

(解答番号 [1] ~ [43])

[19] の解答群

- ① λ_0 ② $n_1 \lambda_0$ ③ $\frac{\lambda_0}{n_1}$ ④ $\sqrt{n_1} \lambda_0$
 ⑤ $\frac{\lambda_0}{\sqrt{n_1}}$ ⑥ $\frac{\lambda_0}{\sqrt{n_1-1}}$ ⑦ $(n_1-1)\lambda_0$ ⑧ $(n_1-1)^2 \lambda_0$

[20] の解答群

- ① c ② $n_1 c$ ③ $\frac{c}{n_1}$ ④ $\sqrt{n_1} c$
 ⑤ $\frac{c}{\sqrt{n_1}}$ ⑥ $\frac{c}{\sqrt{n_1-1}}$ ⑦ $(n_1-1)c$ ⑧ $(n_1-1)^2 c$

[21] の解答群

- ① $\frac{\lambda_0}{c}$ ② $\frac{c}{\lambda_0}$ ③ $\frac{n_1 \lambda_0}{c}$
 ④ $\frac{c}{n_1 \lambda_0}$ ⑤ $\frac{\lambda_0}{n_1 c}$ ⑥ $\frac{n_1 c}{\lambda_0}$
 ⑦ $\frac{(n_1-1)c}{\lambda_0}$ ⑧ $\frac{c}{(n_1-1)\lambda_0}$

[22] の解答群

- ① $\frac{n_2}{n_1}$ ② $\sqrt{\frac{n_2}{n_1}}$ ③ $\frac{n_2-n_1}{n_1}$ ④ $\sqrt{\frac{n_2-n_1}{n_1}}$
 ⑤ $\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$ ⑥ $\left(\frac{n_2-n_1}{n_1}\right)^2$ ⑦ 1 ⑧ $\frac{n_2+n_1}{n_1}$

[23] , [24] , [25] の解答群

- ① $\frac{2a}{n_1^2-1}$ ② $\frac{a}{n_1^2-1}$ ③ $\frac{2a}{n_1}$ ④ $\frac{a}{n_1}$
 ⑤ $\frac{a}{\sqrt{n_1^2-1}}$ ⑥ $\frac{2a}{\sqrt{n_1}}$ ⑦ $\frac{a}{\sqrt{n_1-1}}$ ⑧ $\frac{2h}{n_1^2-1}$
 ⑨ $\frac{h}{n_1^2-1}$ ⑩ $\frac{2h}{n_1}$ ⑪ $\frac{h}{n_1}$ ⑫ $\frac{h}{\sqrt{n_1^2-1}}$

[26] の解答群

- ① 1 ② $\frac{5}{4}$ ③ $\frac{4}{3}$ ④ $\sqrt{2}$
 ⑤ $\frac{3}{2}$ ⑥ $\frac{5}{3}$ ⑦ $\sqrt{3}$ ⑧ 2

I 次の水素に関する文章〔1〕～〔4〕の空欄 [1] ~ [18] にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から一つ選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものをくり返し選んでもよい。原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$, $Zn = 65$, ファラデー定数は $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$, 気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{l}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とし、気体はすべて理想気体とする。

〔1〕 原子は、その中心にある1個の原子核と、原子核をとりまき電子とからできている。そして、原子核は陽子と中性子とからできている。水素原子の陽子の数は [1] 個であり、また、 [2] に [3] 個の電子が入っており、これを価電子と呼ぶ。地球上に存在する水素には、同位体が存在する。質量数1および質量数2の水素には、それぞれ [4] および [5] 個の中性子がある。

[1] , [3] ~ [5] の解答群

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 7
 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0 ⑪ 10 ⑫ 11 ⑬ 12 ⑭ 13
 ⑮ 14 ⑯ 15 ⑰ 16 ⑱ 17 ⑲ 18 ⑳ 19

[2] の解答群

- ① K 殻 ② L 殻 ③ M 殻 ④ N 殻 ⑤ O 殻 ⑥ P 殻

〔2〕 亜鉛6.5gに0.40mol/lの希塩酸を400ml加えると水素が生成した。生成する水素の最大量は [6] molである。しかし、次の金属と酸水溶液の組み合わせでは水素は生成しなかった。それぞれの場合における適切な説明を選べ。

金属と酸水溶液の組み合わせ	説明
アルミニウムと濃硝酸	[7]
銀と希塩酸	[8]
銅と熱濃硫酸	[9]

[6] の解答群

- ① 0.020 ② 0.040 ③ 0.080 ④ 0.10
 ⑤ 0.16 ⑥ 10 ⑦ 80 ⑧ 160

[7] ~ [9] の解答群

- ① 金属は溶解したが気体が生成しなかった。
 ② 金属は溶解したが別の気体が生成した。
 ③ 金属のイオン化傾向が小さいので金属は溶解せず、気体が生成しなかった。
 ④ 金属表面に酸化皮膜が生成したため気体が生成しなかった。

〔3〕 水素は白金を電極とする水の電気分解によっても得られる。たとえば硫酸水溶液を電気分解すると、陰極では [10] に電子が与えられ [11] が生成し、いっぽう、陽極では水分子が白金電極に電子を与えて [12] と [10] が生成する。 [13] 水溶液を用いると、両電極で硫酸水溶液のときと同じ生成物が得られる。水の電気分解で電気量386Cを流したときに生成する水素の体積は、0℃、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ で [14] mlである。

[10] ~ [12] の解答群

- ① 水素イオン ② 硫酸イオン ③ 水酸化物イオン ④ 水
 ⑤ 水素 ⑥ 酸素 ⑦ 二酸化硫黄

[13] の解答群

- ① 塩化銅(II) ② 硫酸銅(II) ③ 水酸化ナトリウム
 ④ 塩化ナトリウム

[14] の解答群

- ① 0.022 ② 0.045 ③ 0.090 ④ 0.180
 ⑤ 22 ⑥ 45 ⑦ 90 ⑧ 180

〔4〕 水素は0℃、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ の条件では気体で存在する。したがって、水素を運搬する際は金属製ボンベ中に圧縮するか、冷却して液化する必要がある。いずれの場合も多大なエネルギーを必要とする。そこで近年では、水素をメタノールに変換して運搬することが検討されている。メタノールは0℃、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ の条件では液体で存在し、その密度は 0.8 g/cm^3 である。ある触媒の存在下、水素を一酸化炭素と反応させるとメタノールが生成する。この反応の反応熱(201 kJ/mol)および反応にもなう分子数の変化を考慮すると、平衡状態におけるメタノールの生成率は [15] のときに高くなると予測できる。0.25 molの水素が0℃、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ で占める体積は [16] lである。0.25 molの水素を一酸化炭素と完全に反応させてメタノールとしたとき、0℃でメタノールが占める体積は [17] lとなり、水素が占める体積 [16] lのおよそ [18] 倍となる。

[15] の解答群

- ① 低温・低圧 ② 低温・高圧 ③ 高温・低圧 ④ 高温・高圧

- 16, 17 の解答群
- ① 0.0020 ② 0.0025 ③ 0.0040 ④ 0.0050 ⑤ 0.010
 ⑥ 0.089 ⑦ 0.18 ⑧ 0.20 ⑨ 2.5 ⑩ 2.8
 ⑪ 4.0 ⑫ 5.0 ⑬ 5.6 ⑭ 8.0 ⑮ 11
 ⑯ 22 ⑰ 5600 ⑱ 11000 ⑲ 22000

- 18 の解答群
- ① 1 ② 10 ③ 100 ④ 1000 ⑤ 10000
 ⑥ 1/10 ⑦ 1/100 ⑧ 1/1000 ⑨ 1/10000

II 次の文章を読み、設問〔1〕～〔3〕の空欄 19 ～ 28 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から一つ選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものをくり返し選んでもよい。水の電離平衡は考えないものとする。計算は有効数字3桁まで行い、四捨五入して有効数字2桁で表せ。log₁₀2 = 0.30とする。

水に溶解した二酸化炭素は、その一部が炭酸H₂CO₃となり、これが式(1)および(2)に示すように、二段階で電離して、HCO₃⁻およびCO₃²⁻を生成する。ここでは、水に溶解した二酸化炭素がすべてH₂CO₃となると考えて、この水溶液の水素イオン濃度[H⁺] (mol/l)を計算する。H₂CO₃、HCO₃⁻、CO₃²⁻の濃度を、それぞれ、[H₂CO₃]、[HCO₃⁻]、[CO₃²⁻] (単位[mol/l])とすると、式(1)および(2)の電離平衡の電離定数K_{a1}、K_{a2}は、式(3)および(4)で定義される。



K_{a1}、K_{a2}および二酸化炭素の溶解度は、温度によって変化する(表1)。

表1

温度 [°C]	K _{a1} [mol/l]	K _{a2} [mol/l]	二酸化炭素の飽和溶解度 (CO ₂ 分圧 1.01 × 10 ⁵ Pa) [mol/l]
20	4.2 × 10 ⁻⁷	4.2 × 10 ⁻¹¹	3.9 × 10 ⁻²
40	5.0 × 10 ⁻⁷	6.0 × 10 ⁻¹¹	2.4 × 10 ⁻²

16, 17 の解答群

- ① 0.0020 ② 0.0025 ③ 0.0040 ④ 0.0050 ⑤ 0.010
 ⑥ 0.089 ⑦ 0.18 ⑧ 0.20 ⑨ 2.5 ⑩ 2.8
 ⑪ 4.0 ⑫ 5.0 ⑬ 5.6 ⑭ 8.0 ⑮ 11
 ⑯ 22 ⑰ 5600 ⑱ 11000 ⑲ 22000

18 の解答群

- ① 1 ② 10 ③ 100 ④ 1000 ⑤ 10000
 ⑥ 1/10 ⑦ 1/100 ⑧ 1/1000 ⑨ 1/10000

〔1〕 式(1)および(2)の電離平衡は、水酸化ナトリウムを加えると、19 の方向に移動する。

〔2〕 水に二酸化炭素が溶解した水溶液の、水素イオン濃度を計算する際には、K_{a1} ≫ K_{a2}であるので、式(1)の電離平衡を考えればよい。炭酸の電離度αは、炭酸の全濃度C(mol/l)を用いて、

$$\alpha = \frac{[\text{HCO}_3^-]}{C} \quad \dots\dots(5)$$

で定義される。ここで炭酸の全濃度Cは、二酸化炭素の溶解度に等しい。また、[HCO₃⁻] = [H⁺]なので、式(3)から電離定数K_{a1}をαを用いて表すと、

$$K_{a1} = \frac{20}{20} \quad \dots\dots(6)$$

となる。

水に二酸化炭素(CO₂分圧 1.01 × 10⁵ Pa)が飽和している場合には、αは1に比べて非常に小さいので、近似式、

$$\alpha = \frac{21}{21} \quad \dots\dots(7)$$

が得られる。したがって、この水溶液の水素イオン濃度は、

$$[\text{H}^+] = C\alpha = \frac{22}{22} \quad \dots\dots(8)$$

で求めることができる。この条件で、温度が20℃および40℃での水素イオン濃度を比較した場合、前者は、後者 23 。

〔3〕 40℃において、溶解している二酸化炭素の濃度が1.0 × 10⁻³ mol/lである場合の水素イオン濃度を計算する。この場合、αは式(7)で近似できるほど小さな値ではないので、式(6)から得られる二次方程式 24 = 0 を解く必要がある。この二次方程式の解は、α = 0.20, -0.25 となる。したがって、水素イオン濃度は、

$$[\text{H}^+] = \frac{25}{25} \cdot \frac{26}{26} \times 10^{-6} \text{ mol/l}$$

となり、pHの値は、

$$\text{pH} = \frac{27}{27} \cdot \frac{28}{28}$$

と計算される。

19 の解答群

- ① 右辺 ② 左辺

20 ~ 22 の解答群

- ① $\frac{Ca^2}{1+\alpha}$ ② $\frac{Ca^2}{1-\alpha}$ ③ $\frac{1-\alpha}{Ca^2}$ ④ $\frac{1+\alpha}{Ca^2}$
 ⑤ Ca^2 ⑥ $\frac{1}{Ca^2}$ ⑦ $\sqrt{\frac{K_{a1}}{C}}$ ⑧ $\sqrt{\frac{C}{K_{a1}}}$
 ⑨ CK_{a1} ⑩ $\sqrt{CK_{a1}}$ ⑪ $C\sqrt{CK_{a1}}$

23 の解答群

- ① よりも低い ② に等しい ③ よりも高い

24 の解答群

- ① $Ca^2 - K_{a1}\alpha + K_{a1}$ ② $Ca^2 - K_{a1}\alpha - K_{a1}$ ③ $Ca^2 + K_{a1}\alpha + K_{a1}$
 ④ $Ca^2 + K_{a1}\alpha - K_{a1}$ ⑤ $CK_{a1}\alpha^2 - \alpha + 1$ ⑥ $CK_{a1}\alpha^2 - \alpha - 1$
 ⑦ $CK_{a1}\alpha^2 + \alpha + 1$ ⑧ $CK_{a1}\alpha^2 + \alpha - 1$ ⑨ $Ca^2 + \alpha - 1$
 ⑩ $Ca^2 - \alpha + 1$ ⑪ $K_{a1}\alpha^2 + \alpha - 1$ ⑫ $K_{a1}\alpha^2 - \alpha + 1$

25 ~ 28 の解答群

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

Ⅲ 次の文章〔1〕～〔5〕の空欄 [29] ～ [43] にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から一つ選び、解答欄にマークせよ。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$, $Na = 23$, $S = 32$, $Cl = 36$, $K = 39$, $Mn = 55$ とする。

〔1〕 分子式 [29] の有機化合物 A は、触媒として塩化パラジウム(Ⅱ)と塩化銅(Ⅱ)の水溶液を用いて、エチレンに酸素を作用させて工業的につくられている。また、分子式 [30] の有機化合物を、硫酸水銀(Ⅱ)を溶かした希硫酸の中へ通じると、[31] を経由して、速やかに A になる。エチレンの別の工業的用途として、リン酸を触媒に用いて、高温・高圧で、エチレンに水蒸気を作用させ、分子式 [32] の有機化合物が製造されている。

〔2〕 6,6-ナイロンは、[33] という高分子化合物に分類され、分子式 [34] で表されるジカルボン酸と分子式 [35] の有機化合物との混合物を加熱して反応させることにより得られる。

〔3〕 油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、油脂は、けん化されて有機化合物 B と脂肪酸ナトリウム(セッケン)になる。B に濃硫酸と濃硝酸の混合物(混酸)を作用させると、分子式 [36] の有機化合物 C になる。C は、火薬に用いられる。

〔4〕 ベンゼンに濃硫酸と濃硝酸の混合物(混酸)を作用させると、分子式 [37] の芳香族化合物 D ができる。D をスズ(または鉄)と濃硫酸を加えて還元したのち、塩基を加えると、分子式 [38] の芳香族化合物 E ができる。E の希塩酸溶液を 5°C 以下で冷やしながらか、重硝酸ナトリウム水溶液を加えると、化学式 [39] で表されるジアゾニウム塩 F の水溶液が得られる。F の水溶液にナトリウムフェノキシドの水溶液を加えると、分子式 [40] で表される赤褐色の芳香族化合物 G が生じる。G の化合物類には、染料として用いられるものが多い。

〔5〕 過マンガン酸カリウムの水溶液にトルエンを加えて煮沸すると、式量 [41] の芳香族化合物 H が生じる。得られた H の反応溶液に希硫酸を加えて酸性にすると、分子量 [42] の無色の結晶 I (芳香族化合物) が析出する。この I をメタノールに溶解し、そこに少量の濃硫酸を加えて反応させると、分子量 [43] の芳香族化合物 J が生じる。J は、香料に用いられている。

- [29] [30] [31] [32] [33] [34] [35] の解答群
- ① CH_4 ② C_2H_2 ③ C_2H_4
 ④ $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ ⑤ $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ⑥ $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$
 ⑦ $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ⑧ $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ ⑨ $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$
 ⑩ $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$ ⑪ $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$ ⑫ $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2$
 ⑬ $\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2$ ⑭ $\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_4$ ⑮ $\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_6$
 ⑯ $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_4$ ⑰ $\text{C}_8\text{H}_{14}\text{O}_4$

31 の解答群

- ① 酢酸ビニル ② 塩化ビニル ③ アクリル酸
 ④ アクリロニトリル ⑤ プロペン(プロピレン) ⑥ エタノール
 ⑦ エチレンジグリコール ⑧ ビニルアルコール ⑨ グリセリン

33 の解答群

- ① ポリ酢酸ビニル ② ポリ塩化ビニル ③ ポリアクリル酸
 ④ ポリアクリロニトリル ⑤ ポリプロピレン ⑥ ポリペプチド
 ⑦ ポリアミド ⑧ ポリエチレン ⑨ ポリエステル

36 ～ 40 の解答群

- ① $\text{C}_3\text{H}_2\text{N}_3\text{O}_6$ ② $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$ ③ $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_9\text{S}_3$ ④ $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_{13}\text{S}_3$
 ⑤ $\text{C}_6\text{H}_3\text{Cl}_2\text{N}_3$ ⑥ $\text{C}_6\text{H}_4\text{ClN}_3$ ⑦ $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_2\text{N}_2$ ⑧ $\text{C}_6\text{H}_5\text{ClN}_2$
 ⑨ $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ ⑩ $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_3$ ⑪ $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_3\text{S}$ ⑫ $\text{C}_4\text{H}_7\text{N}$
 ⑬ $\text{C}_{12}\text{H}_9\text{ClN}_2\text{O}$ ⑭ $\text{C}_{12}\text{H}_{10}\text{N}_2$ ⑮ $\text{C}_{12}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}$ ⑯ $\text{C}_{12}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$

41 ～ 43 の解答群

- ① 93 ② 94 ③ 107 ④ 116 ⑤ 122
 ⑥ 123 ⑦ 135 ⑧ 136 ⑨ 138 ⑩ 139
 ⑪ 148 ⑫ 151 ⑬ 158 ⑭ 160 ⑮ 164
 ⑯ 166 ⑰ 174 ⑱ 180

生 物 物

(解答番号 [1] ～ [69])

Ⅲ, IV については、いずれか 1 問を選択して答えよ。

I ヒトの肝臓のはたらきと体温調節に関する次の文を読み、以下の各問に答えよ。

肝臓は、腹部の右上、[1] の真下にある暗赤褐色をした器官で、さまざまな物質の生成・貯蔵・分解を行って恒常性の維持に役立っている。

肝臓は、有害な物質を無害な物質に変える解毒のはたらきももっている。

[2] などの分解によって生じる有害なアンモニアは、肝臓で毒性の低い [3] に変えられたのち、尿の一部分として尿とともに体外に排出される。

[4] は肝細胞でつくられ、肝臓の解毒作用によって生じた不要な物質が入っている。[4] は [5] を経て、[6] に一時的に貯えられ濃縮された後、[7] に流れ出て、最終的には便とともに体外へ排出される。

また、肝臓は、多量の [8] 液を貯蔵し、[8] 液の循環量を調節するとともに、活発な物質の分解によって生じた熱で体温を維持している。体温は、

[9] にある体温調節中枢を中心に、そこから自律神経系や [10] 系を通じて調節されている。寒いときは、[11] が興奮し、体表の血管を収縮させたり、立毛筋を収縮させて毛を立たせて、失われる熱の量を減らす。寒さが続くとき、[12] からアドレナリン、[13] からチロキシン、[14] から糖質コルチコイドなどのホルモンが分泌され、肝臓・筋肉・脂肪組織などでの生化学反応が促進されて、熱の発生量が増えて体温が上昇する。