

受験番号	
------	--

2026年度 神戸大学大学院工学研究科博士課程前期課程

一般入試 (応用化学専攻) 試験問題

専門科目 (一) 物理化学

問題・解答用紙 その1～その6

注意事項：

1. 試験中は、試験監督の指示に従うこと。
従わない場合は、不正行為と見なすことがあります。
2. 解答開始の合図があるまで、この冊子を開かないこと。
3. この冊子を綴じているステープラー (ホッチキス) の針を外してはいけません。
4. 「学生募集要項」で持ち込みが認められたもの以外は、机の上に置かず、カバンの中に
しまうこと。
5. 時計のアラーム、時報、目覚まし音の設定をしている人は解除してください。
6. 携帯電話・スマートフォン等の電子機器類を時計として使用することはできません。
これらを持っている場合は、アラームを設定している人は解除し、必ず電源を切っ
てから、カバンの中にしまうこと。
アラームの解除の仕方が分からない場合は、監督者に申し出ること。
計時機能以外の機能が付いた時計の使用は認めません。
試験時間中にこれらの機器に触れている場合もしくは机の上あるいは中に置かれてい
た場合は、不正行為と見なすことがあります。
7. カバンなどの持ち物は、椅子の下に置くこと。
8. 机の下の物入れは、使用しないこと。
9. 答案は、黒鉛筆またはシャープペンシルで解答すること。
10. 答案は、問題・解答用紙の所定の解答欄に解答すること。
11. 試験時間中に質問等がある場合は、手を挙げて試験監督に申し出ること。
12. 試験途中の退室は認めません。
ただし、トイレに行きたい場合や気分が悪くなった場合は、手を挙げて試験監督に申
し出てください。
13. 解答開始の合図の後、まず、問題・解答用紙の所定欄すべてに、受験番号を記入するこ
と。
14. 配布した用紙 (問題・解答用紙・計算用紙) は、試験時間終了後にすべて回収します。
持ち帰ることはできないので、注意すること。

専門科目（一）： 物理化学（その1）

解答は全て解答欄（別紙、**物理化学（その2）**）に記入しなさい。計算問題の解答は3桁の数字で答えなさい。物質量は n 、絶対温度は T 、体積は V 、圧力は P 、エンタルピーは H 、エントロピーは S 、ギブズエネルギーは G 、モル濃度 ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)の単位は M と表記する。必要ならば以下の値を用いなさい。 R (気体定数) = $8.31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、絶対零度 = $-273 \text{ }^\circ\text{C}$ 、原子量は、 $H=1.00$ 、 $C=12.0$ 、 $O=16.0$ とする。

I 次の(1)~(5)の問いに答えなさい。

- (1) ギブズエネルギー G を温度 T および圧力 P の関数とみなし、下記の式を導きなさい。

$$dG = VdP - SdT$$

- (2) ギブズエネルギー G と体積 V に次の関係があることを示しなさい。

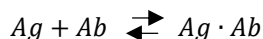
$$\left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_T = V$$

- (3) 純物質の化学ポテンシャル μ とモル体積 V_m には次の関係があることを示しなさい。

$$\left(\frac{\partial \mu}{\partial P}\right)_T = V_m$$

- (4) 温度 T (K)に保ったまま、1 molの水にかかる圧力を $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ から $3.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ にしたとき、化学ポテンシャルの変化 $\Delta\mu_l$ ($\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$)を計算しなさい。なお水の密度は $1.00 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ とし、この圧力範囲において変化しないものとする。
- (5) 温度 T (K)の氷 (1 mol)と水 (1 mol)が、圧力 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ の下で平衡状態にある。系にかかる圧力を $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ から $3.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ にした (温度一定)。このとき氷の化学ポテンシャルの変化 $\Delta\mu_s$ ($\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$)を計算し、固液平衡はどちらの相に傾くかを理由とともに簡潔に説明しなさい。なお氷の密度は $0.917 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ とし、この圧力範囲において変化しないものとする。

II 鶏卵由来リゾチーム(Ag)とそれを特異的に認識するある抗体(Ab)の抗原抗体反応を水中、310 Kで行った。この複合体(Ag·Ab)形成反応において、 $\Delta H = -99.0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、 $\Delta S = -0.159 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ であった。



- (1) リゾチーム 1 molあたりの抗原抗体反応 (複合体形成)におけるギブズエネルギー変化 ΔG ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)を求めなさい。
- (2) この反応におけるリゾチームと抗体の結合定数 K_{a1} (M^{-1})を求めなさい。
- (3) リゾチームと抗体をそれぞれ濃度 50 nM で水に溶解させた。平衡に達したとき、溶解させたリゾチームの何%が複合体を形成したかを求めなさい。
- (4) この抗原抗体反応を温度 280 K に下げて行った場合、リゾチームと抗体の結合定数 K_{a2} (M^{-1})を求めなさい。なお ΔH は 280 K から 310 K において一定とする。
- (5) 以上の結果をもとに、この複合体の形成に有利な温度条件について簡潔に説明しなさい。

専門科目（一）： 物理化学（その2）	
--------------------	--

I 解答欄

(1)	
(2)	
(3)	
(4)	
(5)	

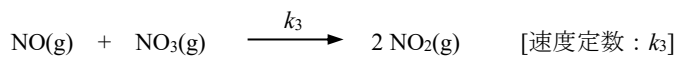
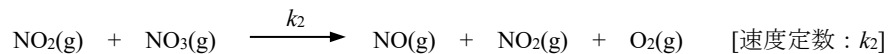
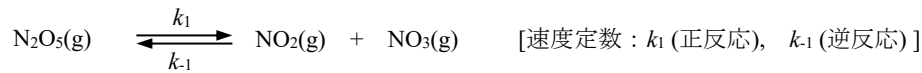
II 解答欄

(1)	
(2)	
(3)	
(4)	
(5)	

専門科目（一）： 物理化学（その3）

解答は全て解答欄（別紙、物理化学（その4））に記入しなさい。計算問題の解答は3桁の数字で答えなさい。必要ならば以下の値を用いなさい。 R (気体定数) = $8.31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 N_A (アボガドロ定数) = $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Ⅲ 五酸化二窒素 (N_2O_5) の分解反応 $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \longrightarrow 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ の反応機構は



で表すことができる。 NO と NO_3 は反応中間体とし、それぞれ定常状態近似法が適用できるものとする、五酸化二窒素の濃度 $[\text{N}_2\text{O}_5]$ と上述の速度定数を使って、酸素分子 (O_2) の生成速度を表しなさい。

Ⅳ 次の(1)~(4)の問いに答えなさい。

- (1) 分子AとBの等モル混合物が温度700 Kで全圧101 kPaとして存在する。この分子AとBの単位時間 (s) ・単位体積 (m^3) 当たりの衝突回数を求めなさい。ただし、分子AとBは剛体球と考え、その直径はそれぞれ300 pmと500 pmとし、平均相対速度は $3.33 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ とする。
- (2) ヘリウム分子の根平均二乗速度が $1.28 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ とすると、このときの気体の温度 (K) はいくらになるか求めなさい。ただし、ヘリウム原子の原子量は4.00として計算しなさい。
- (3) $\text{A} + \text{B} \longrightarrow \text{C}$ と表される反応では、活性化エネルギーは $175 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ であり、前指数因子は $2.04 \times 10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ であった。この反応の反応温度を600 Kから610 Kに上昇させたら、反応速度は何倍になるか求めなさい。
- (4) イソシアン化水素 (HNC) のシアン化水素 (HCN) への異性化反応は次の式で表され、逆反応は進行しないものとする。
 $\text{HNC}(\text{g}) \longrightarrow \text{HCN}(\text{g})$
今、反応器の体積を4.50 Lとし、速度定数が $4.50 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 、HNCの初期濃度が $3.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ であったとき、同温度で1.50時間反応させると、反応器中にHNCは何 mol 残っているか求めなさい。

受験 番号	
----------	--

2026年度 神戸大学大学院工学研究科博士課程前期課程一般入試（応用化学専攻）試験問題

専門科目（一）： 物理化学（その4）	
--------------------	--

III 解答欄

--

IV 解答欄

(1)	
(2)	
(3)	
(4)	

専門科目（一）： 物理化学（その5）

解答は全て解答欄（別紙、物理化学（その6））に記入しなさい。計算問題の解答は2桁の数字で答えなさい。必要ならば以下の値を用いなさい。 c (光速) = $3.0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 N_A (アボガドロ定数) = $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 、 e (電気素量) = $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

V 光電効果について次の(1)~(7)の問いに答えなさい。

Millikanは、Einsteinの光電効果の理論に基づき、図1(a)に示す装置を用いて金属電極Kに紫外・可視光を照射し、電極Kから放出される電子の運動エネルギーを測定した。その測定において、単色光を照射しながら、電極P-K間の電位差 V を変化させ両極間に流れる電流 I を測定すると、図1(b)に示すような結果が得られた。電位差0での光電流 I は、光照射によって電極Kから飛び出した電子によって発生する。その際の電子の運動エネルギー K_m は、電流が0となる電位差 V_0 より求めることができる。照射光強度が増大すると電流値も増大するが、 V_0 は変わらなかった。図2は、Millikanの測定において、横軸に照射する光の振動数 ν を、縦軸に K_m をプロットしたグラフであり、電極KとしてNaとZnを用いた場合の結果を示している。 ν_0 は K_m が0になる振動数である。

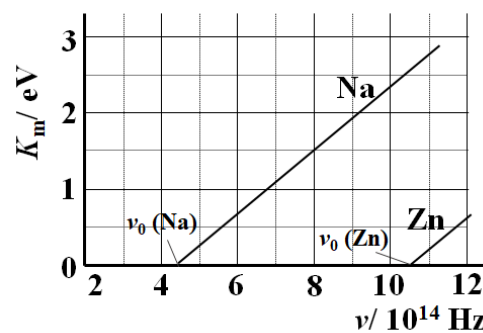
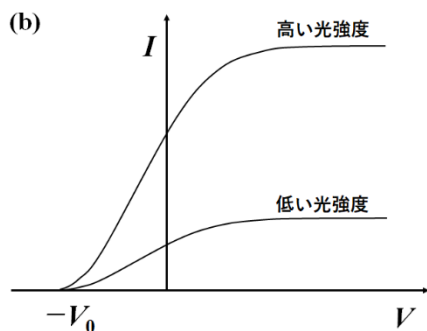
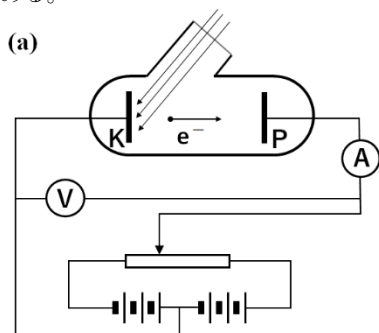


図1(a) 光電効果測定装置の略図 (b) 光電流 I と電極間電圧 V との関係

図2 振動数 ν と運動エネルギー K_m との関係
(原康夫「量子力学」岩波書店(1994)を参考に作図)

- V_0 と K_m の関係を式で示しなさい。
- 照射する光の強度を変えても、 V_0 が一定である理由を説明しなさい。
- 照射する光の振動数 ν を変化させた場合、 $V=0$ での電流 I はどのように変化するか。 $\nu < \nu_0$ と $\nu > \nu_0$ に分けて説明しなさい。また、そうなる理由も説明しなさい。
- K_m をプランク定数 h と ν 、 ν_0 を用いて式で表しなさい。
- 図2より、プランク定数 h ($\text{eV} \cdot \text{s}$) の値を求めなさい。計算の過程も示しなさい。
- $\nu = 5.0 \times 10^{14} \text{ Hz}$ の光子のエネルギー (eV) を求めなさい。
- NaとZnを比べると、第1イオン化ポテンシャルが低いのはどちらか。図2を用いて説明しなさい。

専門科目（一）： 物理化学（その6）	
--------------------	--

V 解答欄

(1)	
(2)	
(3)	
(4)	
(5)	
(6)	
(7)	