

2022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。計算値は、有効数字3桁で答えなさい。なお、必要ならば以下の値を用いなさい。

$$R \text{ (気体定数)} = 8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}, \text{ 絶対零度} = -273.2 \text{ }^\circ\text{C}, 1 \text{ bar} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

I ある温度 T (K) における純液体A及び純液体Bの蒸気圧はそれぞれ0.8875 bar及び0.3500 barである。純液体Aと純液体Bを混合したとき、この温度 T での混合溶液の蒸気圧は0.5733 barであった。純液体Aと純液体Bの合計の物質量は8.500 molである。この混合溶液が理想溶液であるとして、以下の問いに答えなさい。なお、蒸発による各液体の物質減少は無視できるものとする。

- (1) 混合溶液中の液体Aおよび液体Bのそれぞれの物質量 n_A 、 n_B を求めなさい。
- (2) この溶液の温度 T における混合のギブス自由エネルギー変化 ΔG_{mix} は -6.500 kJ であった。混合時の温度 T を求め、単位Kを用いて示しなさい。
- (3) この混合溶液と同じ混合モル比になるように、純液体A(n_A^* mol)および純液体B(n_B^* mol)を新たに混合した。温度 T におけるその混合のエントロピー変化 ΔS_{mix} は $10.00 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ であった。新たに混合した純液体Aの物質量 n_A^* を求めなさい。

II ベンゼン（分子量78.11）の $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ における沸点と凝固点は $80.10 \text{ }^\circ\text{C}$ および $5.500 \text{ }^\circ\text{C}$ であり、沸点上昇を不揮発性溶質の質量モル濃度に比例する式で表した場合の沸点上昇定数は $2.570 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ である。これらのデータを用いて以下の問いに答えなさい。

- (1) 180.0 gのベンゼンに6.250 gの不揮発性物質Aを溶解させた溶液の沸点は $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において $80.67 \text{ }^\circ\text{C}$ であった。物質Aのモル質量($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)を求めなさい。ただし、この混合溶液は理想溶液として扱えるものとする。
- (2) 800.0 gのベンゼンに5.000 gのナフタレン（分子量128.2）を含む溶液は $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において $5.253 \text{ }^\circ\text{C}$ で凝固した。ベンゼンの融解モルエンタルピー($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$)を求めなさい。ただし、ナフタレンは凝固相には含まれず、混合溶液は理想溶液として扱えるものとする。
- (3) 純ベンゼンを $30.00 \text{ }^\circ\text{C}$ で沸騰させたいとすれば、どのような圧力(Pa)に設定すべきかを求めなさい。ただし、ベンゼンの蒸発モルエンタルピーは $30.76 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ で、 $30.00 \text{ }^\circ\text{C}$ から $80.10 \text{ }^\circ\text{C}$ の温度範囲で一定とみなせるものとする。

2022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)	

2022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。計算値は、有効数字3桁で答えなさい。なお、必要ならば以下の値を用いなさい。

$$R \text{ (気体定数)} = 8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Ⅲ ある反応の速度定数が 298.0 K において $12.00 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ で、308.0 K において $41.00 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ であった。

- (1) この反応の活性化エネルギー ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$) はいくらになるか求めなさい。
- (2) この反応の頻度因子 ($\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) はいくらになるか求めなさい。
- (3) 283.0 K での速度定数 ($\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) はいくらになるか求めなさい。

Ⅳ ^{238}U は半減期 44億6800万年 ($4.468 \times 10^9 \text{ year}$) で放射崩壊するが、放射崩壊は1次反応の典型的な例として知られている。最終崩壊生成物は ^{206}Pb で、その中間生成物の半減期はいずれも ^{238}U の半減期に比べて非常に小さいことがわかっている。今、ある地層の鉱石中に ^{206}Pb と ^{238}U が 1.000 : 3.030 の原子比で含まれていた。全ての ^{206}Pb が ^{238}U から生じたものとして、次の間に答えなさい。

- (1) 崩壊定数（速度定数）はいくらになるか、単位を year^{-1} として求めなさい。
- (2) 鉱石ができた時の ^{238}U の原子数を N_0 としたとき、今の ^{238}U の原子数 N を N_0 を用いて表しなさい。
- (3) 鉱石ができたのは、今から何年前か求めなさい。

Ⅴ 下式の量論式で表される気相反応（素反応）を考える。



A, B, C, D は理想気体とし、 a, b, c, d はそれぞれ量論係数であるとする。今、温度 $T(\text{K})$ で平衡状態にあるとし、そのときの気体 A, B, C, D の分圧 (Pa) をそれぞれ p_A, p_B, p_C, p_D としたとき、濃度平衡定数 K_c をこれら分圧を用いて表しなさい。また、温度 $T(\text{K})$ での平衡状態における圧平衡定数を K_p としたとき、 K_p を K_c を用いて表しなさい。

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

III 解答欄

(1)	
(2)	
(3)	

IV 解答欄

(1)	
(2)	
(3)	

V 解答欄

--

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。計算値は、有効数字3桁で答えなさい。なお、必要ならば以下の値を用いなさい。

$$k_B \text{ (ボルツマン定数)} = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}, R \text{ (気体定数)} = 8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}, N_A \text{ (アボガドロ定数)} = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

VI 以下の問いに答えなさい。

(1) ボルツマン分布が適用されるある局在化された系（縮重なし）： $\frac{n_i}{N} = \frac{\exp\left(-\frac{\varepsilon_i}{k_B T}\right)}{z}$ 。z：分子分配関数、 $i=0, 1, 2$ ）について

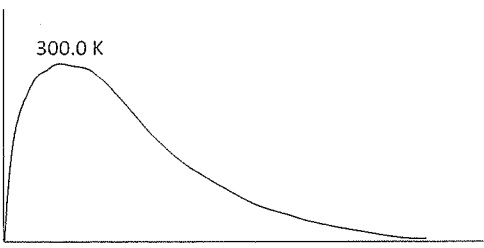
考える。この系では、全粒子数が N であり、エネルギー準位 ε_0 の基底状態に n_0 個の粒子、エネルギー準位 ε_1 に n_1 個の粒子、エネルギー準位 ε_2 に n_2 個の粒子が分布するものとする。このとき、それぞれのエネルギー準位における粒子の分布のしやすさは、全粒子について等しいものとする。それぞれのエネルギー準位のエネルギーは、 $\varepsilon_0 = 0 \text{ J}$ 、 $\varepsilon_1 = 1.212 \times 10^{-20} \text{ J}$ 、 $\varepsilon_2 = 2.424 \times 10^{-20} \text{ J}$ であった。

- ① 系が300.0 Kおよび600.0 Kのとき、それぞれの温度における分子分配関数を求めなさい。計算過程も記載すること。
- ② 300.0 Kおよび600.0 Kの温度において、それぞれのエネルギー準位に占める分子の割合(%)を求めなさい。計算過程も記載すること。
- ③ 300.0 Kにおけるこの系1 molの全エネルギー($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$)を計算しなさい。
- ④ ②の結果から、温度が600.0 Kに上昇したときの分子運動エネルギー分布を解答欄に記載のグラフに示し、その上で、温度上昇に伴う分子運動エネルギーがどのように変化するかを説明しなさい。

(2) 1,4-ジオキサンは、イス形分子の方が船形分子よりも安定であり、イス形分子の船形分子に対する全エネルギー差は $\Delta E = 11.50 \text{ (kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$ である。イス形分子に対する船形分子の割合が1.000 %となる温度(K)を求めなさい。

専門科目（一）： 物理化学（その6）

VI 解答欄

(1)	①	300K においては	600K においては
	②		
	③		
	④	<p>ある特定の運動エネルギーをもった分子の割合</p>  <p style="text-align: center;">分子運動エネルギー (単位は任意)</p>	
(2)			