

受験番号	
------	--

2025 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 :

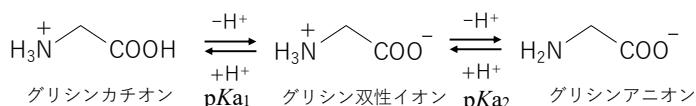
1. 試験中は、試験監督の指示に従うこと。
従わない場合は、不正行為と見なすことがあります。
2. 解答開始の合図があるまで、この冊子を開かないこと。
3. この冊子を綴じているステープラー (ホッチキス) の針を外してはいけません。
4. 「学生募集要項」で持ち込みが認められたもの以外は、机の上に置かず、カバンの中にしまうこと。
5. 時計のアラーム、時報、目覚まし音の設定をしている人は解除してください。
6. 携帯電話・スマートフォン等の電子機器類を時計として使用することはできません。
これらを持っている場合は、アラームを設定している人は解除し、必ず電源を切ってから、カバンの中にしまうこと。
アラームの解除の仕方が分からぬ場合は、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。
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してください。
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) 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。

2025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。絶対温度は T 、エンタルピーは H 、エントロピーは S 、ギブズ自由エネルギーは G 、物質量は n 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°C

I 水溶液中でのグリシンは以下の3つのイオン化状態をとりうる。 $\text{p}K_{a1}$ 、 $\text{p}K_{a2}$ はそれぞれ以下の反応式における酸解離定数である。



(1) $\text{p}K_{a1}$ が次式で表せることを導きなさい。なお[Gly]はグリシン双性イオンのモル濃度、 $[\text{Gly}^+]$ はグリシンカチオンのモル濃度である。

$$\text{p}K_{a1} = \text{pH} - \log[\text{Gly}] + \log[\text{Gly}^+]$$

(2) $\text{p}K_{a1}$ は 2.36、 $\text{p}K_{a2}$ は 9.80 である。グリシンの等電点を求めなさい。

(3) ある水溶液にグリシンを $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ となるように溶かしたところ、水溶液の pH は 2.00 になった。このときのグリシンカチオンのモル濃度($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)を答えなさい。

II 293 Kにおいて純トルエンの蒸気圧は 2.93 kPa、純ベンゼンの蒸気圧は 9.96 kPa とする。

(1) 293 Kにおいてトルエン 1 mol とベンゼン 3 mol を混合した。混合によるギブズ自由エネルギー変化(ΔG)を求めなさい。温度変化はないものとする。混合溶液は理想溶液とする。

(2) この混合溶液の蒸気圧（全圧）(Pa)を求めなさい。

(3) この混合溶液は $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 下、358 K で沸騰する。 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、358 K における純トルエンの蒸気圧(Pa)を求めなさい。なお同条件下の純ベンゼンの蒸気圧は $1.16 \times 10^5 \text{ Pa}$ である。

III 以下の反応がある (25°C , $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$)。表1の物性値を用いて以下の問い合わせに答えなさい。



- (1) エンタルピー変化 $\Delta H (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$ を求めなさい。
- (2) ギブズ自由エネルギー変化 $\Delta G (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$ を求めなさい。
- (3) 圧平衡定数 K_{p1} を求めなさい。
- (4) この逆反応 (25°C) の圧平衡定数 K_{p2} を求めなさい。

表1 化合物の物性値 (25°C , $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$)

	標準生成エンタルピー ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	標準エントロピー ($\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$)
$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	9.20	304
$\text{NO}_2(\text{g})$	33.2	240

受験 番号	
----------	--

2025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2）

I 解答欄

(1)	
(2)	
(3)	

II 解答欄

(1)	
(2)	
(3)	

III 解答欄

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

2025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。

$$R \text{ (気体定数)} = 8.31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

IV 下に示す反応式において、A, B, C はいずれも理想気体である。



全圧 P (Pa) とし、任意の温度 T (K) における A の平衡転化率を x ($0 \leq x \leq 1$) としたとき、次の問いに答えなさい。

- (1) この反応の圧平衡定数 K_p を x と P を用いて表しなさい。
- (2) 今、全圧 1.00×10^5 Pa で反応温度 350 K において、この反応の A の平衡転化率が 0.300 であった。全圧を 1.00×10^5 Pa に保ったまま反応温度を 20.0 K 上昇させたところ、A の平衡転化率は 0.400 に増加した。この系の反応熱 ΔH (J · mol⁻¹) を求めなさい。ただし、この温度変化の範囲では ΔH は温度によって変化しないものとする。

V 酸触媒の存在下、酢酸エステルの加水分解反応をビーカー内で行った。反応温度 283 K で 10.0 min 反応させたところ、酢酸エステル 1.50% が分解した。また、反応温度 303 K で同様に 10.0 min 反応させたところ、酢酸エステル 25.0% が分解した。酢酸エステルの加水分解反応を擬一次反応とし、次の問いに答えなさい。また、計算過程についても記述しなさい。

- (1) この反応の 283 K における反応速度定数を k_1 (min⁻¹) とし、 303 K における反応速度定数を k_2 (min⁻¹) としたとき、 k_1 及び k_2 を求めなさい。
- (2) この反応における活性化エネルギー E_a (J · mol⁻¹) を求めなさい。
- (3) この反応を反応温度 293 K で行った時の反応速度定数 k_3 (min⁻¹) を求めなさい。
- (4) この反応を反応温度 293 K で 10.0 min 行った時では、酢酸エステルは何% 分解するかを求めなさい。

受験 番号	
----------	--

2025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）

IV 解答欄

(1)	
(2)	

V 解答欄

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

受験 番号	
----------	--

2025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。 c （光速） = $3.00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, h （プランク定数） = $6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, N_A （アボガドロ定数） = $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。

VI 水素原子の発光スペクトルについて下記の問い合わせに答えなさい。

Balmerは水素原子の可視域の発光スペクトルを研究した。波長656.28 nm, 486.13 nm, 434.05 nm, 410.17 nmに輝線がみられ、発光波長 λ が f を定数、 n を3以上の整数として、式(1)に従うことを見出した。

$$\lambda = f \left(\frac{n^2}{n^2 - 4} \right) \quad \text{式(1)}$$

Lymanは紫外域の発光スペクトルを研究した。波長121.5 nm, 102.5 nm, 97.2 nm, 94.9 nm, 93.7 nmなどに輝線がみられ、発光波長 λ が l を定数、 n を2以上の整数として、式(2)に従うことを見出した。

$$\lambda = l \left(\frac{n^2}{n^2 - 1} \right) \quad \text{式(2)}$$

- (1) 定数 f 、 l を求めなさい。
- (2) 式(1)および式(2)の整数 n が意味しているものを、Bohrの原子モデルを用いて説明しなさい。
- (3) 第1イオン化エネルギーの定義を説明しなさい。
- (4) 水素原子の第1イオン化エネルギー (kJ·mol⁻¹) を計算しなさい。
- (5) He原子のイオン化エネルギーは水素原子のイオン化エネルギーよりも大きいか小さいかを理由も含めて答えなさい。
- (6) 水素原子の Schrödinger 方程式を、 m （電子の質量）、 \hbar （= $h/2\pi$ ）、 r （原子-電子間距離）、 ϵ_0 （真空の誘電率）、 E （エネルギー）、 e （素電荷）、 ψ （波動関数）を用いて書きなさい。
- (7) 水素原子の Schrödinger 方程式を解くと、1s軌道の波動関数 ψ_{1s} は、電子-原子核間距離 r を用いて式(3)のように書ける。
 a_0 はBohr半径である。

$$\psi_{1s} = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-r/a_0} \quad \text{式(3)}$$

水素原子1s軌道の動径分布関数（電子密度を r の関数として示したもの）を求めなさい。また、動径分布関数が最大となる r を求めなさい。

受験 番号	
----------	--

2025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6）

VI 解答欄

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