

材料開発工学

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題用紙を開いてはいけません。
- 2 問題用紙は6ページで、解答用紙は6ページあります。試験開始の合図があつてから確かめなさい。
- 3 監督者の指示に従い、解答用紙の各ページに受験番号を記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
- 4 文字などの印刷に不鮮明なところがあつた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 6 問題用紙の余白は下書きとして利用してよい。
- 7 試験終了後、配付された問題用紙は持ち帰りなさい。

(注意)

問題1は必答問題です。全員が解答しなさい。問題2から問題5までは選択問題です。1題を選んで解答しなさい。

解答用紙の表紙にある解答選択欄の自分が選択した問題に○印をつけること。

| No. | 問題種別 | 出題分野 | 問題ページ |
|-----|------|------|-------|
| 問題1 | 必答問題 | 化学基礎 | 1, 2 |
| 問題2 | 選択問題 | 物理化学 | 3 |
| 問題3 | 選択問題 | 無機化学 | 4 |
| 問題4 | 選択問題 | 有機化学 | 5 |
| 問題5 | 選択問題 | 材料工学 | 6 |

問題用紙

(材料開発工学)

問題 1 (必答問題)

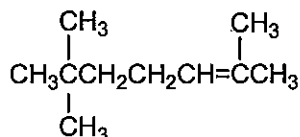
問 A 次の各問いに答えなさい。計算で必要があれば、次の定数を用いなさい。アボガドロ数 $N_A=6.0 \times 10^{23}$

(1) ${}^{60}_{27}\text{Co}^{2+}$ イオン 1 個の質量を求めなさい。また、その原子核中の陽子数、中性子数、およびイオンを形成する電子数を答えなさい。

(2) 20°C の水 200 g に 0°C の氷 100 g を入れて、水の温度が 0°C になったとき、何 g の氷が残っているか答えなさい。ただし、液体の水の熱容量を $4.2 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 、 0°C での氷の融解エンタルピーを 330 J g^{-1} とし、水の容器は完全に断熱されているものとする。なお、計算過程も書きなさい。

(3) 化合物に関する次の問いに答えなさい。

(a) 次の化合物の IUPAC 名を書きなさい。解答は日本語でも英語でもかまわない。



(b) 2-エチル-2-ブテン-1-オールの構造式を書きなさい。

(4) 有機分子の炭素-炭素結合には、単結合のほかに、二重結合や三重結合のような多重結合がある。炭素-炭素結合に関する以下の説明で正しいものに○、間違っているものに×を記しなさい。

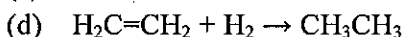
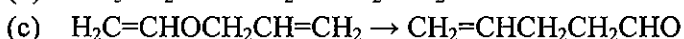
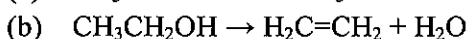
(a) 二重結合と三重結合は、単結合より一般に反応性に富んでいる。

(b) 二重結合の強さは単結合の 2 倍で、三重結合の強さは単結合の 3 倍である。

(c) 二重結合を持つエチレンは平面的な形をしており、三重結合を持つアセチレンは直線的な形をしている。

(d) 単結合は π 結合である。

(5) 次の反応は、付加、脱離、置換、および転位反応のいずれに該当するか答えなさい。



(問題 1 は 2 枚目に続く)

問題用紙

(材料開発工学)

問題 1 (必答問題 つづき)

問 B 精^{せいひょう}秤した塩化カルシウム 0.555 g に水を加え、その体積を正確に 500 mL にした溶液がある。溶液の温度は 300 K であり、溶液中で、塩化カルシウムは完全に電離しているものとする。この溶液に関する下の (1) ~ (5) の問いに答えなさい。ただし、原子量は Ca : 40.0, Cl : 35.5 とする。また、(2), (3), (5) では、答えの有効数字は 3 桁とし、計算の過程も解答用紙に書きなさい。

- (1) 次の文章は、この溶液の調製法を説明している。文章中の空欄(a)~(e)に当てはまる語句を下の語群から選び、ア~シの記号で答えなさい。

秤^{ひょうりょうびん}量瓶と精密電子天秤を用いて塩化カルシウム 0.555 g を精秤し、大部分の塩化カルシウムを (a) に移したのち、洗^{せんびん}瓶を用いて秤量瓶内を少量の (b) で洗い、洗液を (a) に移す操作を数回行う。(a) に適量の (b) を入れて振り混ぜ、塩化カルシウムを完全に (c) させる。(a) に少しの (b) を加えて攪拌する事を繰り返したのち、(d) の少し下まで (b) を加える。(a) を静置し、駒込ピペットを用いて (d) まで正確に (b) を満たす。栓をして (a) を数回 (e) , 溶液を良く混合する。

語群

| | | |
|------------------|---------------|-----------------|
| ア 水 | イ 500 mL ビーカー | ウ 標線 |
| エ 500 mL メスシリンダー | オ 上下に振り | カ 析出 |
| キ 溶解 | ク エタノール | ケ 500 mL メスフラスコ |
| コ 検量線 | サ 上下逆さまにし | シ 50 mL ホールピペット |

- (2) この溶液のモル濃度を計算しなさい。
- (3) この溶液に含まれるカルシウムイオンと塩化物イオンの物質量は何 mol か、それぞれ求めなさい。
- (4) この溶液の沸点は、同じ圧力下にある純粋な水の沸点よりも高くなる。この現象の名称と、この現象が起こる理由を答えなさい。
- (5) この溶液の浸透圧 Π は何 Pa になるか計算しなさい。なお、浸透圧 Π は、ファントホッフの式と呼ばれる次の式で求められる。

$$\Pi V = nRT$$

ここで、 V は溶液の体積、 T は溶液の絶対温度、 R は気体定数で、 R の値は $8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ である。また、 n は溶液中に存在する溶質分子やイオンの物質量の総和であり、溶質が電解質の場合には注意が必要である。

問題用紙

(材料開発工学)

問題 2 (選択問題)

次の各問いに答えなさい。計算で必要であれば次の定数を用いなさい。

プランク定数 h は 6.6×10^{-34} J s, 光速 c は 3.0×10^8 m s⁻¹, アボガドロ数 N_A は 6.0×10^{23} , ボルツマン定数 k_B は 1.38×10^{-23} J K⁻¹, 素電荷 e は 1.6×10^{-19} C。

- (1) 分子量 M_A の液体 A を a g と分子量 M_B の液体 B を b g 混合し均一な溶液を調製した。この溶液の中の A のモル分率 x_A を計算する式を書きなさい。
- (2) アルゴン, 二酸化炭素, アンモニアの気体状態における並進運動, 回転運動, 振動の自由度をそれぞれ数字で書きなさい。
- (3) エネルギー ε_i の状態 i にある分子の数を N_i , エネルギー ε_j の状態 j にある分子の数を N_j とする。2つの状態が熱平衡になりボルツマン分布をとっているとき, 分子の数の比 N_j/N_i を式で表しなさい。
- (4) メタノールの燃焼に関する次の問いに答えなさい。
- (a) メタノール分子が燃焼する際の反応式を書きなさい。
- (b) 次の生成エンタルピー (ΔH_f) のデータを用いてメタノール 1 モルが燃焼した際のエンタルピー変化を求めなさい。
- | | | | |
|-------|--|-------|--|
| メタノール | $\Delta H_f = -239$ kJ mol ⁻¹ , | 二酸化炭素 | $\Delta H_f = -393$ kJ mol ⁻¹ |
| 酸素 | $\Delta H_f = 0$ kJ mol, | 水 | $\Delta H_f = -242$ kJ mol ⁻¹ |
- (c) この反応は, 発熱反応か吸熱反応か, いずれであるかを答えなさい。根拠も書くこと。
- (5) 0.9 mW の赤色レーザーポインターの光の波長は 660 nm であった。次の問いに答えなさい。
- (a) このレーザーの光子 1 個あたりのエネルギーはいくらか求めなさい。
- (b) このレーザーが 1 秒間に発している光子の個数を計算しなさい。
- (c) 同じ出力, 0.9 mW の緑色レーザーがあった。光子数は赤色レーザーと比べて多いか少ないか, または同じか, 解答欄に○をつけなさい。また, その理由を説明しなさい。

問題用紙

(材料開発工学)

問題3 (選択問題)

(1) 次の文章は元素の周期表に関するものである。空欄を適切な言葉、数字、元素記号で埋めなさい。

『元素の周期表とは、元素を (a) の配置を考慮に入れて原子番号順に並べたものである。縦の列を (b) , 横の行を周期という。 (b) は第1 (b) から第 (c) (b) までであり、同じ (b) に属する元素は化学的性質が似ていることが多い。第1, 第2 (b) および第 (d) (b) から第 (e) (b) までを (f) 元素といい、第3 (b) から第 (g) (b) までを遷移金属元素という。第1 (b) に属する元素は水素を除いて (h) 元素といい、第2周期から順に (i) , (j) , (k) , Rb, Cs, Fr が属している。 (h) 元素は (l) エネルギーが小さく、 (m) イオンになりやすいという特徴がある。一方、第 (n) (b) に属する元素はハロゲンとよばれ、第2周期から順に (o) , (p) , (q) , I, At が属しており、 (r) が大きく、 (s) イオンになりやすいという特徴がある。第 (t) (b) には第2周期から順に C, (u) , (v) , (w) , Pb が属している。この (b) は C, (u) が (x) 元素, (v) , (w) , Pb が (y) 元素, というユニークな (b) である。』

(2) 酸塩基について次の問いに答えなさい。

- (a) Arrhenius の酸塩基, Brønsted の酸塩基, Lewis の酸塩基のそれぞれの定義を書きなさい。
- (b) 酸 HA が水中で H^+ と A^- に解離するとして、それらの化学種の濃度を用いて Brønsted 酸の強さの指標となる pK_a の定義式を書きなさい。
- (c) Brønsted の定義に基づく強酸-弱塩基の塩の例を挙げ、その塩を水に溶かした際にその水溶液の pH は酸性となるか、塩基性となるか、理由をつけて説明しなさい。

(3) 化学電池について次の問いに答えなさい。

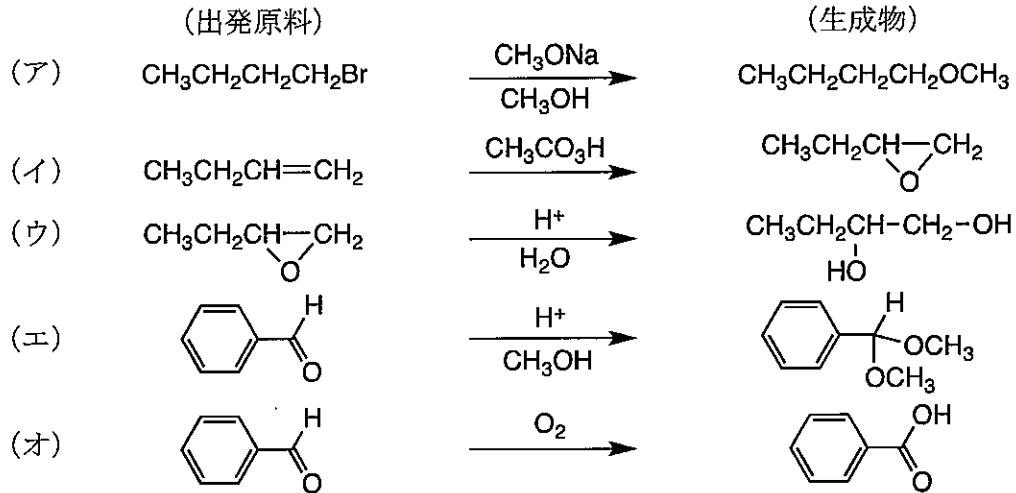
- (a) 金属銅電極, 金属亜鉛電極, 硫酸銅水溶液, 硫酸亜鉛水溶液を使ったダニエル電池の模式図を描きなさい。さらに、豆電球を点灯させるにはどこにつないだらよいかを描き、また電流の向きを矢印で描き込みなさい。
- (b) 豆電球が点灯しているときに、それぞれの電極表面で起こる反応の半電池反応式と、全電池反応式を書きなさい。
- (c) この電池の標準起電力は 1.10 V である。この電池反応のギブズエネルギー変化 ΔG を求めなさい。単位を付けること。ファラデー定数 F は 96500 C mol^{-1} とする。
- (d) カリウムを左端, 金を右端とするイオン化列を書いたとき、その列の中で、より左側に来るのは銅, 亜鉛のいずれになるか書きなさい。

問題用紙

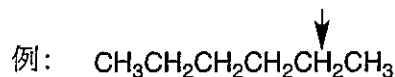
(材料開発工学)

問題 4 (選択問題)

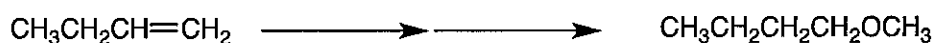
次の(ア)から(オ)の反応式について、下の問いに答えなさい。ただし、構造式は簡略化して書いてよい。(例：エタノール $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)



- (1) 反応式(ア)から(オ)について、出発原料の酸化反応に○を、酸化反応ではないものに×を解答欄に書きなさい。
- (2) (ア)の反応は主として $\text{S}_{\text{N}}1$, $\text{S}_{\text{N}}2$, E1, E2 の中のいずれの反応で進行するのかを答えなさい。また、その反応を選んだ理由を書きなさい。
- (3) 反応式(ア)の生成物の核磁気共鳴スペクトル (^1H NMR) において、1重線で現れるプロトンはどれか、例にならって矢印で示しなさい。また、1重線は次の(a)から(e)の化学シフトの中のどの領域に現れるか。その記号を書きなさい。



- (a) 1~2, (b) 3~4, (c) 5~6, (d) 7~8, (e) 9~10 (δ , ppm)
- (4) 反応式(エ)では、出発原料のアルデヒドのカルボニル基を保護基である別の官能基に変換している。保護基である官能基の一般名を書き、(エ)の反応の反応機構を書きなさい。また、この官能基が保護基として機能する理由を書きなさい。
 - (5) 反応式(エ)の出発原料の赤外線吸収スペクトルにおいて、カルボニル基に由来する非常に強い吸収は次の(f)から(i)の中のどの付近に現れるか。その記号を書きなさい。
- (f) 3400 cm^{-1} (g) 3100 cm^{-1} (h) 2200 cm^{-1} (i) 1700 cm^{-1}
- (6) Hydroboration (ヒドロホウ素化) と Williamson 合成法を使って、反応式(イ)の出発原料から反応式(ア)の生成物を合成したい。それらの反応式を、使用する試薬を含めて書きなさい。



問題用紙

(材料開発工学)

問題5 (選択問題)

- (1) 図1はセラミックスと金属の一般的な引張り試験の応力-ひずみ線図である。次の問いに答えなさい。
- (a) セラミックスは、直線 OA で示すとおり、弾性変形の後、A 点で突然破断する。このような性質を何というか、答えなさい。
- (b) 金属材料の応力-ひずみ線図は、線 OBCD で示される。B 点、C 点はそれぞれ「何強さ」というか、答えなさい。
- (c) 直径 10.0 mm、長さ 300 mm の合金の丸棒がある。棒の軸方向に引張り荷重 6.0×10^3 N を作用させたとき、伸びが 0.30 mm となった。フックの法則が成り立つと仮定して、この合金のヤング率を有効数字2桁で求めなさい。求めたヤング率の値から、この合金は、ステンレス鋼 (SUS304)、真ちゅう (C3604)、アルミ合金 (A2017) のうちのどれか、答えなさい。

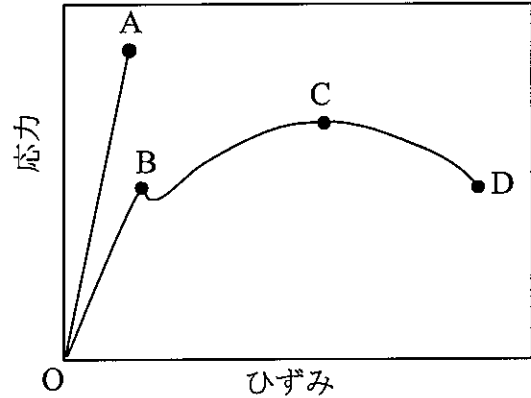


図1 応力-ひずみ線図

- (2) 全率固溶型の二元系合金 A-B の状態図を作成したい。A と B との組成比が異なる4種類の合金のそれぞれの冷却曲線を測定したところ、図2に示す①から④の冷却曲線が得られた。S1 から S4 は各合金の固相析出温度、L2 と L3 は液相析出温度である。S2 と L3 は同じ温度である。冷却曲線を基に、二元系合金 A-B の状態図を作成しなさい。また、状態図より合金 A50%B50%において、温度 S2 (=L3) で存在する相、それらの相の組成比、および、それらの相の量比を読み取りなさい。

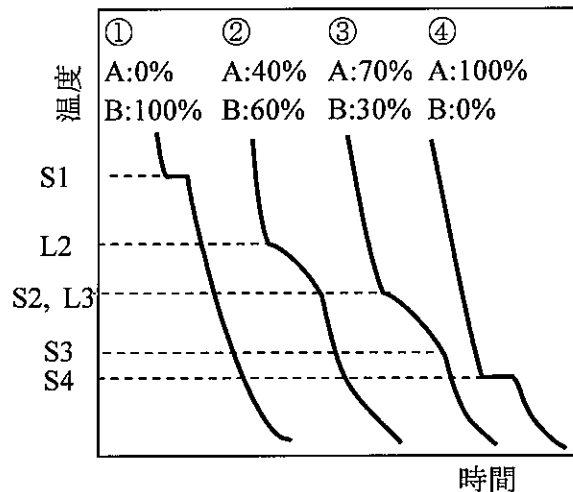


図2 各合金の冷却曲線

- (3) 金属の腐食反応について、次の問いに答えなさい。
- (a) 鉄は水と接する界面において溶解し、その後水酸化鉄 (II) を形成する。水酸化鉄 (II) は、さらに酸化して「さび」(水酸化鉄 (III)) となる。これらの化学反応式を書きなさい。
- (b) 鉄と銅はどちらが腐食しやすいか、答えなさい。また、その理由も簡潔に述べなさい。
- (c) ステンレス鋼は鉄よりも腐食しにくい。この理由を簡潔に述べなさい。
- (4) 体心立方結晶について、原子半径を r とするとき、格子定数を r を用いて表しなさい。計算過程も書きなさい。