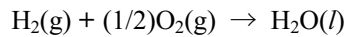


I 次の問題 1, 2 に答えよ。解答はそれぞれ所定の用紙に書け。

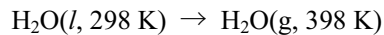
問題 1 下の表の熱力学的データを用いて、問 1~6 に答えよ。
必要ならば、次の値を用いよ。 $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

問 1 次の反応の 298 K における ΔH° と ΔS° を求めよ。

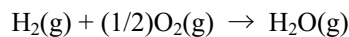


問 2 1 モルの H_2 と 1/2 モルの O_2 を 1 bar のもとで 298 K から 398 K に加熱するときのエンタルピー変化とエントロピー変化を求めよ。

問 3 1 bar のもとでの次の過程のエンタルピー変化とエントロピー変化を求めよ。



問 4 次の反応の 398 K における ΔH° と ΔS° を求めよ。



問 5 問 4 の反応の 398 K における ΔG° を求めよ。

問 6 問 4 の反応の 398 K における平衡定数 K_p を求めよ。

	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
$\Delta H_f^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$ (298 K)	0	0	-285.8	—
$S^\circ / \text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ (298 K)	130.7	205.2	70.0	—
$C_p^\circ / \text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$	$27.3 + 3.3 \times 10^{-3} T$	$30.0 + 4.2 \times 10^{-3} T$	75.5	$30.0 + 10.3 \times 10^{-3} T$
沸点における水のモル蒸発エンタルピーは $40.67 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。				

(注) ° は圧力 1 bar における熱力学量であることを示す。表の C_p° は 298~398 K の範囲で用いることができるものとする。

問題 2 角運動量の z 成分に対する演算子 \hat{l}_z は極座標表示 (r, θ, ϕ) では

$$\hat{l}_z = \frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial \phi}$$

で表される。また、水素原子の $2p_x, 2p_y, 2p_z$ 電子波動関数は、

$$\begin{cases} \varphi_{2p_x} = \frac{1}{4\sqrt{2\pi}} \left(\frac{1}{a_0}\right)^{\frac{3}{2}} \rho e^{-\frac{\rho}{a_0}} \sin \theta \cos \phi \\ \varphi_{2p_y} = \frac{1}{4\sqrt{2\pi}} \left(\frac{1}{a_0}\right)^{\frac{3}{2}} \rho e^{-\frac{\rho}{a_0}} \sin \theta \sin \phi \\ \varphi_{2p_z} = \frac{1}{4\sqrt{2\pi}} \left(\frac{1}{a_0}\right)^{\frac{3}{2}} \rho e^{-\frac{\rho}{a_0}} \cos \theta \end{cases} \quad \text{ただし, } \rho = \frac{r}{a_0}, a_0 \text{ は Bohr 半径}$$

である。以下の問 1~4 に答えよ。

問 1 \hat{l}_z の規格化された固有関数を求めよ。

問 2 φ_{2p_x} と φ_{2p_y} が互いに直交していることを示せ。ただし、体積素片は $dv = r^2 \sin \theta dr d\theta d\phi$ であることに注意せよ。

問 3 φ_{2p_z} は規格化されていることを示せ。

問 4 $\varphi_{2p_x}, \varphi_{2p_y}, \varphi_{2p_z}$ のうち \hat{l}_z の固有関数ではないものを列挙し、これらを用いて \hat{l}_z の固有関数となっている波動関数を作れ。(ただし、規格化は不要。)