

[注意] 必要ならば以下の数値を用いなさい。

H = 1.01, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, P = 31.0, S = 32.1, Cl = 35.5, K = 39.1, Cu = 63.5

気体定数 = $8.21 \times 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{atm}/(\text{K} \cdot \text{mol}) = 8.31 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol}) = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数 = $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$, アボガドロ定数 = $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

1 次の問1～問4に答えなさい。

問1 次の実験に関する文章中の(A), (B), (C), (D), (E)に最も適しているものをA群の①～⑥からそれぞれ一つずつ、(F)に最も適しているものをF群の①～⑦から一つ選びなさい。なお、(A), (B), (C), (D), (E)の解答の際には、必要に応じて同じ選択肢を繰り返し選んでもよい。

酢酸水溶液 10 mL (密度 1.0 g/mL) を (A) で量りとり、100 mL 用の (B) に入れ、純水で正確に 10 倍に薄めた。この薄めた水溶液 10 mL を別の (C) で量りとり、(D) に入れ、指示薬としてフェノールフタレイン溶液を 2 滴加えた。これに (E) から 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム溶液を滴下していくと 6.0 mL 加えたところで中和点に達した。はじめの酢酸水溶液 10 mL の質量パーセント濃度は (F) % である。

A 群：① メスピベット ② ホールピベット ③ メスフラスコ
 ④ コニカルピーカー ⑤ ビュレット ⑥ 平底フラスコ

F 群：① 0.36 ② 0.72 ③ 0.90 ④ 1.8 ⑤ 3.6 ⑥ 7.2 ⑦ 14.4

問2 次の気体①～⑧のうち、捕集法が他のものと異なっている気体の一つを選びなさい。

① 水素 ② 酸素 ③ 窒素 ④ 一酸化窒素
⑤ 一酸化炭素 ⑥ 二酸化炭素 ⑦ メタン ⑧ アセチレン

問3 次の①～⑤のうち最も不適切なものを一つ選びなさい。

- ① 濃硫酸はほとんど電離しない。
- ② 加熱した濃硫酸は酸化作用を示す。
- ③ 濃硫酸は乾燥剤として利用されることがある。
- ④ 硫酸は不揮発性である。
- ⑤ 希硫酸をつくる時には、冷却しながら、濃硫酸に水を注ぐ。

問4 次の①～⑤のうち、沸点の最も高いものを一つ選びなさい。

① HF ② NH₃ ③ CH₄ ④ HCl ⑤ H₂S

次の問5～問8に答えなさい。

問5 次の文章中の(A)、(B)、(C)に最も適しているものを、A群の①～④から一つ、B群の⑤～⑧から一つ、C群の⑨～⑫から一つ、それぞれ選びなさい。

宇宙を構成する元素の大部分は、(A)と(B)であると推定されている。しかし、地球にはさまざまな元素が存在する。地殻(地球表層部を構成する岩石層)では、質量パーセントでは酸素が最も多く、次に(C)が多い。

- A群：① 窒素 ② 水素 ③ 硫黄 ④ 酸素
 B群：⑤ ネオン ⑥ アルゴン ⑦ ヘリウム ⑧ キセノン
 C群：⑨ アルミニウム ⑩ 鉄 ⑪ カルシウム ⑫ ケイ素

問6 次の文章中の(A)、(B)に最も適しているものを、A群の①～③から一つ、B群の④～⑧から一つ、それぞれ選びなさい。

水素と酸素を用いて、負極では酸化、正極では還元をおこし、その酸化還元反応のエネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置を燃料電池という。このとき生じる物質は(A)。たとえば、電解質にリン酸水溶液を用いた燃料電池では、負極で(B)の反応がおこる。

- A群：① 水 H_2O だけで、二酸化炭素 CO_2 や硫黄酸化物は発生しない
 ② 二酸化炭素 CO_2 だけで、水 H_2O は発生しない
 ③ 硫黄酸化物だけで、水 H_2O は発生しない
 B群：④ $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
 ⑤ $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
 ⑥ $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$
 ⑦ $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
 ⑧ $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$

問7 次の文章中の(A)、(B)に最も適しているものを、A群の①～⑤から一つ、B群の⑥～⑧から一つ、それぞれ選びなさい。

携帯電子機器の電源として、(A)二次電池が広く使用されている。その特長として、起電力が約4Vでありニッケル-水素二次電池と比べて高いことや、「(B)」ことが挙げられる。代表的なものの負極には炭素に(A)を挿入したものが使われ、炭素の中には(A)が入り出して充放電が繰り返される。正極にはコバルト酸化物が使われ、ここに(A)が入り出して充放電が繰り返される。

- A群：① 亜鉛イオン ② 水素イオン ③ 銅イオン
 ④ ナトリウムイオン ⑤ リチウムイオン
 B群：⑥ 軽くて小さく大量のエネルギーをつめこめる
 ⑦ 重くて大きく大量のエネルギーをつめこめる
 ⑧ 軽くて大きくごく微量のエネルギーをつめこめる

問8 次の文章中の(A), (B), (C), (D)に最も適しているものを, A群の①~⑤から一つ, B群の⑥~⑩から一つ, C群の⑪~⑫から一つ, D群の⑬~⑭から一つ, それぞれ選びなさい。

燃料電池車は, 燃料として(A)を燃料電池に供給し, 空気中の(B)と反応させて電力を生み出し, モーターを動かしている。

宇宙開発分野では, (C)を燃料として, (D)を酸化剤として用いる液体燃料ロケットが実用されている。

- A群: ① 水素 ② 二酸化炭素 ③ 窒素 ④ アルゴン ⑤ 酸素
B群: ⑥ 水素 ⑦ 二酸化炭素 ⑧ 窒素 ⑨ アルゴン ⑩ 酸素
C群: ⑪ 液体水素 ⑫ 液体酸素
D群: ⑬ 液体水素 ⑭ 液体酸素

3

次の文章を読み、問9～問12に答えなさい。

炭素、水素、酸素からなるカルボン酸Qの元素分析を行ったところ、各元素の質量の比はC：40.0%，H：6.67%，O：53.3%であった。このカルボン酸0.240gをベンゼン200gに溶かして凝固点を測定したところ、5.482℃であった。ベンゼンのモル凝固点降下を5.12 K・kg/mol、凝固点を5.533℃として以下の問いに答えよ。

問9 カルボン酸Qの組成式は $C_xH_yO_z$ である。 x 、 y 、 z に当てはまる数値を、 x はA群の①～④から一つ、 y はB群の⑤～⑫から一つ、 z はC群の⑬～⑯から一つ、それぞれ選びなさい。

A群：① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4

B群：⑤ 1 ⑥ 2 ⑦ 3 ⑧ 4 ⑨ 5 ⑩ 6 ⑪ 7 ⑫ 8

C群：⑬ 1 ⑭ 2 ⑮ 3 ⑯ 4

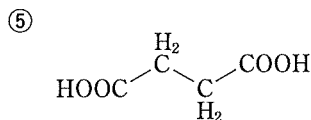
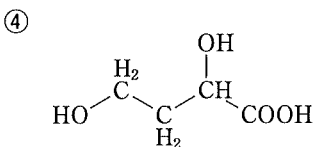
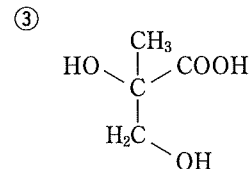
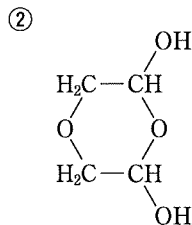
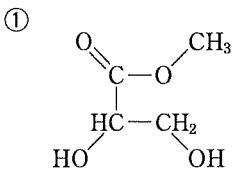
問10 上の文章の情報のみ（元素分析と凝固点降下実験の結果）からカルボン酸Qの分子量を求めたところ、分子式は $C_XH_YO_Z$ と書けた。 X 、 Y 、 Z に当てはまる数値を、 X はA群の①～④から一つ、 Y はB群の⑤～⑫から一つ、 Z はC群の⑬～⑯から一つ、それぞれ選びなさい。

A群：① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4

B群：⑤ 1 ⑥ 2 ⑦ 3 ⑧ 4 ⑨ 5 ⑩ 6 ⑪ 7 ⑫ 8

C群：⑬ 1 ⑭ 2 ⑮ 3 ⑯ 4

問11 問10にて求めた分子式を持つカルボン酸Qとして、当てはまるすべての化合物の構造を、次の①～⑤から選びなさい。



問12 次の文章の (A), (B) に最も適するものを, A群の①~⑤から一つ, B群の⑥~⑬から一つ, それぞれ選びなさい。

カルボン酸 Q の 12.0 g に対して, エタノール 9.20 g がちょうど反応してエステルが得られた。ベンゼン中での凝固点降下実験の結果から求まるカルボン酸の分子量を用いると, エステル合成実験にて反応したカルボン酸とエタノールのモル数の比は

カルボン酸 : エタノール = (A)

となる。この比はカルボン酸の価数を反映したものと考えられるが, 問10にて求めた分子式も考慮すると, カルボン酸 Q 分子の可能な構造としては, ひとつも考えられないことになってしまう。この状況は, ベンゼン中では複数のカルボン酸分子が集合して1つの化合物のように振る舞う, と考えることによって説明がつく。すなわち, 凝固点降下実験で得たのは集合した複数分子の合計としての分子量・分子式 (見かけの分子量・分子式) であった, と考えることによってカルボン酸 Q の名称は (B) であるとわかる。

- A群 : ① 1 : 2 ② 1 : 3 ③ 1 : 4 ④ 1 : 5 ⑤ 1 : 6
B群 : ⑥ ギ酸 ⑦ 酢酸 ⑧ フマル酸 ⑨ コハク酸 ⑩ サリチル酸
⑪ フタル酸 ⑫ シュウ酸 ⑬ 安息香酸

次の問13～問16に答えなさい。

問13 次の文章中の (A), (B), (C), (D) に最も適しているものを, A群①～③から一つ, B群④～⑦から一つ, C群⑧～⑩から一つ, D群⑪～⑭から一つ, それぞれ選びなさい。

ルミノール ($C_8H_7N_3O_2$) は, (A) 条件下で金属を触媒として過酸化水素と反応し, 波長 460 nm の (B) の光を (C) する。この反応はルミノール反応 (検査) と呼ばれ, 科学捜査における (D) の鑑識法として利用されている。

- A群: ① 酸性 ② 中性 ③ 塩基性
 B群: ④ 青色 ⑤ 緑色 ⑥ 黄色 ⑦ 赤色
 C群: ⑧ 放出 ⑨ 吸収 ⑩ 反射
 D群: ⑪ DNA ⑫ タンパク質 ⑬ 指紋 ⑭ 血痕

問14 次の文章中の (A), (B), (C) に最も適しているものを, A群①～⑤から一つ, B群⑥～⑨から一つ, C群⑩～⑯から一つ, それぞれ選びなさい。

スクロースはグルコースと (A) が縮合した二糖である。スクロースを濃硫酸と反応させると (B)。スクロースとマルトースの混合物 Z を水に溶解させた後, フェーリング液を加えて加熱したところ, 酸化銅 (I) が 8.58 g 生成した。一方, Z を希塩酸溶液中で完全に加水分解した後, 中和してフェーリング液を加えて加熱したところ, 酸化銅 (I) は 28.6 g 生成した。このとき, Z にはスクロースがおおよそ (C) % 含まれていることになる。ただし, 1 mol の還元糖から 1 mol の酸化銅 (I) が生成するものとする。

- A群: ① グルコース ② セルロース ③ ガラクトース
 ④ ラクトース ⑤ フルクトース
 B群: ⑥ 緩衝作用によって乳化する
 ⑦ 脱水作用によって炭化する
 ⑧ 還元作用によって硫化する
 ⑨ 酸化作用によってケン化する
 C群: ⑩ 20 ⑪ 30 ⑫ 40 ⑬ 50 ⑭ 60 ⑮ 70 ⑯ 80

問15 次の文章中の (A), (B), (C), (D) に最も適しているものを, A群①~④から一つ, B群⑤~⑦から一つ, C群⑧~⑪から一つ, D群⑫~⑯から一つ, それぞれ選びなさい。

アルキル硫酸エステル塩である硫酸ドデシルナトリウムは, 化学的につくられた (A) 界面活性剤であり, その水溶液は (B) を示し, (C) として利用されている。

コロイド粒子は正または負の電荷を帯びていることが多い。コロイド溶液に電極を差し込み, 直流電圧をかけると, コロイド粒子は自身とは反対符号の電極のほうに移動する。この現象を (D) という。

- A群: ① 陰イオン ② 陽イオン ③ 非イオン ④ 両性
 B群: ⑤ 弱酸性 ⑥ 中性 ⑦ 弱塩基性
 C群: ⑧ 台所用洗剤 ⑨ コンディショナー ⑩ 柔軟剤 ⑪ 洗浄補助剤
 D群: ⑫ チンダル現象 ⑬ ブラウン運動 ⑭ ミセル
 ⑮ 電気透析 ⑯ 電気泳動

問16 次の文章中の (A), (B), (C), (D) に最も適しているものを, A群①~⑥から二つ, B群⑦~⑩から一つ, C群⑪~⑭から一つ, D群⑮~⑯から一つ, それぞれ選びなさい。

α -アミノ酸であるグリシンは (A)。グリシンのみからなる直鎖状のポリペプチド Y を 1.16 g 用意し, 含まれるすべての窒素原子をアンモニアに変化させたところ, 0.020 mol のアンモニアが得られた。このとき, ポリペプチド Y は

$$(B) \cdot (C) \times 10^{(D)} \text{個}$$

のグリシンから成り立っている。

(補足) 仮に「Y は 9.5×10^7 個のグリシンから成り立っている」と解答する場合,

(B), (C), (D) にはそれぞれ「9」, 「5」, 「7」が入る。

- A群: ① 不斉炭素を持つ ② 絹糸に含まれる
 ③ ニンヒドリン反応によって呈色する ④ 脂肪族アミノ酸である
 ⑤ 塩基性アミノ酸である ⑥ 硫黄を含む
 B群: ⑦ 1 ⑧ 2 ⑨ 3 ⑩ 4
 C群: ⑪ 0 ⑫ 2 ⑬ 4 ⑭ 8
 D群: ⑮ 1 ⑯ 2

5 次の文章を読み、問17～問20に答えなさい。

環境問題は、原因となる物質の人間活動に伴う環境中への放出、または環境中での二次的な生成により、発生することが多い。環境問題を考える際には、環境中での物質の挙動を化学（分子など）の視点から把握することが、特に必要となる。

問17 次の①～⑦のうちで、誤っているものを三つ選びなさい。

- ① メタンは、温室効果ガスである。
- ② 酸性雨とは、pHが7より小さい酸性の雨のことである。
- ③ 特定フロンCFCは、オゾン層を破壊する。
- ④ オゾンは、酸素の同位体である。
- ⑤ アルゴンは、空気中に単原子分子として存在する。
- ⑥ 大気中に放出されるNOやNO₂は硝酸HNO₃に酸化され酸性雨の原因となる。
- ⑦ 二酸化窒素NO₂は笑気ガスと呼ばれる無色の気体で、麻酔作用がある。

問18 次の文章の(A)、(B)、(C)、(D)に最も適するものを、A群の①～③から一つ、B群の④～⑥から一つ、C群の⑦～⑪から一つ、D群の⑫～⑯から一つ、それぞれ選びなさい。

同位体の中で、 α 線や β 線といった(A)を出すものを、(B)同位体と呼ぶ。(B)同位体の原子が(A)を出して別の原子に変わっていくとき、元の原子の個数が半分になるのに必要な時間を半減期と呼ぶ。考古学における遺跡調査では半減期が5730年の(C)の存在比を調べることで、資料の年代測定を行なう。また、原子力発電所の事故などにより(B)同位体が環境中に放出されると、半減期が長い同位体ほど汚染の影響は長期にわたってしまう。たとえば、半減期が8日の¹³¹Iは32日で元の量の $\frac{1}{16}$ に減少するため影響は短期間に限定されるが、半減期が30年の¹³⁷Csが元の量の $\frac{1}{16}$ に減少するには(D)年という長い時間が必要となる。

- | | | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| A群：① 放射能 | ② 放射性 | ③ 放射線 | | |
| B群：④ 放射能 | ⑤ 放射性 | ⑥ 放射線 | | |
| C群：⑦ ² H | ⑧ ¹³ C | ⑨ ¹⁴ C | ⑩ ¹⁷ O | ⑪ ¹⁸ O |
| D群：⑫ 30 | ⑬ 60 | ⑭ 120 | ⑮ 240 | ⑯ 480 |

問19 次の文章の (A), (B), (C) に最も適するものを, A群の①~⑤から一つ, B群の⑥~⑩から一つ, C群の⑪~⑮から一つ, それぞれ選びなさい。

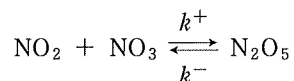
空気を窒素 N_2 (モル分率 80.0 %) と酸素 O_2 (モル分率 20.0 %) のみからなる混合気体と考えると, 平均分子量は (A) である。ただし実際の空気には, 水蒸気 H_2O や他の成分も含まれている。たとえば N_2 , O_2 , H_2O のみが含まれる空気について, H_2O のモル分率が 4.00 %, H_2O 以外は $N_2 : O_2 = 80.0 : 20.0$ とすると, 平均分子量は (B) である。

ここで, 空気の平均分子量を実験的に求めることを考えよう。容積 200 cm^3 ($2.00 \times 10^{-4} \text{ m}^3$) のガラス容器に, 気温 300 K , 圧力 $1.010 \times 10^5 \text{ Pa}$ の空気を入れておく。次に, 容器内の空気をポンプにより吸引・排気したところ, 圧力が $0.260 \times 10^5 \text{ Pa}$ となった。また, 排気の結果, 空気入り容器の質量は 0.172 g 減少した。実験の結果からこの空気試料の平均分子量を算出すると, (C) となる。

- A群: ① 28.2 ② 28.4 ③ 28.6 ④ 28.8 ⑤ 29.0
 B群: ⑥ 28.2 ⑦ 28.4 ⑧ 28.6 ⑨ 28.8 ⑩ 29.0
 C群: ⑪ 28.2 ⑫ 28.4 ⑬ 28.6 ⑭ 28.8 ⑮ 29.0

問20 次の文章の (A), (B), (C), (D), (E) に最も適するものを, A群の①~②から一つ, B群の③~④から一つ, C群の⑤~⑥から一つ, D群の⑦~⑧から一つ, E群の⑨~⑫から一つ, それぞれ選びなさい。

夜間の大気中で, 気温などの条件が一定のまま十分に長い時間が経過すると, 窒素酸化物 (二酸化窒素 NO_2 , ナイトレートラジカル NO_3 , 五酸化二窒素 N_2O_5) の間で以下の平衡が成り立つことがある。(k^+ , k^- はそれぞれ正反応と逆反応の反応速度定数)



平衡定数は

$$K = (A) \quad (1)$$

と書ける。平衡状態にあるとき, 正反応と逆反応のつり合いを考えれば,

$$(B) \quad (2)$$

である。式 (1), (2) より,

$$K = (C) \quad (3)$$

の関係が成り立つ。たとえば気温 $T = 298 \text{ K}$ では, $K = 2.7 \times 10^{-11} \text{ cm}^3$, $k^+ = 1.2 \times 10^{-12} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$ であり, $k^- = (D) \text{ s}^{-1}$ となる。また, $T = 298 \text{ K}$ において平衡時の各濃度が $[NO_2] = 2.5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$, $[N_2O_5] = 2.5 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$ であれば, $[NO_3] = (E) \text{ cm}^{-3}$ となる。

(註) cm^{-3} は気相成分濃度の単位の一つで, 単位体積 1 cm^3 あたりの気体分子数を表す。上記の K , k^+ , k^- の各量の単位は, 成分濃度に cm^{-3} の単位を用いた場合に対応したものである。

- A群: ① $\frac{[N_2O_5]}{[NO_2][NO_3]}$ ② $\frac{[NO_2][NO_3]}{[N_2O_5]}$
 B群: ③ $k^+[NO_2][NO_3] = k^-[N_2O_5]$ ④ $k^-[NO_2][NO_3] = k^+[N_2O_5]$
 C群: ⑤ $\frac{k^-}{k^+}$ ⑥ $\frac{k^+}{k^-}$
 D群: ⑦ 23 ⑧ 0.044
 E群: ⑨ 2.7×10^{-13} ⑩ 2.7×10^{-9} ⑪ 3.7×10^8 ⑫ 3.7×10^{12}