

2024年度

理 科

R 2

【 化 学 】

2月25日(日)	理 学 部 (数学科, 化学科, 生物科学科, 地球科学科, 創造理学コース)	
【前期日程】	農 学 部	13 : 50 ~ 15 : 10
	工 学 部 (電子物質科学科, 化学バイオ工学科, 数理システム工学科)	14 : 40 ~ 16 : 00

注 意 事 項

試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで, 問題冊子, 解答用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い, 出願時に選択した科目の問題冊子, 解答用紙であるかどうかを確かめ, 全部の解答用紙(8枚)に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

試験開始後

- 4 この問題冊子は, 8ページあります。はじめに, 問題冊子, 解答用紙を確かめ, 枚数の不足や, 印刷の不鮮明なもの, ページの落丁・乱丁があった場合は, 手をあげて監督者に申し出なさい。
- 5 問題は, 1 ~ 4 の全てを解答しなさい。
- 6 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 7 問題は, 声を出して読んではいけません。
- 8 各問ごとの配点は, 比率(%)で表示してあります。

試験終了後

- 9 問題冊子は, 必ず持ち帰りなさい。

問題訂正

科目 理科（化学）

訂正箇所

問題 2

3 ページ 問 1 1 行目

（誤）

問 1 下線部(a)に関して，次の(あ)～(え)の中から正しい記述をすべて選び，記号で記せ。

（正）

問 1 下線部(a)に関して，次の(あ)～(え)の中から正しい記述をすべて選び，記号で記せ。

ただし，触媒の体積は無視できるものとする。

問題 4

8 ページ 問 5 (5)

（誤）

(5) 生成した化合物 F の質量 [mg] を求めよ。所定の欄に計算過程を示し，有効数字 3 桁で答えよ。

（正）

(5) 手順③で得られた化合物 F の質量 [mg] を求めよ。所定の欄に計算過程を示し，有効数字 3 桁で答えよ。

【注意】 必要ならば、次の数値を用いること。

原子量：H 1.0, C 12, O 16, Sn 119

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

1 次の文章を読み、下の問いに答えよ。(配点 25 %)

最も簡単なアルカンであるメタン^(a)は、都市ガスに使われるなど、日々の生活に関わりの深い物質である。また、メタンを高温の水蒸気と反応させると、化学プロセスで重要な一酸化炭素と水素^(b)を得ることができる。メタンは炭化水素の中で燃焼時の単位質量あたりの二酸化炭素排出量^(c)が最も小さいため、地球温暖化対策の観点からも重要なエネルギー媒体といえる。一方、大気中のメタン濃度^(d)は増加傾向にあり、メタン自身が温室効果ガスであることから、二酸化炭素と同様に排出量を削減する取り組みが世界で進められている。さらに、メタンは水にわずかに溶ける^(e)ため、天然ガスの産地では水道水へのメタンの混入が問題になっている。

水とメタンは、低温、高圧の一定条件下でメタンハイドレート^(f)とよばれる固体を生成する。メタンハイドレートは深海の海底面下や極地方の永久凍土などに多量に存在し、日本近海の海底面下にも多く存在することから、将来のエネルギー資源として注目され、試験的な採掘が行われている。

問 1 下線部(a)に関して、メタン分子の形を空間図形(立体)の名称で記せ。

問 2 下線部(b)の化学反応式を記せ。

問 3 下線部(c)に関して、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 1.00 mol の気体のメタンが完全燃焼するときに発生する熱量を 891 kJ とする。このときのメタンの生成熱[kJ/mol]を求めよ。ただし、液体の水および気体の二酸化炭素の生成熱をそれぞれ 286 kJ/mol および 394 kJ/mol とする。所定の欄に熱化学方程式を用いた計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。
- (2) 1.00 g のメタンおよび 1.00 g のプロパンが完全燃焼するときに発生する二酸化炭素の質量[g]をそれぞれ求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。

問 4 下線部(d)に関して、大気中のメタン濃度が $1.9 \times 10^{-4} \%$ であるとき、27℃、 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 1.00 m^3 中に存在するメタンの物質量[mol]を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、気体は理想気体として扱えるものとする。

問 5 下線部(e)に関して、 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ のメタンは、 0°C の水 1.00 L に $2.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 溶解するとする。 $1.00 \times 10^3 \text{ Pa}$ のメタンが 0°C の水 2.0 L に接しているとき、水に溶解しているメタンの物質質量[mol]を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。

問 6 下線部(f)に関して、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) メタンハイドレートは、水分子がつくるかご状構造の中に、メタン分子が取り込まれた固体の物質である。メタンハイドレート中のメタンと水の分子数の比を 4 : 23、メタンハイドレートの密度を 0.91 g/cm^3 として、 1.00 m^3 のメタンハイドレートから得られるメタンの物質質量[mol]を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。
- (2) メタンハイドレートを分解して気体のメタンと液体の水にするには、メタンハイドレート中のメタン 1.00 mol あたり 54.2 kJ 必要である。 1.00 m^3 のメタンハイドレートを分解し、さらにメタンを完全燃焼することで最終的に得られる熱量[kJ]を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、メタンの燃焼熱を 891 kJ/mol とする。

2 次の文章を読み、下の問いに答えよ。(配点 25 %)

気体の可逆反応は、一般に次の式①で表される。ただし、A, B, P, Q は気体物質の化学式を、 a, b, p, q はそれぞれの物質の係数を表す。



この可逆反応が平衡状態にあるとき、各物質のモル濃度を $[A], [B], [P], [Q]$ とすると、平衡定数 K_c は次の式②のように表される。また、各物質の分圧を p_A, p_B, p_P, p_Q とすると、圧平衡定数 K_p は次の式③のように表される。これらの関係は化学平衡の法則とよばれ、温度が一定ならば平衡定数 K_c および圧平衡定数 K_p の値はつねに一定である。

$$K_c = \frac{[P]^p [Q]^q}{[A]^a [B]^b} \quad \text{②}$$

$$K_p = \frac{p_P^p p_Q^q}{p_A^a p_B^b} \quad \text{③}$$

可逆反応が平衡状態にあるとき、温度・圧力・濃度などの条件を変化させると、その変化による影響を (ア) 方向へと平衡が移動する。これをルシャトリエの原理という。

問 1 下線部(a)に関して、次の(あ)～(え)の中から正しい記述をすべて選び、記号で記せ。

- (あ) 平衡状態に達するまでの時間は、あらゆる化学反応で同じである。
- (い) 触媒を加えると、平衡の移動が起こる。
- (う) ある溶質とその飽和溶液の混合物は、温度が一定であるとき平衡状態にある。
- (え) 純粋な水の電離平衡では、 H^+ のモル濃度と OH^- のモル濃度は等しい。

問 2 空欄 (ア) に入る適切な語を、次の(あ)または(い)から一つ選び、記号で記せ。

- (あ) 強める (い) やわらげる

問 3 式①における各物質の係数が $a = 1, b = 3, p = 2, q = 0$ であるとき、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 平衡定数 K_c の単位を記せ。ただし、モル濃度の単位を mol/L とする。
- (2) 正反応と逆反応の活性化エネルギーがそれぞれ 326 kJ/mol および 418 kJ/mol であるとき、平衡を右側に移動させるためには反応条件をどのように変化させればよいか。反応に伴う熱の出入りにもとづいて簡潔に記せ。ただし、反応は一定体積の容器を用いて行うものとし、容器の外部と物質のやり取りは一切できないものとする。

問 4 式①における各物質の係数が $a = 1$, $b = 0$, $p = 2$, $q = 0$ であるとき、次の(1)および(2)に答えよ。ただし、式①の全ての気体は理想気体としてふるまうものとする。

- (1) 圧平衡定数 K_p を、 p_A と p_P を用いて記せ。
- (2) 温度を T [K]、気体定数を R [Pa・L/(mol・K)] としたとき、 K_p と K_c の間に成り立つ関係式を記せ。所定の欄に導出の過程を示せ。ただし、反応は一定体積の容器を用いて行うものとする。

問 5 式①における各物質の係数が $a = 2$, $b = 0$, $p = 1$, $q = 1$ であるとき、次の(1)~(4)に答えよ。

- (1) 正反応と逆反応の反応速度をそれぞれ $v_1 = k_1[A]^2$, $v_2 = k_2[P][Q]$ とする。ただし、 k_1 と k_2 はそれぞれ正反応と逆反応の反応速度定数である。温度が一定であるとき、この可逆反応の平衡定数 K_c を、 k_1 と k_2 を用いて記せ。所定の欄に導出の過程を示せ。
- (2) 一定体積の容器に A のみを 5.0 mol 封入して、ある一定の温度に保った。十分に時間が経過したのちに、可逆反応が平衡状態に達したことを確認した。次の(i)および(ii)に答えよ。
 - (i) 平衡状態における P の物質量を x [mol] としたとき、この反応の平衡定数 K_c を、 x を用いて表せ。
 - (ii) この反応の平衡定数が $K_c = \frac{1}{64}$ であるとき、生成した P の物質量 x [mol] を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。
- (3) 設問(2)の平衡状態にある混合気体から Q だけを取り除いた。その後、設問(2)と同じ温度に保って反応させて、十分に時間が経過したのちに再び可逆反応は平衡状態となった。このとき、容器内に存在する P の物質量 [mol] を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。必要ならば、 $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\sqrt{6} = 2.45$ を用いよ。
- (4) 設問(2)の平衡状態にある混合気体の入った容器に、不活性ガスであるヘリウムを 5.0 mol 加えた。十分に時間が経過したのちの可逆反応について、次の(あ)~(う)の中から最も適切なものを一つ選び、記号で記せ。また、その平衡状態になる理由を簡潔に記せ。
 - (あ) 平衡は右側に移動する
 - (い) 平衡は左側に移動する
 - (う) 平衡は移動しない

3 次の文章を読み、下の問いに答えよ。(配点 25 %)

12 族の亜鉛、14 族のスズおよび鉛は、酸および強塩基の水溶液と反応する両性金属である。
亜鉛は塩酸にも水酸化ナトリウム水溶液にも溶解する。亜鉛の原子は (ア) 個の価電子をも
(b) ち、亜鉛の燃焼によって得られる酸化亜鉛は白色顔料や医薬品として用いられる。水酸化亜鉛は
両性水酸化物で、酸とも強塩基とも反応する。スズと鉛の原子はいずれも (イ) 個の価電子
をもち、酸化数が +2 または +4 の化合物をつくる。スズは酸化数が (ウ) の方がより安
定、鉛は酸化数が (エ) の方がより安定であることから、塩化スズ(Ⅱ)は塩化鉛(Ⅱ)より強
い (オ) 剤としてはたらく。鉛の単体は鉛蓄電池の電極や、放射線の遮へい材料として広く
利用されている。水溶液中の鉛(Ⅱ)イオンは、さまざまな陰イオンと反応して、特有の色をもつ
沈殿を生じる。(d)

スズは合金やめっきなどの幅広い用途で利用されている。スズに銀、銅などを添加した合金で
ある無鉛はんだは、金属どうしの接合のために用いられている。(e) 鋼板(Fe)は空気中の酸素や水
と反応して腐食される。鋼板の腐食を防ぐためにスズで表面を覆ったブリキや亜鉛で覆ったトタ
(f) ンが利用されている。ブリキは缶詰やバケツなど主に屋内での用途に利用されており、トタンは
屋外の用途に利用される。スズには複数の同素体が存在する。常温では白色スズとよばれる金属
のスズが安定であるが、低温では結晶構造の異なる灰色スズに形態が変化し(これを同素変態と
よぶ)、金属的な性質のほとんどが失われる。低温で長期間保持されたスズ製品は同素変態に
よって変形や破壊に至ることが知られている。(g)

問 1 空欄 (ア) ~ (オ) に入る適切な語または数を記せ。

問 2 下線部(a)に関して、鉛は硝酸や強塩基の水溶液には溶けるが、塩酸や希硫酸には溶けにく
い性質をもつ。両性金属である鉛が塩酸にも希硫酸にも溶けにくい理由を簡潔に記せ。

問 3 下線部(b)に関して、これらの反応の化学反応式をそれぞれ記せ。

問 4 下線部(c)に関して、水酸化亜鉛が塩酸ならびに水酸化ナトリウム水溶液に溶解する反応の
化学反応式をそれぞれ記せ。

問 5 下線部(d)に関して、鉛(II)イオンが溶けている無色水溶液に対して次の(1)~(4)の操作を行い、それぞれの結果を得た。文章中の A~D に該当する最も適切なものを下の①~⑤から選び、番号で記せ。

- (1) A を作用させたところ、黒色の沈殿が生じた。
- (2) B を作用させたところ、黄色の沈殿が生じた。
- (3) C を作用させたところ、白色の沈殿が生じた。さらに過剰量の C を作用させたところ、沈殿が溶けて無色溶液になった。
- (4) D を作用させたところ、白色の沈殿が生じた。これを加熱したところ、沈殿が溶けて無色溶液になった。

- | | | |
|---------------|----------|---------------|
| ① 塩 酸 | ② 硫 酸 | ③ 水酸化ナトリウム水溶液 |
| ④ クロム酸カリウム水溶液 | ⑤ 硫化水素ガス | |

問 6 下線部(e)に関して、従来は鉛を含むはんだが使われていたが、最近では無鉛はんだが使われるようになってきた。鉛を含まないはんだが使われるようになってきた理由を簡潔に記せ。

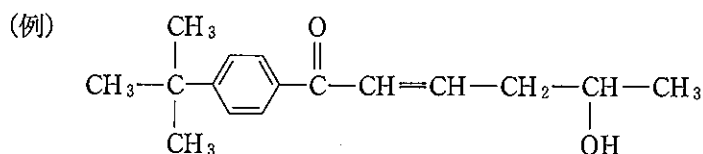
問 7 下線部(f)に関して、次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) ブリキの表面に傷がつき、内部の鋼板が露出すると急速に腐食が広がる。この理由を簡潔に説明せよ。
- (2) トタンの表面に傷がつき、内部の鋼板が露出しても、鋼板そのものに比べて腐食は進みにくい。この理由を簡潔に説明せよ。
- (3) 表面に傷がない場合でも、トタンは鋼板よりも腐食に強い。この理由をトタンの表面に着目して簡潔に説明せよ。

問 8 下線部(g)に関して、スズの同素変態にともなう変形や破壊の主な原因は大きな体積変化である。次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 白色スズの単位格子は各辺の長さがそれぞれ 5.8×10^{-8} , 5.8×10^{-8} , 3.2×10^{-8} cm の直方体である。一つの単位格子中にスズ原子が 4 個含まれるとして、白色スズの密度 $[\text{g}/\text{cm}^3]$ を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。
- (2) 灰色スズの密度を $5.8 \text{ g}/\text{cm}^3$ としたとき、白色スズが灰色スズに同素変態する際に体積は何倍になるか。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。

- 4 次の文章を読み、下の問いに答えよ。構造式は次の例にならって記せ。なお、立体異性体を区別して記す必要はない。(配点 25 %)



カルボン酸とアルコールの混合物に濃硫酸を加えて加熱すると、エステルが生成する。エステルは、希塩酸や希硫酸を加えて加熱すると加水分解されて、カルボン酸とアルコールを生じる。また、エステルは水酸化ナトリウムなどの塩基の水溶液を加えて加熱しても加水分解される。

分子式 $C_{23}H_{20}O_4$ で表される化合物 A は、分子内にエステル結合を二つもつ物質である。化合物 A に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したのち、希塩酸を作用させたところ、化合物 B、化合物 C、化合物 D が得られた。化合物 B はカルボン酸であり、かすかな香りがする無色の固体で、防腐・防食剤、合成樹脂、染料の原料に用いられる。化合物 C は分子式 $C_9H_{12}O$ をもつベンゼンの一置換体(ベンゼンの水素原子 1 個が別の原子または原子団に置き換わった化合物)であり、不斉炭素原子を一つもつ化合物である。化合物 C を酸化するとヨードホルム反応を示す化合物 E が得られる。化合物 D は白色の針状結晶であり、フェノール類とカルボン酸の両方の性質を示す。化合物 D はナトリウムフェノキシドと二酸化炭素を加熱・加圧したのち、希硫酸を作用させることでも得られる。

問 1 化合物 B 61.0 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 154 mg と水 27.0 mg を生じた。
また、化合物 B の分子量は 122 である。化合物 B の分子式を求めよ。また、所定の欄に計算過程を示せ。

問 2 次の(ア)~(オ)のうち、化合物 B の特徴を述べているものを全て選び、記号で記せ。

- (ア) 臭素水を加えると、臭素が付加して溶液が無色になる。
- (イ) 炭酸水素ナトリウム水溶液と反応して、二酸化炭素を発生する。
- (ウ) 160 °C に加熱した濃硫酸と反応させると、分子内縮合により、中性化合物を生成する。
- (エ) トルエンを過マンガン酸カリウム水溶液と反応させ、希塩酸を作用させることで得られる。
- (オ) 炭化カルシウムに水を加えると得られる。

問 3 化合物 C の構造式を記せ。

問 4 化合物 E の構造式を記せ。

問 5 化合物 D を用いて、次に示した実験を行った。下の(1)~(6)に答えよ。

【実験手順】

- ① 試験管に化合物 D 690 mg を入れ、無水酢酸 2 mL を加えた。その後、濃硫酸を数滴加え、試験管を 80 °C の湯浴につけて振り混ぜた。固体が完全に消失したのち、さらに 5 分間湯浴につけて反応させた。
- ② 反応溶液に塩化鉄(III)水溶液を数滴加えたところ、呈色反応は見られなかった。
- ③ ^(a) 試験管を湯浴から取り出したのち、純水 10 mL を入れたビーカーに注いで、ガラス棒でよくかき混ぜると結晶が析出した。この結晶をろ過してよく乾燥させると、化合物 F が得られた。
- ④ 新しい試験管に手順③で得られた化合物 F を全て入れ、0.500 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 10.0 mL を加え、10 分間穏やかに加熱した。また、水酸化ナトリウム水溶液が反応中に空気中の二酸化炭素を吸収することなどにより消費されるため、別の試験管には、0.500 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液のみを 10.0 mL 加え、同様に加熱した。
- ⑤ 冷却後、それぞれの溶液にフェノールフタレイン溶液を 3 滴加え、過剰量の水酸化ナトリウムを 0.500 mol/L の塩酸で滴定し、溶液全体が無色になったときを滴定の終点とした。化合物 F を含んだ試験管では、塩酸の滴定量は 0.40 mL であった。また、水酸化ナトリウム水溶液のみの試験管では、塩酸の滴定量は 9.80 mL であった。

- (1) 化合物 D の名称および構造式を記せ。
- (2) 下線部(a)に関して、この操作の目的を塩化鉄(III)の役割とともに簡潔に記せ。
- (3) 化合物 F の構造式を記せ。
- (4) 下線部(b)に関して、1 mol の化合物 F が 2 mol の水酸化ナトリウムと反応する化学反応式を記せ。
- (5) 生成した化合物 F の質量[mg]を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 3 桁で答えよ。
- (6) 反応物の物質質量をもとに、反応式から計算して求めた生成物の物質質量に対して、実際に得られた生成物の物質質量の割合を百分率で表したものを収率とする。使用した化合物 D に対する化合物 F の収率[%]を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。

問 6 化合物 A の構造式を記せ。

正解・解答例

教科・科目名	理科・化学（前期日程試験：令和 6 年度） 1/4	問題番号	R2-1
対象学部・ 学科（課程）等	理学部(数学科，化学科，生物科学科，地球科学科，創造理学コース)，工学部(電子物質科学科，化学バイオ工学科，数理システム工学科)，農学部		
1	問 1 正四面体 問 2 $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ 問 3 (1) (計算過程) メタンの燃焼および水と二酸化炭素の生成に関する熱化学方程式は， メタン：$\text{CH}_4(\text{気}) + 2\text{O}_2(\text{気}) = \text{CO}_2(\text{気}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{液}) + 891 \text{ kJ}$ ① 水：$\text{H}_2(\text{気}) + 1/2\text{O}_2(\text{気}) = \text{H}_2\text{O}(\text{液}) + 286 \text{ kJ}$ ② 二酸化炭素：$\text{C}(\text{固}) + \text{O}_2(\text{気}) = \text{CO}_2(\text{気}) + 394 \text{ kJ}$ ③ メタンの生成を示す熱化学方程式は，生成熱を Q [kJ/mol] として $\text{C}(\text{固}) + 2\text{H}_2(\text{気}) = \text{CH}_4(\text{気}) + Q$ [kJ] ここで，② $\times 2$ + ③ - ①より $Q = 286 \times 2 + 394 - 891 = 75.0 \text{ kJ}$ (解答) 75 kJ/mol (2) (計算過程) メタンの分子量 16 およびプロパン (C_3H_8) の分子量 44 を用いて， メタンおよびプロパン 1 分子あたり，二酸化炭素がそれぞれ 1 分子および 3 分子生成することに注意して， メタン：$1.00 / 16 \times 44 = 2.75 \text{ g}$， プロパン：$1.00 / 44 \times 3 \times 44 = 3.0 \text{ g}$ (解答) メタン：2.8 g， プロパン：3.0 g 問 4 (計算過程) 気体の状態方程式より， $n = PV/RT = (1.00 \times 10^5 \times 1.00 \times 10^3 \times 1.9 \times 10^{-6}) / (8.3 \times 10^3 \times 300)$ $= 7.63 \times 10^{-5} \text{ mol}$ (解答) $7.6 \times 10^{-5} \text{ mol}$ 問 5 (計算過程) ヘンリーの法則より，液体に溶解する気体の物質量は液体の体積と分圧に比例する。したがって， $(2.5 \times 10^{-3}) \times \{(1.00 \times 10^3) / (1.00 \times 10^5)\} \times (2.0 / 1.00) = 5.0 \times 10^{-5} \text{ mol}$ (解答) $5.0 \times 10^{-5} \text{ mol}$ 問 6 (1) (計算過程) 1.00 m^3 のメタンハイドレートの質量は，$1.00 \times 10^6 \times 0.91 = 9.1 \times 10^5 \text{ g}$ メタンハイドレート中のメタンの質量比は $16 \times 4 / (16 \times 4 + 18 \times 23) = 64 / 478$ よって，求める物質量は，$(9.1 \times 10^5 \times 64 / 478) / 16 = 7.61 \times 10^3 \text{ mol}$ (解答) $7.6 \times 10^3 \text{ mol}$ (2) (計算過程) メタンハイドレートの分解は吸熱反応であり，メタンの燃焼は発熱反応であるから，設問 (1) で計算したメタンハイドレート中のメタンの物質量を用いて， $7.61 \times 10^3 \times (891 - 54.2) = 6.37 \times 10^6 \text{ kJ}$ (解答) $6.4 \times 10^6 \text{ kJ}$		

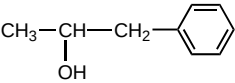
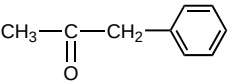
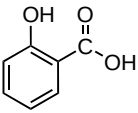
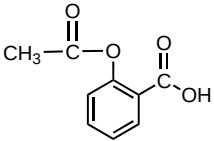
正解・解答例

教科・科目名	理科・化学（前期日程試験：令和 6 年度） 2/4	問題番号	R2-2
対象学部・ 学科（課程）等	理学部（数学科，化学科，生物科学科，地球科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科，化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部		
2	問 1 (う)，(え) 問 2 (い) 問 3 (1) $(\text{mol/L})^{-2}$ (2) 正反応と逆反応の活性化エネルギーより，正反応は発熱反応である。 ゆえに，平衡を右側に移動させるには温度を下げれば良い。 問 4 (1) $K_p = p_P^2/p_A$ (2) A と P の物質量をそれぞれ n_A，n_P とすると，各物質のモル濃度は理想気体の状態方程式を用いて次のように表される。 $[A] = n_A/V = p_A/RT$ $[P] = n_P/V = p_P/RT$ これらを平衡定数 K_c の式に代入すると次のようになる。 $K_c = [P]^2/[A] = (p_P/RT)^2/(p_A/RT) = (p_P^2/p_A)(RT)^{-1} = K_p(RT)^{-1}$ (解答) $K_c = K_p(RT)^{-1}$（または $K_p = K_c RT$） 問 5 (1) $v_1 = k_1[A]^2$，$v_2 = k_2[P][Q]$を平衡定数の式に代入して濃度を消去して整理すると次のようになる。 $K_c = [P][Q]/[A]^2 = (v_2/k_2)/(v_1/k_1)$ 平衡状態では $v_1 = v_2$ であるので，$K_c = k_1/k_2$ である。 (解答) $K_c = k_1/k_2$ (2) (i) (解答) $K_c = x^2/(5.0 - 2x)^2$ (ii) 平衡定数 $K_c = 1/64$ を x で表すと次のようになる。 $K_c = 1/64 = x^2/(5.0 - 2x)^2 \quad \therefore (2x - 1)(6x + 5) = 0$ x は正の値のみが許されるので，求める P の物質量は $x = 0.50 \text{ mol}$ である。 (解答) 0.50 mol (3) Q を取り除いたとき，容器内には A と P がそれぞれ 4.0 mol，0.50 mol だけある。ここから平衡状態に達するとき，生成する Q が $y \text{ mol}$ であるとすれば，A と P の物質量はそれぞれ $(4.0 - 2y) \text{ mol}$，$(0.50 + y) \text{ mol}$ となる。以上より，平衡定数 $K_c = 1/64$ を y で表すと次のようになる。 $K_c = 1/64 = (0.50 + y)y/(4.0 - 2y)^2 \quad \therefore 15y^2 + 12y - 4 = 0$ これを解くと $y = \frac{-6 \pm 4\sqrt{6}}{15} = \frac{-6 \pm 4 \times 2.45}{15}$ $y > 0$ より $y = 0.25 \text{ mol}$ である。 ゆえに，求める P の物質量は $0.50 + 0.25 = 0.75 \text{ mol}$ である。 (解答) 0.75 mol (4) (解答) (う) (理由) ヘリウムを加えると全圧は増加するが，これが反応に寄与することはないので，A，P，Q の分圧は変わらない。圧平衡定数の式より分圧が不変であれば平衡状態は変化しない。 (理由の別解) ヘリウムを加えても，これが反応に寄与することはない，また容器の大きさが変わらないため，$[A]$，$[P]$，$[Q]$ の値は変わらない。よって，濃度平衡定数（または平衡定数）の式により平衡状態は変化しない。		

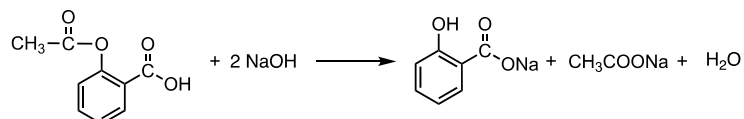
正解・解答例

教科・科目名	理科・化学（前期日程試験：令和6年度） 3/4	問題番号	R2-3
対象学部・ 学科（課程）等	理学部（数学科，化学科，生物科学科，地球科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科，化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部		
3	問1 (ア)2, (イ)4, (ウ)+4, (エ)+2, (オ)還元 問2 表面に不溶性の塩の被膜をつくるため 問3 塩酸：$\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ 水酸化ナトリウム水溶液：$\text{Zn} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2 \uparrow$ 問4 塩酸：$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 水酸化ナトリウム水溶液：$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ 問5 A ⑤, B ④, C ③, D ① 問6 鉛は人体に有害であり，また廃棄物は自然環境に悪影響をおよぼすことが懸念されるため。 問7 (1) スズよりもイオン化傾向の大きい鉄が先に酸化され，鉄が放出した電子を水に溶けた酸素がスズの表面で受け取ることで，内部の鉄の腐食が進行してしまうため。 (2) 鉄よりもイオン化傾向の大きい亜鉛が先に酸化され，亜鉛が放出した電子を水に溶けた酸素が鉄の表面で受け取ることで，内部の鉄の腐食を防ぐことができるため。 (3) 亜鉛は表面に酸化被膜をつくり，内部が保護されるため。 問8 (1) 単位格子中にスズ原子が4個含まれるので，白色スズの密度は $\frac{119 \text{ g/mol} \times 4}{5.8 \times 10^{-8} \text{ cm} \times 5.8 \times 10^{-8} \text{ cm} \times 3.2 \times 10^{-8} \text{ cm} \times 6.0 \times 10^{23} \text{ /mol}} = 7.41 \text{ g/cm}^3$ と求められる。 （解答） 7.4 g/cm³ (2) 白色スズが灰色スズに同素変態する際の体積変化の割合は，密度変化の割合の逆数に等しい。したがって，体積変化の割合は $\frac{7.41}{5.8} = 1.27$ と求められる。 （解答） 1.3 倍		

正解・解答例

教科・科目名	理科・化学（前期日程試験：令和6年度） 4/4	問題番号	R2-4
対象学部・ 学科（課程）等	理学部（数学科，化学科，生物科学科，地球科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科，化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部		
4	問 1 (計算過程)		
	化合物 B 61.0 mg 中の炭素の質量： $154 \text{ mg} \times \frac{12}{44} = 42.0 \text{ mg}$		
	化合物 B 61.0 mg 中の水素の質量： $27.0 \text{ mg} \times \frac{2.0}{18} = 3.00 \text{ mg}$		
	化合物 B 61.0 mg 中の酸素の質量： $61.0 \text{ mg} - (42.0 \text{ mg} + 3.00 \text{ mg}) = 16.0 \text{ mg}$		
	$\text{C} : \text{H} : \text{O} = \frac{42.0}{12} : \frac{3.00}{1.0} : \frac{16.0}{16} = 3.5 : 3.0 : 1.0 = 7 : 6 : 2$ となり，組成式は $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ となる。また，分子量 122 から，分子式は $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ となる。		
	(分子式) $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$		
	問 2 (イ) (エ)		
	問 3 		
	問 4 		
	問 5		
	(1)		
	(化合物名) サリチル酸		
	(構造式) 		
	(2) 塩化鉄(III)が，フェノール類と反応して呈色することを利用して，反応の終了を確認するため。		
	(3) 		

(4)



(5)

(計算過程)

① 化合物 F (アセチルサリチル酸) を入れた試験管では, 塩酸が 0.40 mL, 空試験では 9.80 mL を要した。その差 9.40 mL の塩酸に相当する水酸化ナトリウムが加水分解で反応した。

$$0.500 \text{ mol/L} \times 9.40 \text{ mL} = 4.70 \text{ mmol}$$

② 化学反応式から, 1 mol のアセチルサリチル酸は 2 mol の水酸化ナトリウムと反応することから, 生成したアセチルサリチル酸の物質量は以下の式で求まる。

$$4.70 \text{ mmol} \div 2 = 2.35 \text{ mmol}$$

③ 化合物 F (アセチルサリチル酸) の生成量

$$2.35 \text{ mmol} \times 180 \text{ mg/mmol} = 423 \text{ mg}$$

(解答)

$$423 \text{ mg}$$

(6)

(計算過程)

① 実験に使用した化合物 D (サリチル酸) 690 mg の物質

$$690 \text{ mg} \div 138 \text{ g/mol} = 5.00 \text{ mmol}$$

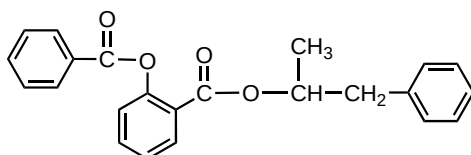
② 化合物 F (アセチルサリチル酸) の収率

$$2.35 \text{ mmol} \div 5.00 \text{ mmol} \times 100 = 47 \%$$

(解答)

$$47 \%$$

問 6



採点・評価基準(具体的基準)

教科・科目名	理科・化学（前期日程試験：令和 6 年度） 1／4	問題番号	R2-1
対象学部・学科（課程）等	理学部(数学科，化学科，生物科学科，地球科学科，創造理学コース)，工学部(電子物質科学科，化学バイオ工学科，数理システム工学科)，農学部		
出題のねらい	1 物質質量，化学反応と熱，気体の状態方程式，気体の溶解度について，基礎的な理解と応用力を問う。 問 1 メタンの分子構造を理解しているか。 問 2 反応物と生成物から化学反応式を正しく記述できるか。 問 3 熱化学方程式と化学反応における物質の量的関係を理解しているか。 問 4 濃度を考慮して気体の状態方程式を正しく使えるか。 問 5 ヘンリーの法則を理解しているか。 問 6 状態変化に伴う熱の出入りについて理解しているか。		
採点基準	1 配点：25 % 問 1 2 % 問 2 2 % 問 3 (1) 4 % (2) 4 % 問 4 3 % 問 5 3 % 問 6 (1) 4 % (2) 3 %		

採点・評価基準（具体的基準）

教科・科目名	理科・化学（前期日程試験：令和6年度）	2／4	問題番号	R2-2
対象学部・学科（課程）等	理学部（数学科，化学科，生物科学科，地球科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科，化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部			
出題のねらい	2 化学反応の平衡と速さについて，基礎的な理解と応用力を問う。 問 1 化学反応の平衡状態の基礎的事項を理解しているか。 問 2 ルシャトリエの原理の基礎的事項を理解しているか。 問 3 平衡移動を考察するための基礎的事項を理解しているか。 問 4 濃度平衡定数と圧平衡定数の関係を理解しているか。 問 5 平衡状態を考察するための応用的思考力を有しているか。			
採点基準	2 配点：25 % 問 1 2 % 問 2 1 % 問 3 (1) 1 % (2) 3 % 問 4 (1) 1 % (2) 3 % 問 5 (1) 3 % (2) (i) 2 % (ii) 2 % (3) 4 % (4) 3 %			

採点・評価基準(具体的基準)

教科・科目名	理科・化学（前期日程試験：令和6年度） 3/4	問題番号	R2-3
対象学部・学科（課程）等	理学部（数学科，化学科，生物科学科，地球科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科，化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部		
出題のねらい	3 両性金属の性質やその反応性に関する基礎的な知識と応用力を問う。 問 1 両性金属の特徴と性質を理解しているか。 問 2 被膜の生成による溶解性への影響について理解しているか。 問 3 両性金属の酸性，塩基性水溶液との反応について理解しているか。 問 4 両性水酸化物の酸性，塩基性水溶液との反応について理解しているか。 問 5 鉛(II)イオンの反応性について理解しているか。 問 6 鉛の有害性について理解しているか。 問 7 イオン化傾向と腐食との関係について理解しているか。 問 8 原子量，単位格子，密度，および体積の関係について理解しているか。		
採点基準	3 配点：25% 問 1 5% 問 2 2% 問 3 2% 問 4 2% 問 5 4% 問 6 2% 問 7 (1) 1% (2) 1% (3) 1% 問 8 (1) 3% (2) 2%		

採点・評価基準(具体的基準)

教科・科目名	理科・化学（前期日程試験：令和6年度） 4/4	問題番号	R2-4
対象学部・学科（課程）等	理学部（数学科，化学科，生物科学科，地球科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科，化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部		
出題のねらい	4 有機化合物の基礎的な理解および応用力を問う。 問 1 有機化合物の元素分析について，基本的な計算を理解しているか。 問 2 カルボン酸や芳香族化合物の化学的性質について理解しているか。 問 3 不斉炭素原子をもつ有機化合物の構造と構造異性体を理解しているか。 問 4 アルコールの酸化反応やヨードホルム反応を理解しているか。 問 5 基本的な有機化合物の構造・性質・反応について理解しているか。 問 6 生成物の情報から，反応物の構造を組み立てられるか。		
採点基準	4 配点：25 % 問 1 3 % 問 2 2 % 問 3 2 % 問 4 2 % 問 5 (1) 2 % (2) 2 % (3) 2 % (4) 3 % (5) 3 % (6) 2 % 問 6 2 %		