

令和 6 年度入学者選抜学力検査問題

理 科 (本文 29 ページ)

地域デザイン科学部

社会基盤デザイン学科 9 時 30 分 — 11 時 00 分

工学部

基盤工学科 9 時 00 分 — 11 時 00 分

農学部

生物資源科学科, 応用生命化学科, 森林科学科 9 時 30 分 — 11 時 00 分

{注意}

1. 検査開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけない。
2. 「受験番号」は、解答用紙の受験番号欄に忘れずに記入しなさい。
3. この問題冊子には、「物理 1 頁～10 頁(5 問題)」、「化学 11 頁～22 頁(3 問題)」、「生物 23 頁～29 頁(3 問題)」の 3 科目の問題がある。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出なさい。
4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入しなさい。所定の欄以外に記入したものは無効である。
5. 地域デザイン科学部志願者は、物理の第 1 問～第 4 問を解答しなさい。
6. 工学部志願者は、届け出た 1 科目を選択し、物理は第 1 問～第 5 問を、化学は第 1 問～第 3 問を解答しなさい。
7. 農学部生物資源科学科の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答しなさい。
 応用生命化学科の志願者は、化学の第 1 問～第 2 問を解答しなさい。
 森林科学科の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、物理は第 1 問～第 3 問を、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答しなさい。
8. 問題又は解答用紙に指示がある場合は、必ず計算過程も記入しなさい。
9. 計算用紙は別に配付しないので、問題冊子の余白を使いなさい。

化 学

(答えは解答用紙の所定欄に記入せよ。)

第1問から第3問について、必要があれば、次の数値を使うこと。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $S = 32.0$, $Cl = 35.0$,

$K = 39.0$, $Ca = 40.0$, $Cu = 64.0$,

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$, 気体はすべて理想気体とする。

第1問 以下の問い(問1～問4)に答えよ。

問1 下欄に示した塩(化合物)のいずれか一つを含む4種類の水溶液(A～D)について、次の実験1～4を行った。水溶液A～Dに含まれる塩(化合物)を化学式で記せ。

$ZnSO_4$	$CuSO_4$	$Cu(NO_3)_2$	$AgNO_3$	$BaCl_2$
----------	----------	--------------	----------	----------

実験1 : A にアンモニア水を加えると、沈殿が生じた。さらに、アンモニア水を過剰に加えると、この沈殿は溶解した。

実験2 : A, B, C それぞれに D を加えると、白色沈殿が生じた。

実験3 : B に D を加えて生じた白色沈殿は、過剰のアンモニア水を加えると溶解した。

実験4 : C を酸性にして、硫化水素(H_2S)を通じても変化は起こらなかった。

問 2 次の文章を読み、以下の問い(1)および(2)に答えよ。

空气中で銅の粉末を 1000 °C 以下で加熱すると、黒色の粉末が得られた。
(a) この黒色粉末は、水酸化銅(II)を加熱することでも得ることができる。
(b) 得られた黒色の粉末を、希硫酸と反応させた。 反応後の水溶液から再結晶させた水和物は、(c) 色の結晶であった。さらに、この結晶を加熱すると、 色の無水物になった。

(1) 下線部(a)~(c)の反応の化学反応式を記せ。

(2) および にあてはまる色を記せ。

問 3 硫酸銅(II)水溶液に関する以下の問い(1)~(3)に答えよ。ただし、水への溶解度は 100 g の水に溶ける溶質の最大の質量(g)を表すものとし、実験操作による水の蒸発は考慮しないものとする。

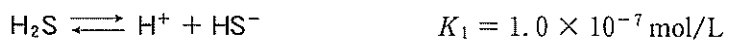
(1) 次の(ア)~(コ)は、1.00 mol/L の硫酸銅(II)水溶液の作り方を述べたものである。正しい選択肢をすべて選べ。

- (ア) 1000 g の水に 160 g の無水硫酸銅(II)を溶解させる。
- (イ) 1000 mL の水に 160 g の無水硫酸銅(II)を溶解させる。
- (ウ) 160 g の無水硫酸銅(II)を水に溶解させ、1000 mL にする。
- (エ) 160 g の無水硫酸銅(II)を水に溶解させ、1000 g にする。
- (オ) 840 g の水に 160 g の無水硫酸銅(II)を溶解させる。
- (カ) 840 mL の水に 160 g の無水硫酸銅(II)を溶解させる。
- (キ) 750 g の水に 250 g の硫酸銅(II)五水和物を溶解させる。
- (ク) 750 mL の水に 250 g の硫酸銅(II)五水和物を溶解させる。
- (ケ) 250 g の硫酸銅(II)五水和物を水に溶解させ、1000 mL にする。
- (コ) 250 g の硫酸銅(II)五水和物を水に溶解させ、1000 g にする。

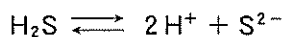
- (2) 硫酸銅(Ⅱ)五水和物を 50 g はかり取り、20 °C の水に完全に溶解させて飽和水溶液を調製した。溶解に用いた水の質量 [g] を整数値で求めよ。なお、計算過程も記せ。ただし、20 °C における硫酸銅(Ⅱ)の水への溶解度は 20 とする。
- (3) (2)の水溶液を 60 g 取り、さらに無水硫酸銅(Ⅱ)を X [g] 加えて 60 °C に加熱したところ、無水硫酸銅(Ⅱ)は完全には溶解せず、沈殿が残っていた。次に、この水溶液を 80 °C に加熱したところ、沈殿は完全に溶解した。このような現象が見られるためには、加えた無水硫酸銅(Ⅱ)の質量 X がどのような範囲にあれば良いか、 X の値の範囲を不等号を用い、有効数字 2 桁で示せ。なお、計算過程も記せ。ただし、60 °C と 80 °C における硫酸銅(Ⅱ)の水への溶解度は、それぞれ 40 および 56 とする。

問 4 金属イオンの沈殿に関する以下の問い(1)~(4)に答えよ。

- (1) 硫化水素は水溶液中で 2 段階に電離する。 K_1 と K_2 はそれぞれの式の電離定数であり、値は下記の通りとする。



硫化水素の 2 段階の電離をまとめた以下の反応の電離定数 K の値を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。



- (2) Cu^{2+} と Ca^{2+} をそれぞれ 0.050 mol/L の濃度で含む水溶液を、希塩酸を用いて $\text{pH } 2.0$ に調整し、飽和水溶液となるまで硫化水素を通じたところ、硫化銅(CuS)の沈殿が生じた。このときの水溶液中の硫化水素の濃度は 0.10 mol/L であり、 pH の変化はなかった。水溶液中の S^{2-} の濃度 [mol/L] を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。
- (3) (2)の水溶液中で沈殿せずに残った Cu^{2+} の濃度 [mol/L] を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。ただし、硫化銅の溶解度積 K_{sp} は $6.0 \times 10^{-36} (\text{mol/L})^2$ とする。
- (4) (2)の水溶液をろ過し、得られたろ液中に含まれる Ca^{2+} を沈殿させるためにはどのような操作が必要か、生じた沈殿物の化学式を含めて簡潔に述べよ。

第2問 次の文章を読み、以下の問い(問1～問9)に答えよ。

糖類(炭水化物)、タンパク質および脂質は食品の構成成分として重要で、三大栄養素と呼ばれている。

デンプンなどの多糖類は、グルコースなどの^(a)単糖類や二糖類に分解される。

グルコースは、酵母菌のはたらきによってエタノールと二酸化炭素に分解される。^(b) この反応をアルコール発酵という。

タンパク質は、消化酵素によって加水分解され、アミノ酸を生じる。 α -アミノ酸^(c)は、一般に $R-CH(NH_2)-COOH$ と表され、側鎖Rの違いによって α -アミノ酸の種類が決まる。

脂質には、油脂、リン脂質、コレステロールなどが含まれる。動物や植物から得られる油脂は、高級脂肪酸^(d)とグリセリンのエステルであり、常温で固体のものと液体のものがある。

セルロース^(e)はデンプンと同じようにグルコースを構成単糖とする多糖類であるが、ヒトはセルロースを消化する酵素をもたないため、食物繊維としてはたらく。

問1 下線部(a)について、単糖類や一部の二糖類の水溶液は銀鏡反応を示すが、スクロース水溶液は銀鏡反応を示さない。スクロースが銀鏡反応を示さない理由を、図2-1を用いて説明せよ。また、銀鏡反応を示す構造を作る部分を、解答欄の図中に線で囲んで示せ。

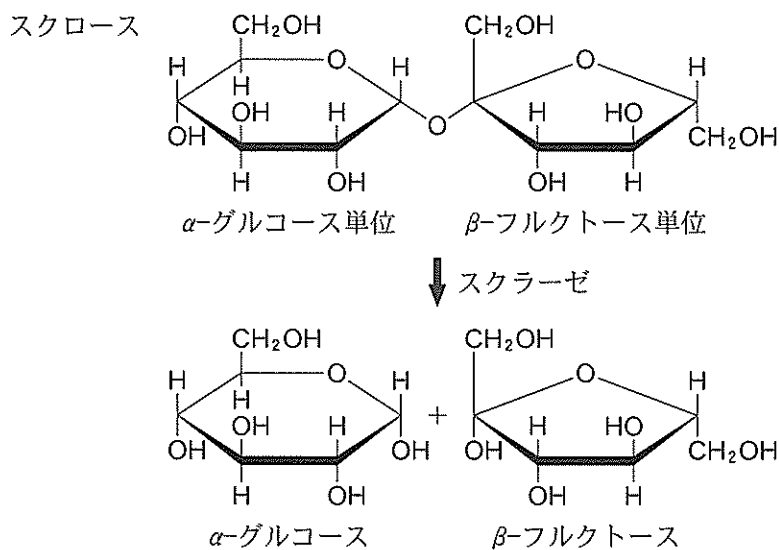


図 2—1 スクロースの加水分解

問 2 下線部(b)について、グルコースのアルコール発酵を表す化学反応式を記せ。

問 3 エタノールを濃硫酸と加熱すると脱水反応が起こり、エチレンが生じる。エチレンを酸化させると、化合物 A が生じる。化合物 A は、アセチレンに水を付加させることによっても生じる。アセチレンへの水の付加反応によって化合物 A が生じる反応の化学反応式を記せ。また、化合物 A が生じる理由について述べよ。

問 4 エチレンに塩素を付加させることによって、化合物 B が生じる。化合物 C は、化合物 B を熱分解することによっても、アセチレンに塩化水素を付加させることによっても生じる。化合物 B と化合物 C の名称と構造式を記せ。

問 5 下線部(c)について、表 2—1 に代表的な α -アミノ酸の側鎖 R を示す。表 2—1 で示した側鎖 R のいずれかをもつ 4 種類の α -アミノ酸がある。それぞれの α -アミノ酸を正確にはかりとり完全燃焼させたところ、いずれも二酸化炭素 264 mg と水 126 mg が生じた。これら 4 種類の α -アミノ酸の側鎖 R として適当なものを表 2—1 の中から選んで、その番号をすべて記せ。なお、計算過程も記せ。

表 2—1 代表的な α -アミノ酸の側鎖 R

番号	側鎖 R	番号	側鎖 R
①	H	⑥	CH ₃ S
②	CH ₃	⑦	C ₃ H ₇ S
③	C ₇ H ₇	⑧	C ₂ H ₃ O ₂
④	C ₇ H ₇ O	⑨	C ₃ H ₅ O ₂
⑤	CH ₃ O	⑩	C ₄ H ₁₀ N

問 6 問 5 の 4 種類の α -アミノ酸の中で、塩基性を示す α -アミノ酸 D の 2 つの鏡像異性体の構造式を記せ。

問 7 タンパク質に水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えたところ、赤紫色の呈色が観察された。この反応の名称を記せ。一方、表 2—1 に示した側鎖 R をもつ α -アミノ酸では、いずれの水溶液に同様の操作をしても、赤紫色の呈色は観察されなかった。この理由を説明せよ。

問 8 下線部(d)について、高級脂肪酸 E(分子量 284)と高級脂肪酸 F(分子量 282)は、炭素数はどちらも同じだが、融点は脂肪酸 E のほうが高い。この理由を説明せよ。また、脂肪酸 E の示性式を記せ。

問 9 下線部(e)について、セルロース分子内にはたらいっている水素結合を、解答欄の図中に 2 か所、点線で記せ。

第3問 水溶液の性質に関する以下の問い(問1～問3)に答えよ。

問1 次の文章の ～ にあてはまる適当な語句を，語群から
選び答えよ。

イオン結晶では陽イオンと陰イオンが静電的な力で強く結合している。イオン結晶に 溶媒である水を加えたとき， の結びつきよりも の結びつきが強いと水和イオンとなり，水中に拡散することで結晶は溶解する。これに対し，非電解質である が水によく溶解するのは，分子内に水和されやすい親水基があるためである。

一方，無極性分子である は水によって安定化されにくいため水には溶けにくいものの には溶けやすい。

語群：「グルコース」，「ヨウ素」，「溶媒」，「極性」，「無極性」，「親水」，
「疎水」，「極性溶媒」，「無極性溶媒」，「イオンどうし」，「水分子どうし」，「イオンと水分子」

問2 気体の水への溶解に関する実験Ⅰおよび実験Ⅱについて以下の問い(1)～(7)に答えよ。ただし，密閉容器内での水蒸気の分圧は無視できるものとし，容器および水の膨張はないものとする。また，気体の溶解に伴う水の体積変化は無視できるものとする。

[実験Ⅰ]

温度 T [K] において容積 V_1 [L] の密閉容器に圧力 P_1 [Pa] の窒素 N_2 を充填した(条件1)。温度 T [K] 一定でこの容器に $\frac{1}{2} V_1$ [L] の水を加え，気体の体積を $\frac{1}{2} V_1$ [L] としたところ， x [mol] の N_2 が水に溶解し気体の圧力は P_2 [Pa] となった(条件2)。実験Ⅰの模式図を図3—1に示す。

- (1) 条件 1 における N_2 の物質量を n_1 [mol] とすると式 3—1 が成り立つ。

$$n_1 = \boxed{\text{あ}} \times P_1 \quad (\text{式 3—1})$$

$\boxed{\text{あ}}$ にあてはまる数式を V_1 , R , T を用いて答えよ。

- (2) 条件 2 において気体として存在する N_2 の物質量を n_2 [mol] とする。このとき n_1 , n_2 , x の間に式 3—2 が成り立つ。

$$n_1 = \boxed{\text{い}} \quad (\text{式 3—2})$$

$\boxed{\text{い}}$ にあてはまる数式を n_2 , x を用いて答えよ。

- (3) 条件 2 において水に溶解した N_2 の物質量に関し式 3—3 が成り立つ。

$$x = \left(\boxed{\text{う}} \right) \times \frac{V_1}{RT} \quad (\text{式 3—3})$$

$\boxed{\text{う}}$ にあてはまる数式を P_1 , P_2 を用いて答えよ。

- (4) 温度 T [K] 一定で条件 2 の気体を圧縮したところ気体の圧力は $2P_2$ [Pa] となった(条件 3)。このとき、水に溶解した N_2 の物質量 [mol] を x を用いて答えよ。

[実験Ⅱ]

20℃において密閉容器に 0.10 L の水と、 N_2 と酸素 O_2 の混合気体を封入すると、それぞれの気体の一部が水に溶解した。このとき気体の全圧が 1.013×10^5 Pa となり、気体として存在する N_2 と O_2 の物質量の比は 3 : 1 となった(条件 4)。ただし、 N_2 の分圧が 1.013×10^5 Pa のとき、1.0 L の水 (20℃) に溶解する N_2 の物質量は 7.1×10^{-4} mol である。同様に O_2 の分圧が 1.013×10^5 Pa のとき、1.0 L の水 (20℃) に溶解する O_2 の物質量は 1.4×10^{-3} mol である。実験Ⅱの模式図を図 3—2 に示す。

- (5) 条件 4 において水に溶解した N_2 と O_2 の物質量 [mol] をそれぞれ有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。

(6) 条件4において水に溶解した N_2 の標準状態における体積[L]を有効数字2桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。

(7) 水に溶解するすべての気体にヘンリーの法則が成り立つわけではない。例えば、塩化水素が水へ溶解するとき、ヘンリーの法則とは異なる挙動を示す。その主な理由を説明せよ。

[実験 I]

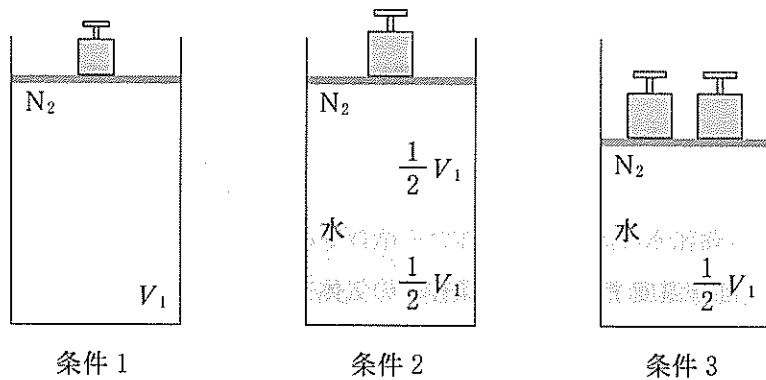


図3—1 実験 I の模式図

[実験 II]

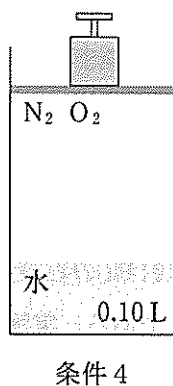


図3—2 実験 II の模式図

問 3 図 3—3 には、希薄水溶液を冷却した際の冷却時間と水溶液の温度の関係である冷却曲線を、図 3—4 には、液体の蒸気圧曲線を模式的に示した。このとき、次の問い(1)~(7)に答えよ。

- (1) 溶液を冷却していくと、液体の状態を保ったまま、溶液の温度が凝固点よりも下がることもある。この現象の名称を記せ。
- (2) 図 3—3 の冷却曲線を示す希薄水溶液の凝固点は、点 A~E のどの点の温度かを答えよ。
- (3) 図 3—3 の冷却曲線を示す希薄水溶液で溶媒の凝固が始まる点は、点 A~E のどの点かを答えよ。
- (4) 図 3—3 の冷却曲線では、点 D から点 E では温度が徐々に下がりが続けた。この理由を述べよ。
- (5) 希薄水溶液として、グルコース($C_6H_{12}O_6$) 3.6 g を 100 g の水に溶かした水溶液を用いたとき、凝固点は $-0.37\text{ }^\circ\text{C}$ であった。水のモル凝固点降下 K_f [$\text{K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$] を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。
- (6) 図 3—4 の曲線(a)~(c)は、水、(5)のグルコース水溶液、塩化カルシウム 1.48 g を 100 g の水に溶かした水溶液の蒸気圧曲線のいずれかである。塩化カルシウム水溶液に対する蒸気圧曲線を、(a)~(c)の中から選び記号で答えよ。また、そのように考えた理由も述べよ。なお、塩化カルシウムは水溶液中で完全に電離しているものとする。
- (7) 1 気圧で、 $0\text{ }^\circ\text{C}$ の氷 180 g を加熱して全て $100\text{ }^\circ\text{C}$ の水蒸気にするのに必要な熱量(kJ)を有効数字 2 桁で求めよ。なお、水 1 g の温度を 1 K 上げるのに必要な熱量を $4.2\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、 $0\text{ }^\circ\text{C}$ での氷の融解熱を $6.0\text{ kJ}/\text{mol}$ 、 $100\text{ }^\circ\text{C}$ での水の蒸発熱を $41\text{ kJ}/\text{mol}$ とする。また、計算過程も記せ。

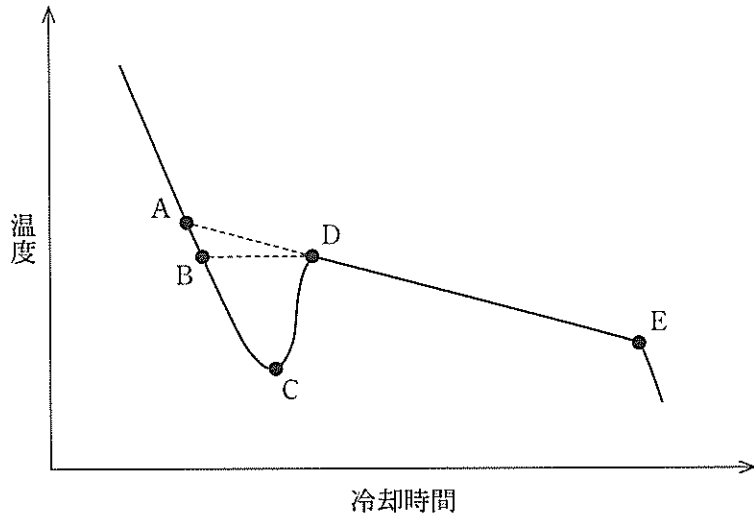


図 3—3 希薄水溶液の冷却曲線の模式図

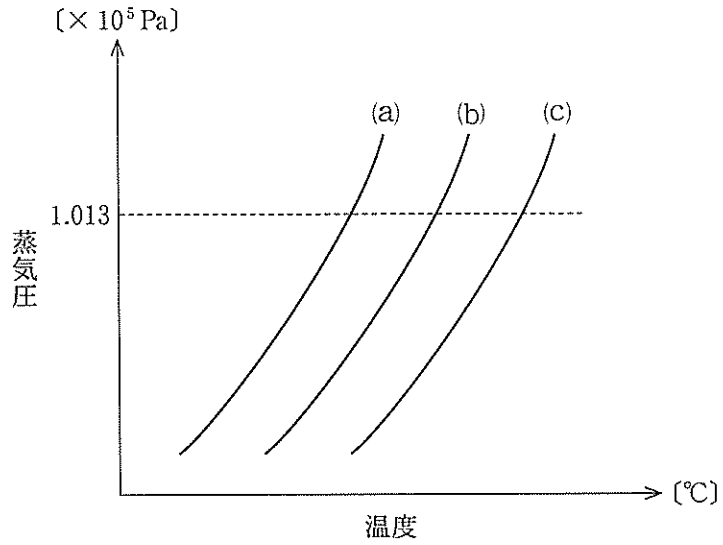


図 3—4 液体の蒸気圧曲線の模式図