

【物理】 出題の意図

I	直線と円弧からなるレール上をすべる小物体の運動を題材として、円運動、力学的エネルギーの保存、斜方投射といった力学の基本が身についているかどうかを問う問題です。小物体がレールから受ける垂直抗力の大きさの変化を通して、小物体の運動の全体像を正しくイメージできるかをポイントとしました。小物体のすべり出す位置やレールの斜面の角度を変える設問を用意し、小物体の運動が設定に応じてどのように変化するかを問うことで、基礎学力と応用力を測定できるような問題を目指しました。
II	直流回路と交流回路について、抵抗・コイル・コンデンサーそれぞれの性質を理解し、様々なスイッチの接続条件における過渡状態または定常状態の電圧・電流、消費電力、エネルギーを答えられるかを問う、電気回路に関する基本的な学力を測る問題とした。
III	熱から仕事を取り出すプロセスの理解は、熱機関を設計開発する際にとっても重要になります。本問題では、熱による気体の膨張によりピストンを動かし、液体を押し上げる現象を取り上げました。これにより、前半においては、ピストン-シリンダー系における定圧変化や定積変化など、理想気体の状態変化の基礎的知識を問い、後半では、ピストンの上昇によりピストン上部の液体がこぼれて圧力が減少していく膨張過程を対象とすることで、熱と仕事の関係について数式を用いながら論理的に思考する力を問うことを目的としました。

I

問1

(1)	$g \sin \theta$	[m/s ²]
-----	-----------------	---------------------

(2)	$\sqrt{2gh_1}$	[m/s]
-----	----------------	-------

(3)	$mg \left(1 + \frac{2h_1}{r}\right)$	[N]
-----	--------------------------------------	-----

問2

(4)	最大値 $\sqrt{2gh_2}$	[m/s]		最小値 $\sqrt{2g\{h_2 - r(2 - \cos \theta)\}}$	[m/s]
-----	-----------------------	-------	--	--	-------

(5)	CE間 (ウ)	EF間 (オ)	FH間 (ウ)	HI間 (オ)
-----	------------	------------	------------	------------

(6)	$r \left(1 + \frac{\cos \theta}{2}\right)$	[m]
-----	--	-----

(7)	$\cos \theta > \frac{2}{3}$
-----	-----------------------------

問3

(8)	$\sqrt{2g(h_3 - r)}$	[m/s]
-----	----------------------	-------

(9)	$\frac{7\sqrt{3}r}{3V}$	[s]
-----	-------------------------	-----

(10)	$\frac{13}{6}r$	[m]
------	-----------------	-----

II

問1

(1) $I_L = 0$ [A]	$V_L = E$ [V]
----------------------	---------------

(2) $I_L = \frac{E}{r+R}$ [A]	$V_L = 0$ [V]
----------------------------------	---------------

(3) $I_L = \frac{E - V_L}{r+R}$ [A]
--

(4) $\frac{RE^2}{(r+R)^2}$ [W]

(5) $R = r$ [Ω]

(6) (ウ)

(7) $I_C = 0$ [A]

(8) $\frac{LE^2}{2(r+R)^2}$ [J]

問2

(9) $\frac{V_0}{\sqrt{2}}$ [V]

(10) $I_R = \frac{V_0}{R} \sin \omega t$ [A]	$I_L = -\frac{V_0}{\omega L} \cos \omega t$ [A]
---	---

(11) $\frac{V_0^2}{2R}$ [W]

(12) $I_0 = V_0 \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{\omega^2 L^2}}$ [A]	$\tan \theta = -\frac{R}{\omega L}$
---	-------------------------------------

(13) (イ)

(14) $I_C = \omega C V_0 \cos \omega t$ [A]
--

(15) $C = \frac{1}{\omega^2 L}$ [F]
--

III

(1)

$$\frac{2p_0SL}{n_0T_0} \quad [J/(\text{mol} \cdot \text{K})]$$

(2)

$$T_2 = T_0 \quad [K] \quad Q_{12} = 6p_0SL \quad [J]$$

(3)

$$T_3 = T_0 \quad [K] \quad p_3 = 2p_0 \quad [\text{Pa}] \quad n_b = n_0 \quad [\text{mol}]$$

(4)

$$\frac{p_0}{gL} \quad [\text{kg/m}^3]$$

(5)

$$p_5 = 2p_0 \quad [\text{Pa}] \quad T_5 = \frac{3}{2}T_0 \quad [K]$$

(6)

$$p_6 = p_0 \left(2 - \frac{z}{L} \right) \quad [\text{Pa}] \quad V_6 = SL \left(\frac{3}{2} + \frac{z}{L} \right) \quad [\text{m}^3]$$

(7)

$$p_6 = p_0 \left(\frac{7}{2} - \frac{V_6}{SL} \right) \quad [\text{Pa}]$$

(8)

$$\begin{array}{|c|c|} \hline \text{(ア)} & \text{(イ)} \\ \hline -\frac{1}{2} & 2 \\ \hline \end{array}$$

(9)

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline \text{(ウ)} & \text{(エ)} & \text{(オ)} & \text{(カ)} & \text{(キ)} \\ \hline -\frac{1}{2} & \frac{1}{4} & \frac{3}{2} & -\frac{3}{2} & \frac{3}{4} \\ \hline \end{array}$$

(10)

$$z^* = \frac{11}{16}L \quad [m]$$

2025年度（令和7年度） 前期日程 化学 出題意図及び解答例

出題意図

前期

I 気体の法則，化学反応における反応熱（反応エンタルピー），平衡，触媒の働きに関する基礎知識と計算力を問いました。

II 酸と塩基の概念は，化学反応において重要な基礎知識です。弱酸の酸解離と中和滴定に関する知識と計算力を問いました。

IIIA 有機化合物の構造決定に関する問題です。高校で学ぶ芳香族化合物，官能基の反応などの基本的な知識から，論理的に構造を推察する思考力を問いました。

IIIB 高分子化合物や単量体の化学構造，共重合体の組成比の計算，高分子の反応や性質および材料への応用について問いました。

問1

- A. $2\text{H}_2(\text{気}) + \text{O}_2(\text{気}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{液})$
 B. $\text{CH}_4(\text{気}) + 2\text{O}_2(\text{気}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{気}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{液})$
 C. $\text{CH}_4 \rightleftharpoons (\text{気}) \quad \text{C}(\text{固}) + 2\text{H}_2(\text{気})$

問2 [結合エンタルピー; C—H:416, O—H:463, H—H:436, O=O:498, C=O:804 (kJ/mol)]

水素: 反応式を次の形に書き換えて計算する。 $\text{H}_2 + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

$$(2 \times 463) - (436 + 498 \div 2) = 241 \quad \text{答: } 241 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{メタン: } (2 \times 804 + 2 \times 2 \times 463) - (4 \times 416 + 2 \times 498) = 800 \quad \text{答: } 800 \text{ kJ/mol}$$

問3

分解反応が進行して平衡状態にあるとき、容器内にある気体はメタンと水素の二種類である。

容器内の全圧力 ($3.7 \times 10^5 \text{ Pa}$) = メタンの分圧 P_{CH_4} + 水素の分圧 P_{H_2} ($3.4 \times 10^5 \text{ Pa}$) であるから、

$$3.7 \times 10^5 - 3.4 \times 10^5 = 0.3 \times 10^5 \text{ Pa} = 3.0 \times 10^4 \text{ Pa} \quad \text{答: メタンの分圧 } P_{\text{CH}_4} \text{ は } 3.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

分解反応が平衡状態にあるときのメタンの物質量を $n \text{ mol}$ とすると、水素の物質量は、 $2 \times (1 - n) \text{ mol}$ と書ける。

混合気体における各気体の圧力比は、各気体の物質量比(モル比)に等しいので、

$$(3.4 \times 10^5 \text{ Pa}) \div (3.7 \times 10^5 \text{ Pa}) = \{2 \times (1 - n)\} \div \{n + 2 \times (1 - n)\}$$

これを解いて $n = 0.15$ // すなわち、1 mol のメタンのうち、 $1 - 0.15 = 0.85 \text{ mol}$ が分解している。 答: 85 %

問4

容器内にある気体の物質量 n は、 $0.15 + 1.7 = 1.85 \text{ mol}$

$$\text{よって内容積 } V \text{ は、 } 1.85 \times 8.3 \times 10^3 \times 1600 \div (3.7 \times 10^5) = 66.4 \quad \text{答: } 6.6 \times 10 \text{ L}$$

※メタンの物質量と分圧、または水素の物質量と分圧を用いて求めてもよい。

問5

メタンの分圧 P_{CH_4} と水素の分圧 P_{H_2} :を用いて、圧平衡定数 K_p は、

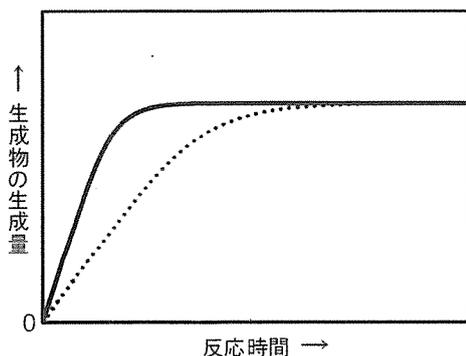
$$K_p = P_{\text{H}_2}^2 \div P_{\text{CH}_4} \quad (\text{Pa}) \text{ と定義される。問3の解答値を代入して、}$$

$$\text{圧平衡定数 } K_p: (3.4 \times 10^5)^2 \div (3.0 \times 10^4) = 3.8533 \dots \times 10^6 \quad \text{答: } 3.9 \times 10^6 \text{ Pa}$$

問6

水素の生成量は減少する。温度一定では、内容積を小さくして圧力が大きくなると、圧力の上昇を小さくする方向に平衡が移る。気体分子の物質量が増加する反応なので、生成物の生成量が減少すると圧力は小さくなる。

問7



理由: 触媒は反応速度を大きくするが平衡を移動させないから。

化学 II

問1 (ア)水素イオン, (イ)水酸化物イオン, (ウ) $-\log_{10}[\text{H}^+]$

問2

$$\text{電離度} = \frac{[\text{H}^+]}{\text{酸の濃度}} = \frac{1.0 \times 10^{-3}}{\frac{3.0 \times 10^{-3}}{0.100}} = 3.33 \dots \times 10^{-2}$$

答 3.3×10^{-2}

問3

(1) 下の酢酸の電離定数の式に, $[\text{H}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 10^{-4} \text{ mol/L}$ を代入する。

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{10^{-8}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$\text{これより, } [\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{10^{-8}}{K_a}$$

したがって全酢酸濃度は,

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{CH}_3\text{COOH}] = 10^{-4} + \frac{10^{-8}}{K_a}$$

答 $10^{-4} + \frac{10^{-8}}{K_a} \text{ mol/L}$

(2) (1)より全酢酸濃度は $10^{-5} + \frac{10^{-9}}{K_a} \text{ mol/L}$ となるので,

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 10^{-5} + \frac{10^{-9}}{K_a} - [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

また, $[\text{H}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-]$ より

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{H}^+]}{10^{-5} + \frac{10^{-9}}{K_a} - [\text{H}^+]}$$

整理して, $[\text{H}^+]^2 + K_a[\text{H}^+] - 10^{-5}K_a - 10^{-9} = 0$

答 $[\text{H}^+] = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4(10^{-5}K_a + 10^{-9})}}{2} \text{ mol/L}$

(3) 答 $1 + \frac{10^{-4}}{K_a}$ mL

問4 (1) 塩基性

理由：中和点では酢酸ナトリウム水溶液となりほぼ完全に電離している。酢酸イオンは加水分解して、水酸化物イオンを生成するため。

(2) 滴下された水酸化ナトリウムは酢酸と反応して酢酸イオンと水が生成するため、水溶液中の水酸化物イオン濃度はほとんど増加せず、pH もほとんど変化しない。

(3) 中和滴定で生成する酢酸ナトリウムの電離と比べて酢酸の電離は無視できるので

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] \approx [\text{Na}^+] = C_B$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = C_A - [\text{CH}_3\text{COO}^-] = C_A - C_B$$

これらを以下に代入して

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{[\text{H}^+] \times C_B}{C_A - C_B}$$

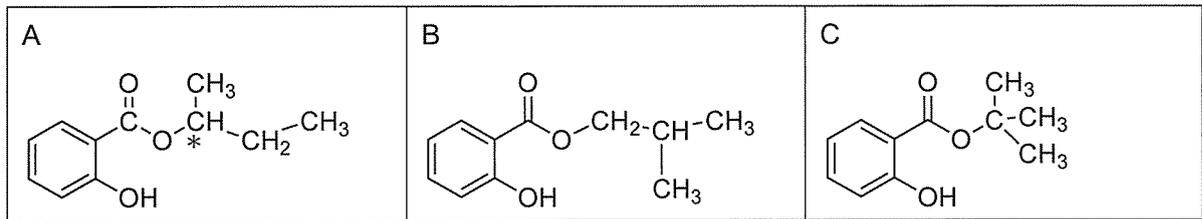
したがって $[\text{H}^+] = \frac{K_a(C_A - C_B)}{C_B}$

答 $\text{pH} = -\log_{10} \frac{K_a(C_A - C_B)}{C_B}$

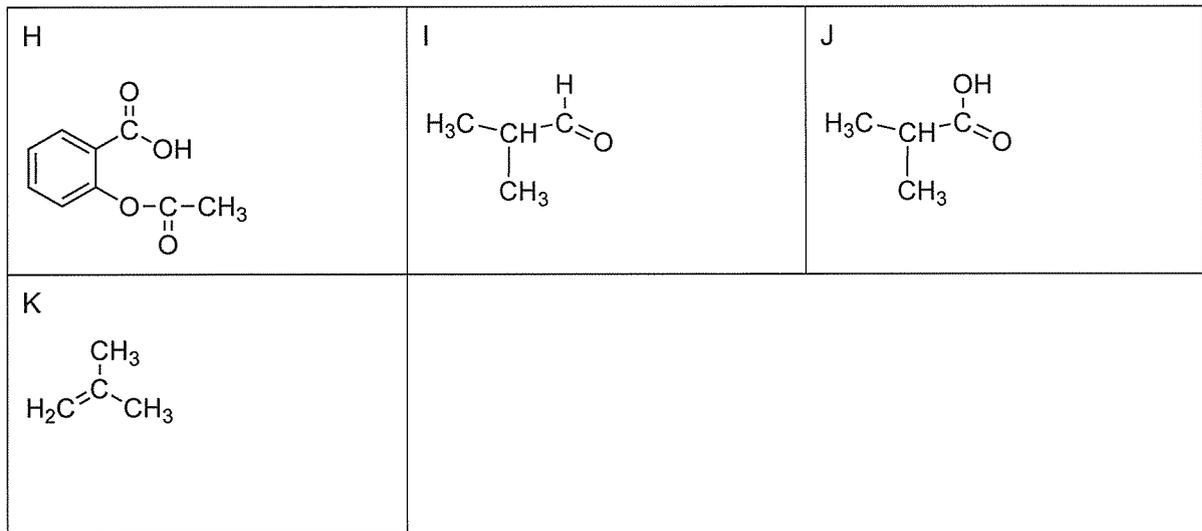
(4) $\text{pH} = -\log_{10} K_a$

III A

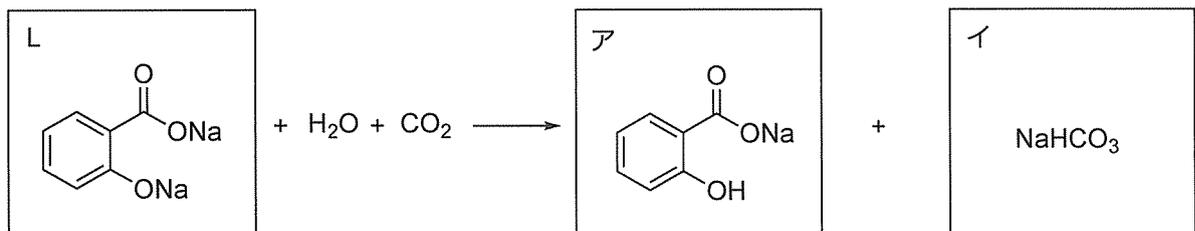
問 1



問 2



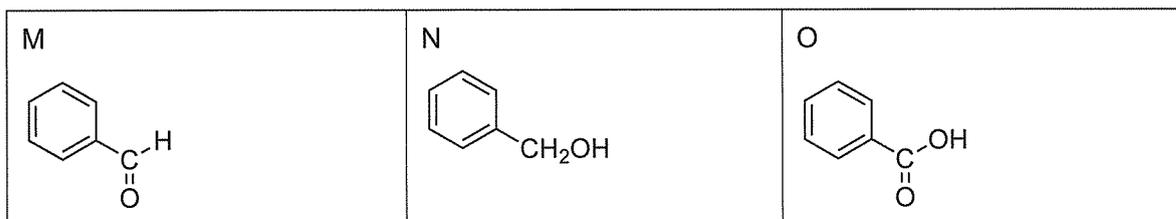
問 3



問 4

塩化鉄(III)水溶液を加えると、サリチル酸 (D) は、赤紫色を示すが、アセチルサリチル酸 (H) は呈色しない。

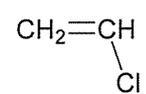
問 5



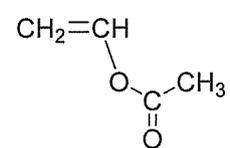
化学 III B 解答例

問 1

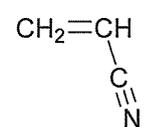
A



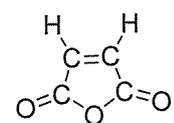
B



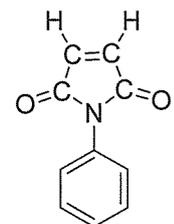
C



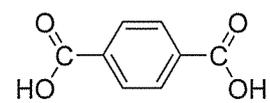
D



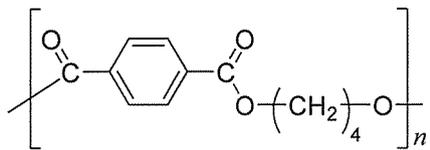
E



F

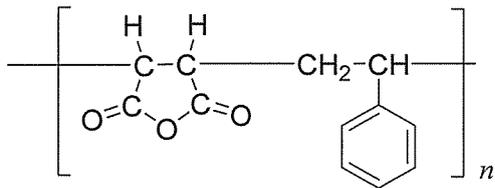


問2



問3

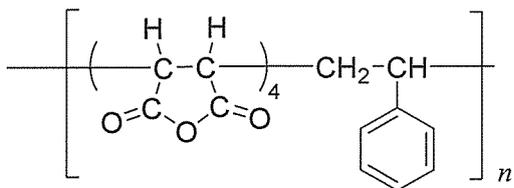
1 : 1



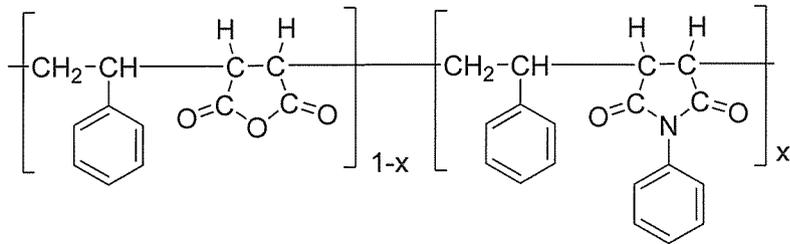
.....

(下記の解答も可とする)

4 : 1



問4



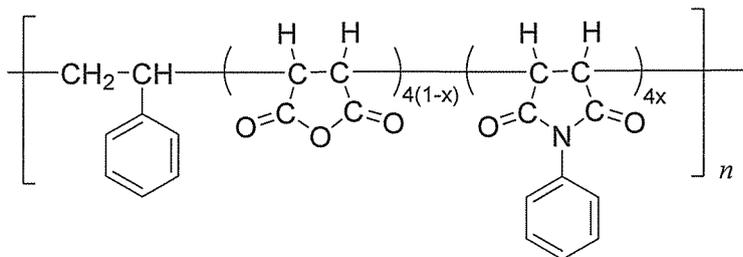
炭素：窒素の質量比

$$\{12(1-x)+18x\} \times 12 : 14x = 40 : 1$$

$$x = 0.295..$$

答え $x = 0.30$

(下記の解答も可とする)



炭素：窒素の質量比

$$\{8 + 4 \times 4(1-x) + 10 \times 4x\} \times 12 : 4x \times 14 = 40 : 1$$

$$x = 0.147..$$

答え $x = 0.15$

問5

(あ) (え) (か) (き)