

平成30年度入学者選抜試験問題
山形大学大学院理工学研究科博士前期課程
(平成29年8月実施)

【バイオ化学工学専攻】

専門科目

(生物科学・生化学, 有機化学,
無機化学・分析化学, 物理化学)

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子の本文は1ページから15ページまでです。
3. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明, ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は, 手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 監督者の指示に従って, すべての解答用紙に受験番号を正しく記入してください。受験番号が正しく記入されていない場合には, 採点できないことがあります。
5. 「生物科学・生化学」, 「有機化学」, 「無機化学・分析化学」, 「物理化学」の4科目から2科目を選択して解答してください。
6. 解答用紙は全部で8枚あります。1問につき1枚の解答用紙を使用してください。「生物科学・生化学」は3枚, 「有機化学」は4枚, 「無機化学・分析化学」は4枚, 「物理化学」は3枚使用してください。必要に応じて裏面を使用しても構いません。どの科目に対する解答かがわかるように, それぞれの解答用紙の「受験科目」欄に科目名(「生物科学・生化学: I~III」, 「有機化学: I~IV」, 「無機化学・分析化学: I~IV」, 「物理化学: I~III」)を記入してください。
白紙の場合でも8枚すべて提出してください。
7. 試験終了後, 問題冊子及び草案用紙は持ち帰ってください。

(問題訂正)

「有機化学」

5 ページ 大問 I . 問題 1 . (2)

(誤) で解答した各々の図に絶対配置を記せ。

(正) (1) で解答した各々の図に絶対配置を記せ。

(問題訂正)

「有機化学」

6 ページ 大問Ⅱ. 問題2. 上から1行目

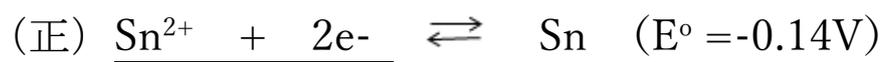
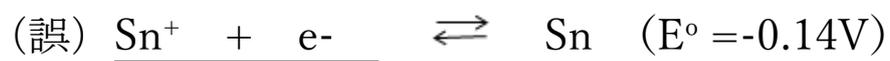
(誤) 香族求電子置換反応によりピロールの
ニトロ化・・・

(正) 芳香族求電子置換反応によりピロールの
ニトロ化・・・

(問題訂正)

「無機化学・分析化学」

9 ページ 大問 I . 問題 3 . 標準酸化還元反応の
うち上から 4 つ目



生物学·生化学

科目名：生物科学・生化学

生物科学・生化学の問題 I ～ III に答えよ。解答用紙の受験科目欄に問題番号も含む形で「生物科学・生化学 I」, 「生物科学・生化学 II」, 「生物科学・生化学 III」 のように記入すること。

I. 以下は、細胞内における物質輸送を説明した文章である。問 1 ～ 5 に答えよ。

小胞体内腔に取り込まれたタンパク質は、種々のタンパク質と直接・間接的に結合して濃縮される。濃縮されたタンパク質は輸送小胞中に取り込まれ、かご状のタンパク質の膜で囲まれた によってゴルジ体へ輸送される。このような小胞体からゴルジ体への膜で囲まれた小胞を介する物質輸送は、 と呼ばれる。輸送小胞が集まってできた小胞小管クラスターは、①細胞骨格である微小管に沿って細胞内を移動し、小胞体から ②ゴルジ体へ タンパク質を輸送する。

細胞内の物質輸送には、小胞体から細胞膜へと細胞外へ向かう ③分泌経路 と、細胞外から取り込まれた分子が細胞膜からエンドソームを経て細胞内へ向かう エンドサイトーシス経路 がある。エンドサイトーシス経路では、細胞内に取り込まれた細胞外の粒子や分子の多くは最後に ④リソソーム に送られ分解される。

1. 文章中の と に入る適当な語句を答えよ。
2. 下線部①について、微小管に沿って移動するタンパク質（モータータンパク）が存在している。細胞内輸送に関与するモータータンパクを 2 つ答えよ。また、これらモータータンパクは微小管に沿って移動する場合、決まった方向に移動する。その理由を答えよ。
3. 下線部②について、細胞内輸送におけるゴルジ体（ゴルジ装置）の機能を説明せよ。
4. 下線部③の分泌経路には、(ア) 構成性分泌経路と (イ) 調節性分泌経路の 2 種類がある。(ア) と (イ) の違いを説明せよ。
5. リソソームはなぜ種々の分子や物質を消化できるのか、その理由を答えよ。

II. 膜の興奮と細胞の情報伝達に関する問 1～3 に答えよ。

1. 膜電位と活動電位に関する次の設問 (1)～(3) に答えよ。

(1) 一般的なニューロンの静止膜電位の値を記せ。

(2) 何らかの異常により細胞外液の K^+ 濃度が通常よりも上昇した場合、ニューロンや心筋細胞などの静止膜電位はどのようになるか、次のア)～ウ)のうち最も適切なものを選び記せ。

ア) 通常よりも正電位側へ変化する。

イ) 通常よりも負電位側へ変化する。

ウ) 変化しない。

(3) ニューロンの軸索での活動電位における Na^+ と K^+ の役割について説明せよ。

2. シナプスには興奮性と抑制性の 2通りがある。次の設問 (1) と (2) に答えよ。

(1) プロザックなどの SSRI と呼ばれる抗うつ薬は、ある興奮性神経伝達物質の放出後の取り込みを阻害することで、その神経伝達物質のシナプス間隙での濃度を高くする。この神経伝達物質を記せ。

(2) 抑制性シナプスにおいてシナプス後膜にある伝達物質依存チャンネルの働きを説明せよ。

3. Gタンパク質共役型受容体とGタンパク質およびホスホリパーゼCが関与するイノシトールリン脂質経路では, 受容体がシグナル分子により活性化した後, 細胞質の遊離 Ca^{2+} 濃度の上昇を引き起こすことが多い。次の設問(1)と(2)に答えよ。

(1) 一般に, 刺激のないとき(静止時)の細胞質における遊離 Ca^{2+} 濃度はおよそどの程度であるかを記せ。

(2) イノシトールリン脂質経路において, ホスホリパーゼCが活性化してから細胞質の遊離 Ca^{2+} 濃度上昇が引き起こされるまでの過程を説明せよ。

III. 生化学に関する問 1～4 に答えよ。

1. 糖質に関する設問 (1) と (2) に答えよ。

- (1) ヒトの ABO 式血液型を決定している因子について説明せよ。
- (2) 空腹時の低血糖状態と食後の満腹時の高血糖状態において、肝臓が行うグルコースの代謝反応を説明せよ。

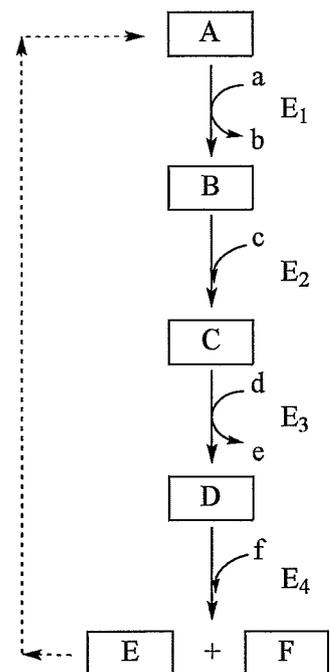
2. アミノ酸・タンパク質に関する設問 (1)～(3) に答えよ。

- (1) 波長 280 nm の紫外吸収で、タンパク質の濃度が測定できる理由を説明せよ。
- (2) (1) のタンパク質による差は何に由来するか。
- (3) 尿素分子中の 2 つの窒素原子は何に由来するのか。尿素回路を用いて簡潔に説明せよ。

3. DNA の融点について説明せよ。また DNA の種類によって融点異なる原因は何か。

4. 次の図は β 酸化について説明した模式図である。次の設問 (1)～(5) に答えよ。

- (1) 1 サイクル目による反応で、得られた生成物 E の構造式は、 $R-CH_2CO-S-CoA$ であった。出発物質 A の脂肪酸アシル CoA の構造式を書きなさい。
- (2) 生成物 F の構造式を書きなさい。
- (3) a と d は、この反応で使われる補酵素である。その名称を答えよ。
- (4) 酵素 E_4 の名称を答えよ。
- (5) A の脂肪酸アシル CoA は、炭素数が偶数個である場合が一般的である。それはなぜか。



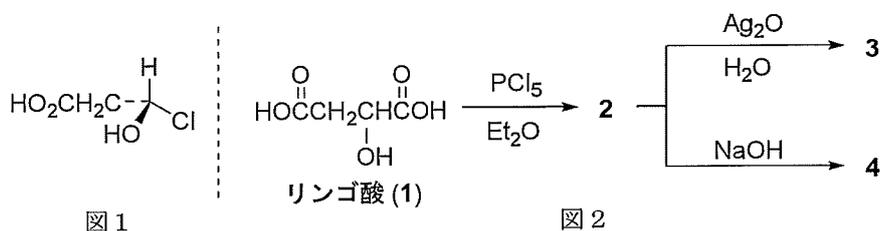
有機化学

科目名：有機化学

有機化学の問題 I ～ IV に答えよ。解答用紙の受験科目欄に問題番号も含む形で「有機化学 I」, 「有機化学 II」, 「有機化学 III」, 「有機化学 IV」のように記入すること。

I. 以下の設問 1, 2 に答えよ。

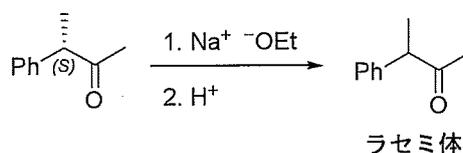
1. リンゴ酸に関する以下の設問に答えよ。



- (1) 図2のリンゴ酸(1)の2つの鏡像体を図1にならって記せ。
- (2) で解答した各々の図に絶対配置を記せ。
- (3) 図2の化合物 **2**, **3**, および **4** の構造式を記せ。なお、立体化学に関しては記載しなくてよい。
- (4) 出発原料として *S* 体のリンゴ酸 (旋光度: -2.3°) を用いて反応を行った場合、化合物 **3** の旋光度を求めよ。
- (5) 出発原料として *S* 体のリンゴ酸 (旋光度: -2.3°) を用いて反応を行ったところ、化合物 **4** の旋光度は 0° であった。化合物 **2** から化合物 **4** に至る反応に関する①～④の記述で、最もふさわしいものを番号で答えよ。

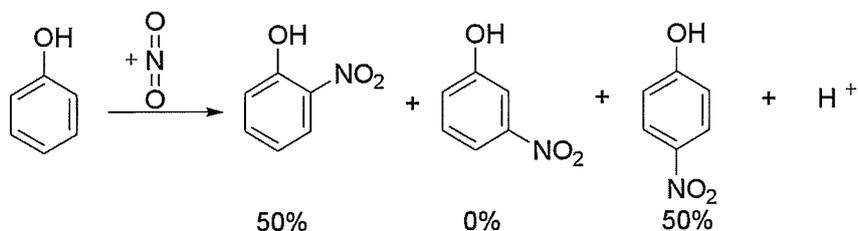
- | | |
|-------------------|-------------------|
| ① S_N2 反応で進行した。 | ② ラジカル反応で進行した。 |
| ③ 転移反応で進行した。 | ④ S_N1 反応で進行した。 |

2. 光学活性な(*S*)-3-フェニル-2-ブタノンにナトリウムエトキシド、続いて、塩酸で処理したところ、ラセミ体の3-フェニル-2-ブタノンが得られた。この理由を適当な図を用いて説明せよ。

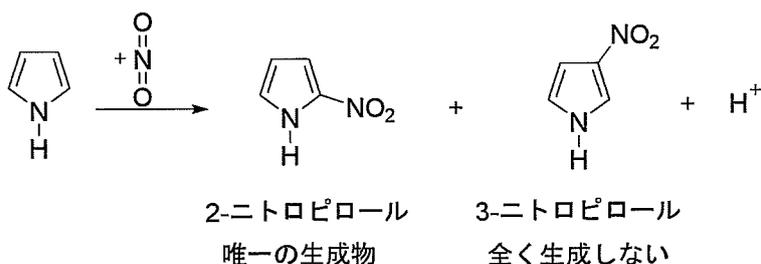


II. 芳香族化合物の反応について以下の設問 1～3 に答えよ。

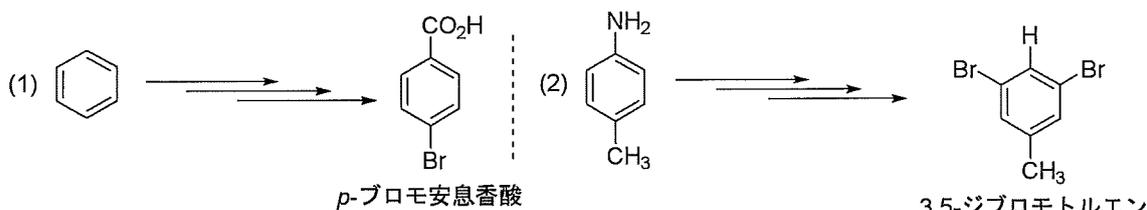
1. 芳香族求電子置換反応によりフェノールのニトロ化を行ったところ、オルト、パラに置換した生成物が得られた。この理由を反応中間体の共鳴構造（オルト、メタ、パラ置換した場合のすべて）をすべて描いて説明せよ。



2. 香族求電子置換反応によりピロールのニトロ化を行ったところ、3-ニトロピロールは全く生成せず、2-ニトロピロールのみが生成した。2-ニトロピロールのみが生成する理由を反応中間体の共鳴構造（2位の場合と3位の場合のすべて）を描いて説明せよ。

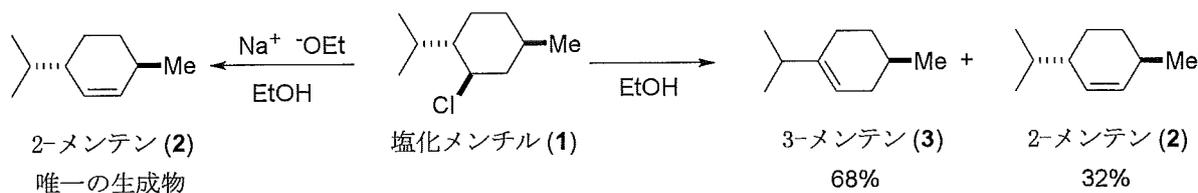


3. 次の化合物の合成方法を完成せよ（各反応について試薬を記載すること。また、オルト、パラ異性体は分離できるものとする）。



- (1) ベンゼンから p-ブロモ安息香酸を合成する方法を反応式で記載せよ。
 (2) p-メチルアニリンから 3,5-ジブロモトルエンをジアゾニウム塩を経由して合成する方法を反応式で記載せよ。

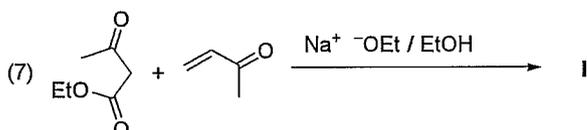
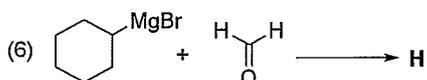
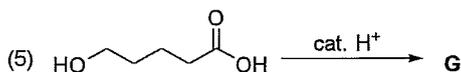
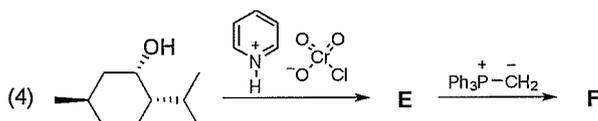
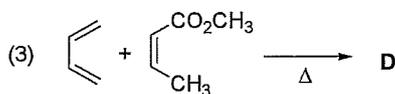
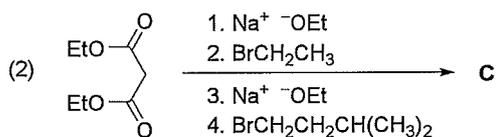
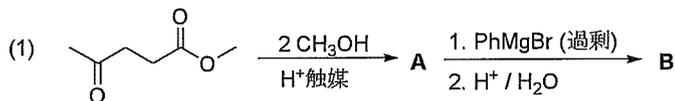
III. 塩化メンチルに関する以下の設問 1～4 に答えよ。



- 塩化メンチル(1)の二つのイス型配座を記せ。
1. で記したイス型配座について、最も安定なイス型配座を選び、理由と共に記せ。
- 塩化メンチル(1)をエタノール中、ナトリウムエトキシドを塩基として反応を行ったところ、2-メンテン(2)が唯一の生成物として得られた。
 - この反応において、ナトリウムエトキシドの量を2倍にしたとき、初期反応速度はどのように変化するのか、次の①～④の中から番号で答えよ。
 - 反応速度は4倍になる。
 - 反応速度は2倍になる。
 - 反応速度は変わらない。
 - 反応速度は1/4倍になる。
 - 曲がった矢印 () を用いて 2-メンテン(2)が唯一の生成物として得られる反応機構を記せ。ただし、重要と思われる中間体または遷移状態が存在する場合は、その構造も反応機構中に記すこと。
- 塩化メンチル(1)をエタノール中、塩基を用いないで反応を行ったところ、3-メンテン(3) (68%) および 2-メンテン(2) (32%) が得られた。
 - この反応において、エタノールの量を2倍にしたとき、初期反応速度はどのように変化するのか、次の①～④の中から番号で答えよ。
 - 反応速度は4倍になる。
 - 反応速度は2倍になる。
 - 反応速度は変わらない。
 - 反応速度は1/4倍になる。
 - 曲がった矢印 () を用いて反応機構を記しなさい。ただし、記載においては、重要と思われる中間体または遷移状態が存在する場合は、その構造も反応機構中に記すこと。

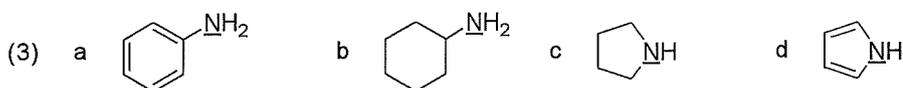
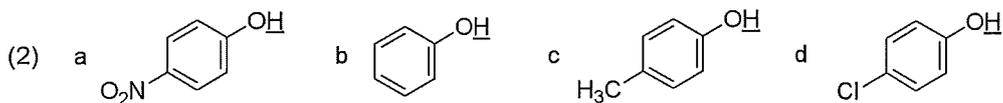
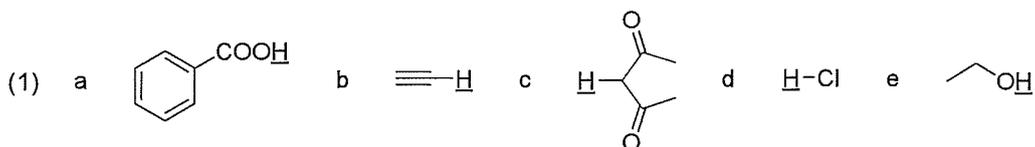
IV. 以下の設問 1, 2 に答えよ。

1. 以下の (1) ~ (7) の反応を行ったときの生成物 **A**~**I** の構造を記せ。ただし、立体化学が重要と思われる化合物に関しては、立体化学が分かるように記載すること。また、反応終了後は、それぞれの反応に適した処理を行うものとする。



2. 次の (1) ~ (3) の設問に関して不等号を用いて並べよ。(例: 酸性の強い順, $a > b > c > d$)

- (1) 下線部の水素の酸性の強い順
- (2) 下線部の水素の酸性の強い順
- (3) 下線部の窒素の塩基性の強い順



無機化学・分析化学

科目名：無機化学・分析化学

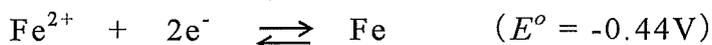
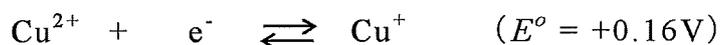
無機化学・分析化学の問題 I ～ IV に答えよ。解答用紙の受験科目欄に問題番号も含む形で「無機化学・分析化学 I」, 「無機化学・分析化学 II」, 「無機化学・分析化学 III」, 「無機化学・分析化学 IV」のように記入すること。

I. 以下の問題 1 ～ 5 に答えよ。

1. NO , NO^+ , NO^- それぞれに含まれる不対電子の数と, N と O の間の結合次数を求めよ。
2. HClO_4 , H_2SO_4 , H_3PO_4 , H_4SiO_4 を酸の強い順に並べ, その理由を記せ。
3. 次の操作 (1) ～ (2) を行った場合に起こる反応を, 以下の標準酸化還元電位 (E°) を参考にして予測し, 化学反応式でそれぞれ記せ。ただし反応しない場合には「反応しない」と記すこと。また, 水溶液中の溶存酸素による影響は無視できるものとする。

(1) Cu^+ を含む塩を水に溶かした。

(2) Fe^{3+} を十分多量に含む水溶液にスズ板を入れた。



4. VSEPR 則にしたがって ClF_3 に予想される三種類の異性体の構造を示し, 最も安定な異性体に○を付けよ。

5. 以下の物質①～④について、炭素－炭素結合の平均多重度をそれぞれ求めよ。計算過程も記せ。また、炭素－炭素結合距離が長い化合物を左から順に番号を並べよ。

①ダイヤモンド ②グラファイト ③エチレン ④ベンゼン

II. 以下の問題 1～4 に答えよ。

1. ジクロロビス（エチレンジアミン）コバルト（III）イオンについて以下の問（1）～（3）に答えよ。

(1) この錯イオンの化学式を、記せ。略号は用いないこと。

(2) この錯イオンの光学活性体の立体構造をすべて図示せよ。

ただしエチレンジアミン分子は $\text{N} \curvearrowright \text{N}$ と略記すること。

(3) 中心金属イオンの電子配置を、以下の例にならって記せ。

例) ナトリウムイオンの電子配置： $1s^2 2s^2 2p^6$

2. 正八面体型錯体について、高スピン型、低スピン型の区別が可能となるのは、中心金属イオンの 3 d 電子数がいくつからいくつの場合であるか、3 d 軌道と配置電子の模式図を描いて説明せよ。

3. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ について以下の問（1）～（3）に答えよ。

(1) d 軌道の分裂幅を Δ_0 として配位子場安定化エネルギーを求めよ。

計算過程も記すこと。なお、この錯イオンは反磁性を示す。

(2) 可視光の吸収極大は、 $[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5]^{2+}$ のそれと比べて短波長側または長波長側のどちらに位置するか。その理由とともに記せ。

(3) この錯体を合成する方法の概略を記せ。

4. マンガン(0)を中心金属にもつ安定な二核金属カルボニル錯体の化学式を記せ。また、この二核錯体が、同じ中心金属の単核カルボニル錯体よりも安定に存在できる理由を、簡潔に記せ。

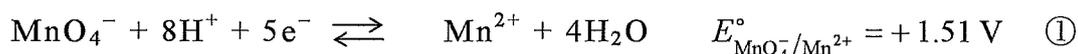
III. 50 mL ホールピペットで食酢 (CH_3COOH 水溶液) を 1000 mL メスフラスコに移し入れ, 純水を加えて定容した。この希釈食酢を 25 mL ホールピペットで滴定フラスコに移し入れ, $0.1007 \text{ mol dm}^{-3}$ NaOH で中和滴定すると, 9.25 mL で等量点に達した。

以下の問題 1 ~ 3 に, 途中の計算過程を示しつつ答えよ。単位を有する数値には, 単位も必ず付けよ。なお, 酢酸の酸解離定数は $\text{p}K_a = 4.76$, 水のイオン積は $K_w = 1.00 \times 10^{-14}$, 活量係数は全て 1 (整数) とする。

- この食酢の分析濃度 c_A (単位は mol dm^{-3}) と, 質量濃度 C (溶液 1 cm^3 に溶けている溶質の g 数, 単位は g cm^{-3}) をそれぞれ有効数字 3 桁で求めよ。酢酸の分子量は 60.05 g mol^{-1} である。
- この食酢の pH を求めたい。以下の問 (1) ~ (3) に答えよ。
 - 酢酸の酸解離平衡反応式を示し, 酸解離定数 K_a とモル濃度との関係式を定式化せよ。
 - 水のイオン積 K_w , 食酢に対する電荷均衡の式と物質均衡の式を, それぞれ示せ。
 - 食酢の pH を有効数字 3 桁で求めよ。
- 希釈食酢の中和滴定等量点の pH を求めたい。以下の問 (1) ~ (4) に答えよ。
 - 等量点におけるナトリウムイオンのモル濃度を, 有効数字 3 桁で求めよ。
 - 酢酸イオンと水との加水分解反応式を示し, その平衡定数 K_b とモル濃度との関係式を定式化せよ。さらに, K_b を K_a と K_w を用いて示せ。
 - 水のイオン積 K_w , 中和滴定等量点における電荷均衡の式と物質均衡の式を, それぞれ示せ。
 - 中和滴定の等量点における pH を, 有効数字 3 桁で求めよ。

IV. 酸化還元反応に関する以下の問題 1～4 に、途中の計算過程を示しつつ答えよ。単位を有する数値には、単位も必ず付けよ。活量係数は全て 1 (整数) とする。また、log 表記のネルンストの式の定数は 0.0592 V とする。

25 °C において、過マンガン酸イオン MnO_4^- とシュウ酸 $(\text{COOH})_2$ の半反応式、および、酸化還元標準電位 E° は、それぞれ①式、②式で表される。ここで e^- は電子である。



- 半反応式①に対するネルンストの式を示し、pH = 2.00 の硫酸水溶液中に $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ の MnO_4^- と、 $2.00 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ の Mn^{2+} が存在するときの電位 E_1 を、有効数字を考慮して求めよ。
- 半反応式②に対するネルンストの式を示し、pH = 2.00 の硫酸水溶液中に分圧 0.200 atm の二酸化炭素 CO_2 と、 $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ の $(\text{COOH})_2$ が存在するときの電位 E_2 を、有効数字を考慮して求めよ。
- 1 と 2 の条件下の水溶液に Pt 電極をそれぞれ浸し、両極を導線でつなげた時の起電力 ΔE を、有効数字を考慮して求めよ。
- 過マンガン酸イオンとシュウ酸の酸化還元平衡式を示し、その平衡定数 K とモル濃度との関係式を定式化せよ。また、 $\log K$ の値を有効数字 3 桁で求めよ。

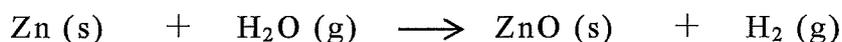
物理化学

科目名：物理化学

物理化学の問題 I ~ III に答えよ。解答用紙の受験科目欄に問題番号も含む形で「物理化学 I」, 「物理化学 II」, 「物理化学 III」のように記入すること。

I. 次の問 1 ~ 4 に答えよ。なお、計算問題は計算過程を示し、答えには必ず単位を付け、アンダーラインを引くこと。なお、気体はすべて完全気体として扱い、気体定数 $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa}$ とする。

1. ギブスエネルギーの定義式を示し、それぞれ用いた記号の意味とともにギブスエネルギーについて説明せよ。また、ギブスエネルギー変化と非膨張仕事との関係について説明せよ。
2. 冷蔵庫は、揮発性の液体が蒸発するのに必要な熱の吸収を利用してゐる。代替フロンとして研究されているあるフッ化炭素が 248 K , 101 kPa で 2.60 mol だけ蒸発したときの q , w , ΔH , ΔU を求めよ。なお、このフッ化炭素は $\Delta_{\text{vap}}H^{\ominus} = +35.0 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。
3. ベンゼンの 35.0°C での蒸気圧は 20.0 kPa , 58.8°C では 50.0 kPa である。ベンゼンの (1) 蒸発エンタルピー, (2) 通常沸点を求めよ。
4. 次の反応の (1) 平衡定数 K および (2) 平衡定数が 1 を越える温度を求めよ。



なお、標準反応ギブスエネルギーは 1280 K で $+33.0 \text{ kJ mol}^{-1}$ であり、この温度範囲内における標準反応エンタルピーは $+224 \text{ kJ mol}^{-1}$ 一定とする。

II. 以下の問題 1 ~ 3 に答えよ。なお、計算過程を示し、答えには必ず単位を付け、アンダーラインを引くこと。

1. 以下の語句について簡単に説明せよ。

- (1) 疎水性相互作用
- (2) 分散相互作用
- (3) バンド理論

2. ファンデルワールスの状態方程式について説明せよ。また、1.00 mol の二酸化炭素が 60°C で 100 cm³ の容器に入っている。この気体をファンデルワールス気体と仮定した場合の圧力を計算せよ。ただし、ファンデルワールスのパラメータは $a = 0.363 \text{ Pa m}^6 \text{ mol}^{-2}$, $b = 4.3 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$ とする。

3. 気体分子の平均自由行程について説明せよ。また、塩素分子の 60°C, 圧力 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ における平均自由行程を求めよ。衝突断面積は 0.93 nm^2 である。

III. 以下の問 1 ~ 4 に答えよ。なお計算過程も示し、答えには必ず単位を付け、アンダーラインを引くこと。

1. 反応 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ において、 H_2 の減少速度が $6.3 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} / \text{s}$ であった。 NH_3 の生成速度はいくらか。
2. 放射性核種ヨウ素 131 の半減期は約 8 日である。
放射線の強度が初めの 6.25% になるのには何日かかるか。
(放射線強度は一次の反応速度で減少する。)
3. アレニウスの式に従うある反応の活性化エネルギーが 40 kJ mol^{-1} である。温度が 300 K から 310 K に上昇するとこの反応の反応速度は何倍になるか。なお気体定数 R を $8.31 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ とする。

アレニウスの式は以下で表される。

$$\text{アレニウスの式} : k = Z e^{-\frac{E}{RT}}$$

k : 速度定数, Z : 頻度因子, E : 活性化エネルギー

4. 反応 $\text{A} \rightarrow \text{生成物}$ は一次反応であり、速度式は k を速度定数として、以下のようにかける。A の初濃度を $[\text{A}]_0$ としたとき、任意の時間 t における A の濃度 $[\text{A}]$ を積分形速度式から求めよ。

ただし、 $\int_{[\text{A}]_0}^{[\text{A}]} \frac{d[\text{A}]}{[\text{A}]} = \ln[\text{A}] - \ln[\text{A}]_0$ とする。

速度式 : $-\frac{d[\text{A}]}{dt} = k[\text{A}]$