれば、原子量は $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Cu = 63.5$ を用いよ。

第1問 次の問い(問1～7)にもっとも適する答えを、それぞれの問いの下にあるものなかから一つだけ選び、①, ②, ③, …の記号で答えよ。

問1 周期表についての次の記述のうち、正しいのはどれか。

- a 原子量は炭素の相対質量を12として定められている。
- b 周期表は質量数の順に元素を並べたものである。
- c 第3族から第12族の元素を遷移元素といい、すべて金属元素である。
- d 水、アンモニア、フッ化水素は、それぞれ第3周期の同族の水素化合物よりも沸点が高い。

- ① aのみ ② bのみ ③ cのみ ④ dのみ ⑤ aとb
⑥ aとc ⑦ aとd ⑧ bとc ⑨ bとd ⑩ cとd

問2 次の化学変化のうち、()内の原子の酸化数をもっとも減少しているのはどれか。

- ① 過マンガン酸カリウム → 硫酸マンガン (マンガン)
- ② 二クロム酸カリウム → 硫酸クロム (クロム)
- ③ 二酸化硫黄 → 硫黄 (硫黄)
- ④ 塩素酸カリウム → 塩化カリウム (塩素)
- ⑤ 硝酸 → 一酸化窒素 (窒素)

問3 物質の精製法についての記述のうち、誤りを含むものはどれか。

- ① 少量のヨウ化カリウムを含むヨウ素の結晶を純粋にするために、昇華を行う。
- ② 少量の酢酸を含む酢酸エチルを純粋にするために、蒸留を行う。
- ③ 少量の安息香酸を含む安息香酸メチルを純粋にするために、ジエチルエーテルと希塩酸で振りまぜて、ジエチルエーテルに抽出する。
- ④ 少量の塩化ナトリウムを含む硝酸カリウムの結晶を純粋にするために、再結晶を行う。
- ⑤ タンパク質とアミノ酸を含む水溶液からアミノ酸を除くために、透析を行う。
- ⑥ 海水をイオン交換水にするために、陽イオン交換樹脂と陰イオン交換樹脂に通す。

問4 原子量が52の元素M(Mは仮の元素記号)の酸化物がある。その組成が質量パーセントでM 68.4%, 酸素 31.6%のとき、この酸化物の組成式はどれか。

- ① MO ② MO₂ ③ MO₃ ④ M₂O
⑤ M₂O₃ ⑥ M₂O₅ ⑦ M₂O₇ ⑧ M₃O₄

化 学 (その2)

問5 ある弱酸 HA の電離定数は 25°C で $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ とする。次の文章のうち、誤っているのはどれか。

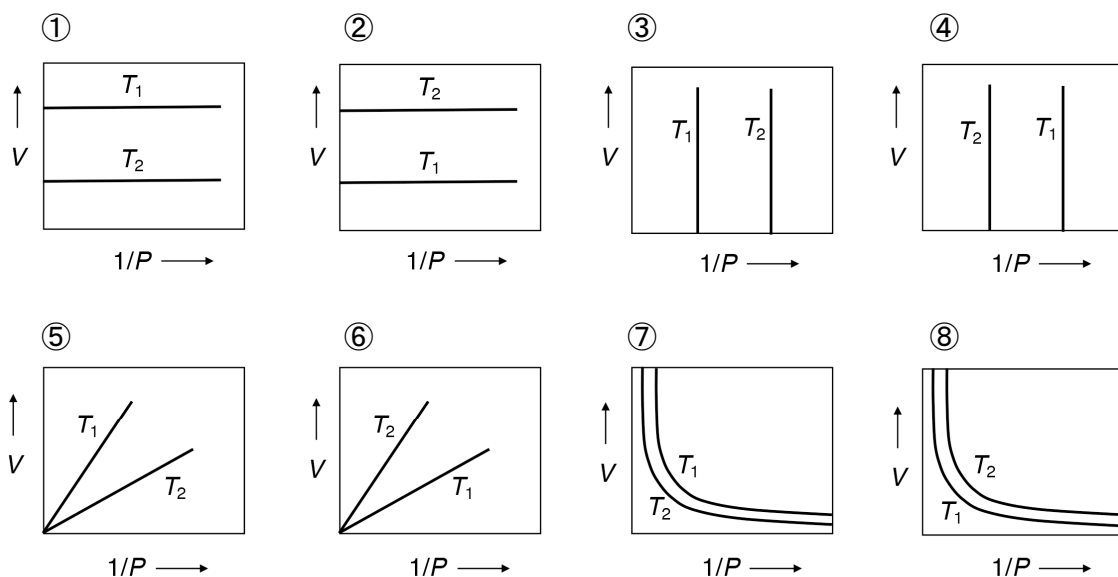
- a この弱酸の 1.0 mol/L 水溶液の pH は 3.0 である。
- b この弱酸の 0.010 mol/L 水溶液の電離度は 0.010 である。
- c HA とそのナトリウム塩 NaA をそれぞれ 0.10 mol/L の濃度で含む緩衝液の pH は 4.0 である。
- d 反応 $\text{A}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{HA}$ は発熱反応である。したがって、HA の電離定数は温度が高いほど小さくなる。

- ① aのみ ② bのみ ③ cのみ ④ dのみ ⑤ aとb
 ⑥ aとc ⑦ aとd ⑧ bとc ⑨ bとd ⑩ cとd

問6 次の物質の 10 g を水に溶かして 1.00 L としたもののうち、浸透圧がもっとも高いのはどれか。ただし、() 内はその物質の分子量または式量である。なお、電解質については、完全に電離しているものとする。

- ① エチレングリコール (62)
- ② 塩化カリウム (75)
- ③ 炭酸水素ナトリウム (84)
- ④ 塩化マグネシウム (95)
- ⑤ 硫酸アンモニウム (132)
- ⑥ グルコース (180)

問7 一定質量の理想気体の温度を $T_1(\text{K})$ あるいは $T_2(\text{K})$ に保ったまま、圧力 P を変える。このときの圧力 P [Pa] の逆数と気体の体積 V [L] との関係を表す、もっとも適当なグラフはどれか。ただし、 $T_2 > T_1$ とする。



化 学 (その3)

第2問 次の文章を読み、以下の問い(問1～4)に答えよ。

(1) 濃硫酸に純銅の薄片を入れて加熱し、二酸化硫黄を発生させる実験を行った。発生した二酸化硫黄は回収し、0.10 mol/Lのヨウ素溶液(ヨウ化カリウムを含む)50 mLにゆっくりと通して(2) 二酸化硫黄を完全にヨウ素と反応させた。この溶液に(3) 0.10 mol/L チオ硫酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液を滴下していった。溶液の色が淡くなったところで少量のデンプン水溶液を加え、生じた青紫色が消失する点を終点とした。終点に達するまでに10 mLの0.10 mol/L チオ硫酸ナトリウム水溶液を要した。なお、ヨウ素溶液中のヨウ化カリウムはこれらの反応に関係せず、チオ硫酸ナトリウムは水溶液中で還元剤として次のように働くものとする。



問1 下線部(1)と(2)の反応を化学反応式で示せ。

問2 下線部(3)の操作にもっとも適した器具の名称を答えよ。

問3 回収した二酸化硫黄の物質量[mol]はいくらか。

問4 下線部(1)で溶解した銅の質量[g]にもっとも近いものを下のなかから一つ選び、①, ②, ③, …の記号で答えよ。

- ① 0.035 ② 0.071 ③ 0.14 ④ 0.19 ⑤ 0.25 ⑥ 0.29 ⑦ 0.57

第3問 可逆反応 $\text{X}_2 + \text{Y}_2 \rightleftharpoons 2\text{XY}$ について、以下の問い(問1～3)に答えよ。ただし、 X_2 , Y_2 および XY はいずれも気体で、それぞれの結合エネルギーを432, 149および295 kJ/molとする。また、正反応 $\text{X}_2 + \text{Y}_2 \rightarrow 2\text{XY}$ の活性化エネルギー E_a を174 kJ/molとする。

問1 熱化学方程式 $\text{X}_2 + \text{Y}_2 = 2\text{XY} + Q$ [kJ] の Q の値を求めよ。

問2 逆反応 $2\text{XY} \rightarrow \text{X}_2 + \text{Y}_2$ の活性化エネルギー[kJ/mol]はいくらか。

問3 ある温度において、この可逆反応の正反応の反応速度 v_1 と逆反応の反応速度 v_2 は、それぞれの速度定数を k_1 と k_2 として、

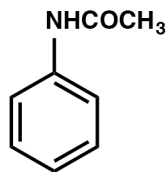
$$v_1 = k_1[\text{X}_2][\text{Y}_2] \qquad v_2 = k_2[\text{XY}]^2$$

と表すことができることがわかった。この温度において可逆反応が平衡状態にあるとき、平衡定数 K を k_1 と k_2 を用いて表せ。

化 学 (その4)

第4問 芳香族有機化合物 A ~ F は、分子式 $C_8H_8O_2$ をもつ。これらの化合物に関する以下の文章 (1) ~ (4) を読み、化合物 A ~ H の構造式を例にならって書け。

構造式の例



- (1) 化合物 A と化合物 B は、炭酸水素ナトリウム水溶液に気体を発生しながら溶解したが、化合物 C ~ F は反応しなかった。化合物 B を過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると、主に合成繊維として利用されるポリエチレンテレフタレート (ポリエステル) の原料が得られた。
- (2) 化合物 A と化合物 C を、それぞれ過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると、どちらからも分子式 $C_8H_6O_4$ の化合物 G が得られた。さらに、化合物 G を加熱したところ、水分子が 1 個とれた化合物 H が生成した。なお、化合物 H はナフタレンを酸化バナジウム(V) V_2O_5 を触媒として、空気酸化して得られる化合物と同じであった。
- (3) 化合物 D に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、容易に溶解した。この溶液にヨウ素を作用させると、特有な臭気をもつ黄色の沈殿が生じた。さらに、この沈殿を除いた反応液に希硫酸を加えると、サリチル酸が得られた。
- (4) 化合物 E と化合物 F に、水酸化ナトリウム水溶液を加えても溶解しなかったが、この混合物を加熱したらどちらの化合物も徐々に溶解し、ついには、それぞれ均一な溶液 S_E と S_F になった。ここで、溶液 S_E に希硫酸を加えると、無色の結晶が析出し、これはトルエンを過マンガン酸カリウム水溶液で酸化して得られる化合物と同じであった。一方、溶液 S_F に、塩化ベンゼンジアゾニウム水溶液を加えたところ、橙赤色を呈した。

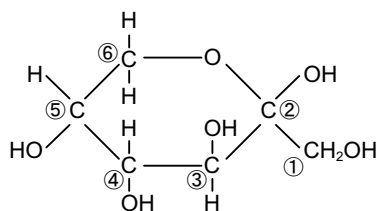
化 学 (その5)

第5問 次の文章を読み、以下の問い(問1～6)に答えよ。

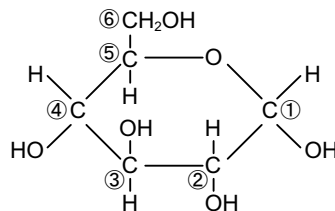
二糖類のマルトース、スクロース、セロビオース、トレハロースは、分子式 $C_6H_{12}O_6$ の単糖 2 分子が (ア) 結合した構造からなり、分子式 (イ) で表される。二糖類のなかで α -グルコース 1 分子と β -フルクトース 1 分子からなるスクロースと、 α -グルコース 2 分子からなるトレハロースは還元性をもたないが、マルトース、セロビオースは還元性をもつ。これらの 2 つの二糖類が還元性をもつ理由は、ヘミアセタール構造があることにより、水溶液中でその一部が開環して鎖状構造をとるためである。スクロース水溶液に酵素 (ウ) を加えて加水分解すると、1 分子の α -グルコースと 1 分子の β -フルクトースが生成される。この等量混合物は (エ) とよばれる。下の図に示す α -グルコースおよび β -フルクトースは水溶液中で共に還元性を示すが、この理由は鎖状構造ではグルコース分子に構造 I が、フルクトース分子に構造 II が形成されるためである。

単糖の環状構造(単糖 A, 単糖 B どちらかが α -グルコース, β -フルクトースに相当する)

単糖 A



単糖 B



問1 (ア)～(エ)に適切な言葉もしくは分子式を記せ。

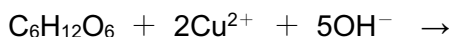
問2 構造 I および II について、適切な部分構造を構造式で記せ。

問3 二糖トレハロースの形成にあずかる α -グルコース分子中の炭素の番号を図から選んで次の例のように記せ。

例：単糖 (C) の (③) と (⑥)

問4 β -フルクトースは結晶中では六員環の環状構造をしているが、水溶液中では鎖状構造や、五員環の環状構造と平衡状態にある。 β -フルクトースの五員環構造の構造式を、上の図にならって記せ。

問5 α -グルコース水溶液にフェーリング試薬を加えて加熱すると、赤色化合物の沈殿が生じる。その反応式を以下に示す。反応式の右側を記せ。



化 学 (その6)

問6 スクロース 17.1 g を 1000 mL の水に溶解し、酵素を反応させて一定時間スクロースを加水分解させた。この反応液に十分量のフェーリング液を作用させたところ、得られた赤色化合物は 5.72 g であった。酵素反応において何 % のスクロースが加水分解されたか。下の ① ～ ⑨ から選べ。ただし、1 mol の単糖からは 1 mol の赤色化合物の沈殿が生じたものとする。

- ① 10 ② 20 ③ 30 ④ 40 ⑤ 50
⑥ 60 ⑦ 70 ⑧ 80 ⑨ 90

第6問 次の(1)～(5)に示す2種の化合物を、化学反応を利用して区別するのにもっとも適した試薬を〔試薬欄〕の a～g から一つ選び、選んだ理由を〔反応の変化欄〕の ①～⑦ から一つ選べ。

- (1) メタノールとエタノール (2) ジエチルエーテルとメタノール
(3) アセチルサリチル酸とサリチル酸メチル (4) ギ酸と酢酸
(5) シクロヘキサンとシクロヘキセン

〔試薬欄〕

- a アンモニア性硝酸銀溶液 b 臭素水 c 金属ナトリウム
d 塩化鉄(III)水溶液 e 水酸化ナトリウム水溶液
f ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液 g 希塩酸

〔反応の変化欄〕

- ① 試薬を加えると、黄色の気体が発生する。
② 試薬を加えると、無色の気体が発生する。
③ 試薬を加えると、試薬の色が消える。
④ 試薬を加えると、赤紫色を呈する。
⑤ 試薬を加えると、無色の結晶が沈殿する。
⑥ 試薬を加え温めると、黄色の沈殿物が生成する。
⑦ 試薬を加えると、光沢のある金属が析出する。