

I

問1

(1) $\sqrt{2gh}$ [m/s]

(2) $\frac{m}{M+m}\sqrt{2gh}$ [m/s]

(3) $\sqrt{\frac{2m^2gh}{k(M+m)}}$ [m]

問2

(4) $\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{M}{k}}$ [s]

(5) $\frac{m}{M}(1+\alpha)\sqrt{2gh}$ [m/s]

(6) $(1+\alpha)\sqrt{\frac{2m^2gh}{kM}}$ [m]

(7) $\frac{M\alpha}{M+m(1+\alpha)}$

(8) $\sqrt{2(\alpha^2-1)gh}$ [m/s]

(9) $\frac{M+m}{M-m}$ 倍

問3

(10) $\sqrt{5}$ 倍

(11) $\frac{3+\sqrt{5}}{2}$ 倍

(12) $2h$ [m]

(13) $2\sqrt{3}(1+\sqrt{2})h$ [m]

II

問1

(1) $F = -evB$ [N]

(2) $F - eE = 0$

(3) $-\frac{Fl}{e}$ [V]

問2

(4) $v_x = -a\omega \sin \omega t$ [m/s], $v_y = a\omega \cos \omega t$ [m/s]

(5) $e a \omega B \sin \omega t$ [N]

(6) $-ab\omega B \sin \omega t$ [V]

(7) $\frac{ab\omega B}{\sqrt{2}}$ [V]

$\frac{\omega\pi(abB)^2}{R}$ [J]

(8) 起電力の振幅 V_0 は ab に正比例する. $L = 2a + b$ を考慮すると,
 $V_0 \propto ab = a(L - 2a) = aL - 2a^2$
 これを平方完成すると, $-2\left(a - \frac{L}{4}\right)^2 + \frac{L^2}{8}$
 ゆえに, $L = 4a$, つまり $b = 2a$ で V_0 が最大となる. $a : b = 1 : 2$

問3

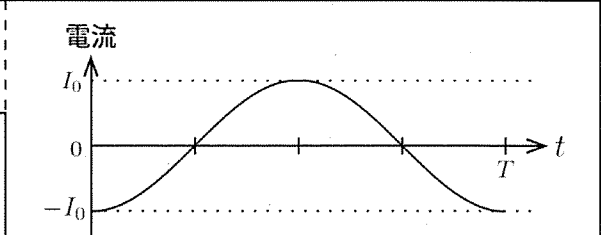
(9) $-\frac{ab\omega B}{d} \sin \omega t$ [V/m]

(10) $C = \frac{S}{d}$ [F]

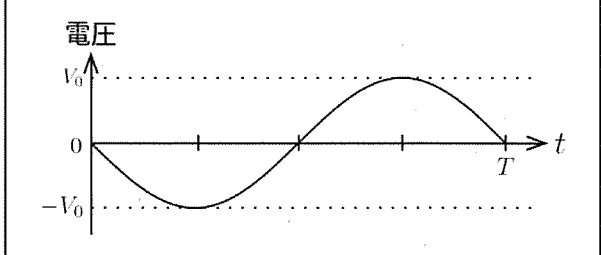
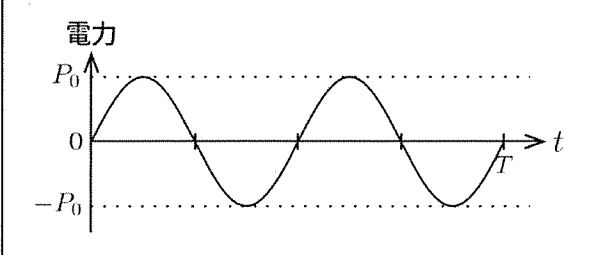
(11) $-Cab\omega B \sin \omega t$ [C]

(12) $-ab\omega^2 BC \Delta t \cos \omega t$ [C]

(13) $-ab\omega^2 BC \cos \omega t$ [A]



(14) $(ab\omega B)^2 \omega C \frac{\sin 2\omega t}{2}$ [W]



(15) 電力が正の間は, 外力による仕事でコンデンサーにエネルギーが蓄えられるが,
 電力が負の間は, コンデンサーに蓄えられていたエネルギーが放出され, 外に仕事をする.
 これが $T/2$ 周期で繰り返され, 一周で外力がした正味の仕事は 0 となる.
0 [J]

III

問 1

(1) $p_0 = \frac{mg}{S} \quad [\text{Pa}]$	$T_0 = \frac{mgL}{nR} \quad [\text{K}]$
---	---

問 2

(2) $T_1 = 2 T_0 \quad [\text{K}]$

(3) 断熱変化なので気体と外部の熱のやり取りはない。また、ピストンは動いておらず真空中への自由膨張であるから気体は仕事をしていない。したがって、熱力学第一法則より、気体の内部エネルギーは変化しない。理想気体の内部エネルギーは温度のみの関数であるから、気体の温度は変化しない。

(4) $p_1 = \frac{1}{2} p_0 \quad [\text{Pa}]$
--

問 3

(5) $p_2 = \frac{3}{2} p_0 \quad [\text{Pa}]$
--

(6) $T_2 = 6 T_0 \quad [\text{K}]$

(7) $T_B = \frac{3}{2} T_1 \quad [\text{K}]$

(8) $p_A = \frac{5}{2} p_0 \quad [\text{Pa}]$
--

(9) $T_A = \frac{5}{2} T_2 \quad [\text{K}]$

(10) 空間 A $\frac{9}{2} n C_V T_0 \quad [\text{J}]$	空間 B $\frac{1}{2} n C_V T_0 \quad [\text{J}]$
---	--

(11) $5 n C_V T_0 + n R T_0 \quad [\text{J}]$
--

I 問1

1 メタン	2 蒸留（分留）
----------	-------------

問2

ガス漏れを検知するため。(安全確保のため。)

問3

(1)
 $459 \times 2 - (432 + 1/2(494)) = 239 \text{kJ}$
 $Q_1 = +239 \text{kJ}$

(2)
 $799 \times 2 - (705 + 494) = 399 \text{kJ}$
 $Q_2 = +399 \text{kJ}$

(3)
 反応式は $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + Q$ となる。
 $3\text{C} + 3\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 399 \times 3 (=1197)$
 $+ 4\text{H}_2 + 2\text{O}_2 = 4\text{H}_2\text{O} + 239 \times 4 (=956)$

 $3\text{C} + 4\text{H}_2 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2153$
 $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + (2153 - 105) = 2048 \text{kJ}$
 $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2048 \text{kJ}$

問4

$mgh = (1000 \text{kg})(9.8 \text{m/s}^2)(1000 \text{m}) = 9.8 \times 10^6 \text{J}$
 $(9.8 \times 10^6) / \{(4.9 \times 10^6)(0.3)\} = 6.66 = 6.7 \text{mol}$
 6.7mol

問5

$(6.67 \text{mol})(100 \text{g/mol}) / (680 \times 10^{-3} \text{g/cm}^3) = 980 \text{ cm}^3 = 0.98 \text{L}$
 0.98L

II 問1

- (A) カルシウム (B) 生 (C) 発 (D) 消 (E) 次亜塩素酸
(F) 塩化物 (G) ヘンリー (H) 低下
(a) CO_2 (b) CaO (c) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (d) Cl_2 (e) ClO^- (または OCl^-)
(f) Cl^- (g) H_2CO_3 (CO_2 、 CO_2 水和なども可) (h) HCO_3^- (i) CO_3^{2-}

問2

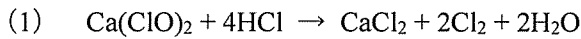
- (ア) 硫酸塩 (イ) 水酸化物 (ウ) 塩化物

問3

【反応式】 $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$

【Xの名称】 アセチレン (エチンも可)

問4



※高度さらし粉は水和物 ($\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) としても可。

(2) 【名称】 下方置換法

【理由】 気体 Y は水と反応し (水への溶解度が高く), 空気よりも密度が大きいため。

(3) 水酸化カリウム

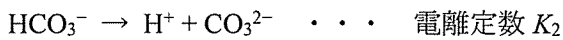
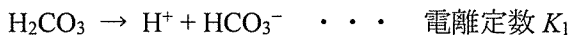
問5

【解答】

$$[\boxed{i}] = \frac{C}{10^{x+y-2z} + 10^{y-z} + 1}$$

【導出過程】

$$C = [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] \quad \dots \quad (*)$$



$$K_1 = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad \dots \quad (1)$$

$$K_2 = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} \quad \dots \quad (2)$$

(1) 式と (2) 式より,

$$K_1 K_2 = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad \dots \quad (3)$$

(*) 式に (2) 式と (3) 式を代入して整理すると,

$$[\text{CO}_3^{2-}] = c \left(\frac{[\text{H}^+]^2}{K_1 K_2} + \frac{[\text{H}^+]}{K_2} + 1 \right)^{-1} \quad \dots \quad (4)$$

ここで、 $\text{pH}=x$ で $[\text{H}_2\text{CO}_3]=[\text{HCO}_3^-]$ だから、(1) 式より

$$K_1 = 10^{-x} \quad \dots \quad (5)$$

また、 $\text{pH}=y$ で $[\text{HCO}_3^-]=[\text{CO}_3^{2-}]$ だから、(2) 式より

$$K_2 = 10^{-y} \quad \dots \quad (6)$$

さらに $\text{pH}=z$ のとき、

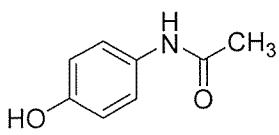
$$[\text{H}^+] = 10^{-z} \quad \dots \quad (7)$$

となる。(4) 式に (5) ~ (7) 式を代入して整理すると、

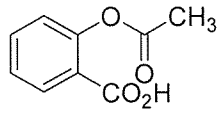
$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{c}{10^{x+y-2z} + 10^{y-z} + 1}$$

IIIA

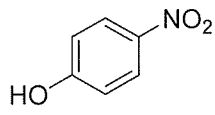
問 1



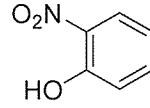
A



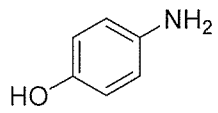
B



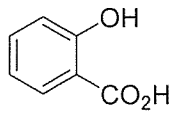
C



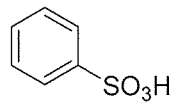
D



E



F



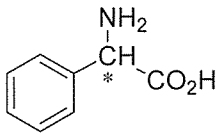
G

G:名称 ベンゼンスルホン酸

問 2 ア: 無水酢酸

イ: クメン法

問 3 X:



問 4



III B

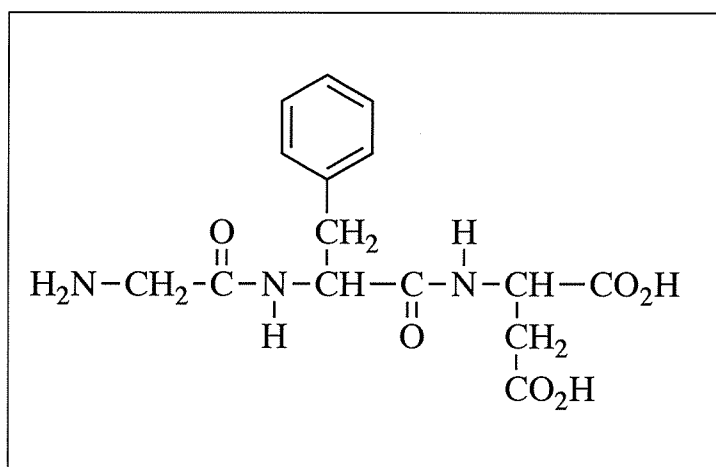
問 1

ア デンプン	イ マルトース	ウ セルロース	エ 水素結合	オ 半透
カ イソプレン	キ シス	ク エチレン	ケ 塩化ビニル	

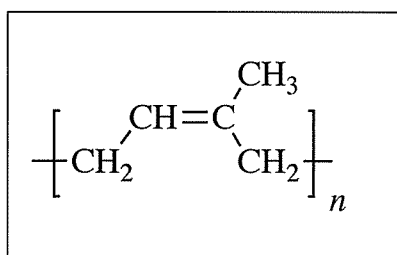
問 2

加熱によって水素結合が弱くなり、らせん構造が変化するため

問 3



問 4



問 5

生成する二酸化炭素と水の量から、高分子に含まれる炭素と水素の比は

$$\frac{396}{44} : \frac{108}{18} \times 2 = 9 : 12 = 3 : 4$$

スチレンの分子式 C_8H_8 とブタジエンの分子式 C_4H_6 から、スチレンの物質量の割合を x とすると

$$8x + 4(1-x) : 8x + 6(1-x) = 3 : 4$$

から、 $x=0.2$ と求まる。

答え：20%