

平成 27 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 26 年 8 月実施)

【バイオ化学工学専攻】

専門科目 2
(物理化学, 無機化学・分析化学)

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 4 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. 解答用紙は 5 枚あります。必要に応じて裏面を使用しても構いません。1 科目につき 1 枚とし, どの科目に対する解答かわかるように, それぞれの解答用紙の「受験科目」欄に科目名(「物理化学」, 「無機化学・分析化学」)を記入してください。
白紙の場合でも 5 枚すべて提出してください。
6. 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。

物理化学

科目名：物理化学

1. 次の(1)~(3)の問いに答えよ。解答には途中の計算過程も記入し、単位を示すこと。なお、気体はすべて完全気体とし、気体定数は $8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。

(1) アルゴン(Ar) 1.50 mol が等温的に 25°C で 37.2 dm^3 から 74.4 dm^3 まで (a) 可逆的に, (b) 気体の最終圧力に等しい一定の外力に抗して, (c) 自由に(外力 0 に抗して)膨張した。この3種類の過程について熱量 q , 仕事 w , 内部エネルギー変化 ΔU , エンタルピー変化 ΔH をそれぞれ計算せよ。

(2) ある若い男性が1日に消費したエネルギーは 13.9 MJ であった。この男性を質量 65 kg の水と同じ熱容量の孤立系とした場合, 1日の体温上昇温度を計算せよ。実際には, 男性は開放系である。男性から熱を奪うおもなメカニズムが水の蒸発によるものとして, 体温を一定に維持するために, 1日に蒸発させる水の質量を計算せよ。なお, 水のモル定圧熱容量は $75.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, 水の蒸発エンタルピーは 44.0 kJ mol^{-1} , 水のモル質量は 18.0 g mol^{-1} とする。

(3) 250°C の水蒸気の体積を 3.5 dm^3 から 1.2 dm^3 まで等温で圧縮した。このときのモルギブスエネルギー変化を求めよ。

2. 次の(1)~(2)の問いに答えよ。なお, (2)の解答には途中の計算過程も記入し, 単位を示すこと。

(1) 次の語句の意味を説明せよ。

(a) 平均自由行程 (b) 分子間力

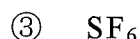
(2) 窒素ガス中の窒素分子の根平均二乗速さと平均自由行程を計算せよ。ただし, 窒素ガスの温度は 300K , 圧力は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, 窒素分子の衝突断面積は 0.43 nm^2 とする。

無機化学・分析化学

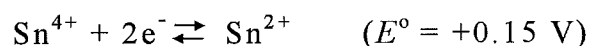
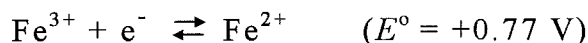
科目名：無機化学・分析化学

1. 以下の各問いに答えよ。

- (1) 以下に示す化合物①～③の立体構造を，VSEPR 則に基づいて予測し，図示しなさい。孤立電子対が存在する場合には，それがわかるように記しなさい。



- (2) 酸素は O_2 分子をつくるが， O_8 分子をつくらない。一方，酸素と同じ族に属する硫黄は S_8 分子をつくるが， S_2 分子をつくらない。その理由を，「静電反発」および「結合エネルギー」の語句を用いて説明しなさい。
- (3) テトラヒドリドホウ酸イオンを含む水溶液に，亜塩素酸イオンを含む水溶液を加えると，塩化物イオンとホウ酸二水素イオンを含む水溶液が生成する。この過程を一つの化学反応式で記しなさい。
- (4) 鉄(III)イオンを十分多量に含む水溶液に金属スズの板を入れた。この場合に起こる反応を予測し，以下の標準酸化還元電位 (E°) を参考にして，化学反応式で記しなさい。ただし，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。



2. 以下の各問いに答えよ。

(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、以下の各問いに答えよ。

(a) この錯イオンの化学式を記しなさい。ただし、配位子の略号は用いてはならない。

(b) この錯イオンの光学異性体の立体構造をすべて図示しなさい。ただし、エチレンジアミン分子は $\text{N} \text{---} \text{N}$ と略記すること。

(c) 中心金属イオンの電子配置を、以下の例にならって記しなさい。
例) ナトリウムイオンの電子配置: $1s^2 2s^2 2p^6$

(d) この錯イオンが高スピン型である場合の磁気モーメントを、ボーア磁子を単位として小数第1位まで求めなさい。

(e) この錯イオンにヘキサアクアクロム(II)イオンを反応させた。その結果、生成すると考えられるクロム錯イオンの化学式を記しなさい。

(2) ジアンミンジクロロ白金(II)酸イオンの *cis*-体を選択的に合成したい。用いる出発原料(平面四配位白金錯体)、および、加える配位子としてふさわしい物質の化学式を、理由を添えて記しなさい。

(3) 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しなさい。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、簡潔に記しなさい。

3. 以下の各問いに答えよ。

(1) 次の語句についてそれぞれ説明せよ。

(a) pH 指示薬と変色域

(b) ネルンストの式

(2) 25 °C において、 $0.200 \text{ mol dm}^{-3}$ の乳酸 ($\text{HC}_3\text{H}_5\text{O}_3$) 水溶液と $0.200 \text{ mol dm}^{-3}$ の乳酸ナトリウム ($\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$) 水溶液を、体積比 1 対 3 の整数比で混合した。次の問いに答えよ。

ただし、乳酸の酸解離定数は $\text{p}K_{\text{a}} = 3.66$ 、水のイオン積は $K_{\text{w}} = 1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ 、各イオンの活量係数は 1.00 とする。有効数字は 3 桁とし、計算過程がわかるように解答しなさい。単位が必要な場合は、明記すること。

(a) 乳酸の解離反応を化学式で示し、その平衡定数 K_{a} を、各成分のモル濃度を用いて表せ。

(b) 混合前の乳酸水溶液の pH を計算せよ。

(c) 乳酸ナトリウムの加水分解反応を化学式で示し、その平衡定数 K_{h} を、各成分のモル濃度を用いて表せ。さらに、 K_{h} を K_{a} と K_{w} で表せ。

(d) 混合前の乳酸ナトリウム水溶液の pH を計算せよ。

(e) 混合溶液の pH を計算せよ。