

平成 23 年 度

理 科

物 理	1 ページ～ 8 ページ
化 学	9 ページ～16 ページ
生 物	17 ページ～25 ページ

注意事項

1. 監督者の許可があるまでは、中を見てはいけない。
2. 問題冊子に欠けている部分や印刷が不鮮明な箇所などがあれば申し出ること。
3. 解答用紙は、物理、化学(その1～その5)、生物(その1～その4)の3科目を綴つてある。

解答を始める前に、自分の選択する科目に関係なく全科目の解答用紙に必ず受験番号を記入すること。なお、受験票の理科受験科目届の○で囲んだ科目以外を解答した場合は採点されないので注意すること。

4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入すること。
5. 問題用紙の余白は、計算用紙として利用してもよい。

化 学

必要に応じて、以下の数値を使用せよ。原子量(H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.1), ファラデー定数 = 9.65×10^4 C/mol
数値は特に指定のないかぎり、有効数字2桁まで求めよ。

1 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。

元素を の順に並べ、性質のよく似た元素が縦に並ぶように配列した表を、元素の周期表という。周期表の1, 2, 12~18族の元素を といい、3~11族の元素を という。周期的な変化を示す性質のひとつにイオン化エネルギーがある。原子から最初の1個の電子を放出するのに必要なエネルギーを第1イオン化エネルギーといい、さらに2個目、3個目の電子を放出するのに必要なエネルギーをそれぞれ第2イオン化エネルギー、第3イオン化エネルギーという。同じ周期の元素では途中で逆転しているところもあるが、全体としては原子番号とともに第1イオン化エネルギーは大きくなる。第2周期以降の元素において、各周期で第1イオン化エネルギーが最小であるのは 元素であり、最大であるのは 元素である。

問1 ~ にあてはまる適切な語句を記せ。

問2 次の(ア)~(オ)のイオンのうちイオン半径が最大であるものを選び、その記号と選んだ理由を記せ。

(ア) O^{2-} (イ) F^- (ウ) Na^+ (エ) Mg^{2+} (オ) Al^{3+}

問3 同じ族の元素を比較すると、原子番号が大きいものほど第1イオン化エネルギーが小さい。その理由を記せ。

問 4 Na の第 1, 第 2, 第 3 イオン化エネルギーはそれぞれ 496 kJ/mol, 4562 kJ/mol, 6912 kJ/mol であり, 第 1 イオン化エネルギーと第 2 イオン化エネルギーの差が特に大きくなっている。その理由を記せ。

2 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。

私たちが毎日使っている電気は、燃料を燃やして得られる熱を使って水蒸気を作り、その水蒸気でタービンを回して発電することによって得られる。しかし、この方法はエネルギー損失が大きく、また、二酸化炭素排出量も多い。このため、近年ではエネルギー変換効率の良い燃料電池が注目されている。燃料電池は水の電気分解の逆反応により発電するものであり、水素と酸素を用いて電流を得る。その構造は図1に示すように、水素ガスから電子を取り出す燃料極、水素イオンを運搬する電解質、酸素から水を生成する空気極が重なりあって一組の電池を形成する。

燃料に用いる水素ガスは、天然ガスやガソリンなどに水蒸気を加えて、適当な触媒存在下で加熱することで得られる。電解質には燃料極で生成した水素イオンのみを空気極に運搬する役割があり、高分子膜やリン酸水溶液が使われている。また、電極には白金を被覆した炭素電極が用いられているが、白金は一酸化炭素が存在すると表面が覆われ触媒として機能しなくなるため、水素ガスに混入する一酸化炭素をあらかじめ除去する必要がある。

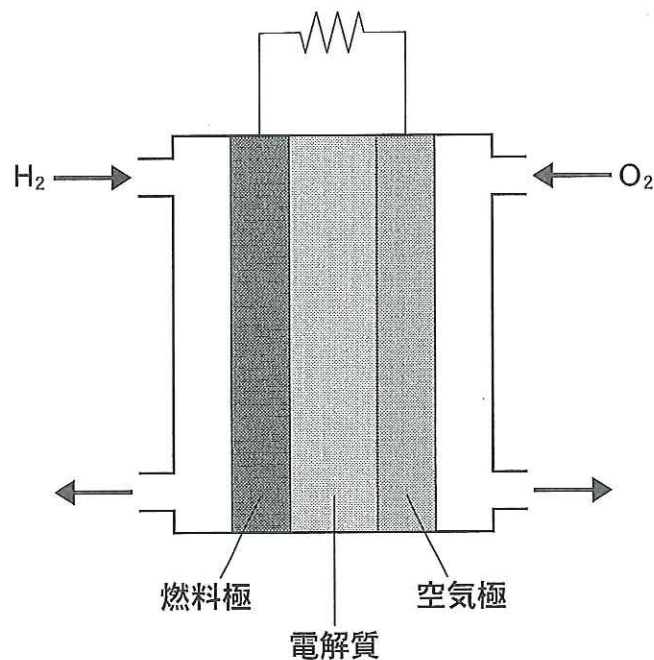


図1 燃料電池の構造

問 1 燃料極, 空気極, それぞれの極における反応を記せ。また, 燃料極, 空気極のどちらが電池として正極になるか, 記せ。

問 2 二酸化炭素排出量の抑制を考慮すると, 次の(ア)~(オ)のうち, 水素ガスを取り出す原料として, どれが最も優れているか, その記号と選んだ理由を記せ。

- (ア) メタン (イ) エタノール (ウ) プロパン
(エ) ペンタン (オ) オクタン

問 3 下線部の目的のため, 触媒存在下, 一酸化炭素を含む水素ガスに水蒸気を混和して反応させるが, どのような反応が起こると考えられるか, 化学反応式を記せ。

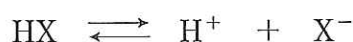
問 4 次の文中の , にあてはまる適当な数値を記せ。

常圧, 25 °C における水素の燃焼時の発熱量は 286 kJ/mol である。また, ここからエネルギーを取り出す際の損失は 49 kJ/mol であるので, 燃料電池の理論上のエネルギー効率は % である。さらに, 取り出されるエネルギーの 50 % が電気エネルギーとして使用可能で, 1 mL/s の流速で水素ガスが供給される場合, J/s のエネルギーが得られる。

問 5 燃料である水素ガスは, 太陽光エネルギーを太陽電池パネルを用いて電気に変換し, その電気をを用いて希硫酸を電気分解することによっても得られる。太陽光により 30 A の一定電流が得られる太陽電池パネルで朝 7 時から夕方 5 時まで連続して発電し, 水素 3.0 mol を燃料として 1.0 km 走行できる燃料電池自動車を動かすものとする。得られた電気量をすべて希硫酸の電気分解に用いると, 発生する水素でこの車は最大何 km 走行できるか, 記せ。

溶液の色が 色になった。次に、指示薬 B を加え、さらに 0.100 mol/L 塩酸を滴下したところ、溶液の色が 色から 色へと変化した。ここで、混合液を煮沸すると、 色へ戻った。冷却後、滴下を再開したところ、再び 色を呈した。指示薬 B を加えてからこの時点までに要した 0.100 mol/L 塩酸の量は 10.0 mL であった。なお、さらに 0.100 mol/L 塩酸 4.00 mL を加えると pH は約 2 となった。

- (i) 下線部(c), (d)において起きている反応を、化学反応式で記せ。
- (ii) はじめの混合水溶液中の炭酸水素ナトリウムと炭酸ナトリウムの物質量を求めよ。
- (iii) pH 指示薬は、酸性化学種(HX)と塩基性化学種(X⁻)で色が異なることを利用したものであり、次の平衡が成り立つ。



HX の電離定数を K_a とするとき、電離指数 pK_a は次式で表される。

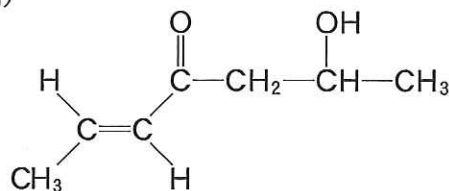
$$pK_a = -\log K_a$$

指示薬の変色域は、その指示薬の pK_a を中心とした pH の範囲にある。その理由を指示薬の pH と pK_a の関係を表す式を用いて説明せよ。また、指示薬 A, B として適当なものを次の(ア)~(オ)から選び、その記号を記せ。さらに、 ~ にあてはまる適当な語句を記せ。なお、炭酸(H₂CO₃)の pK_a は、6.3 および 10.3 とする。

指 示 薬	pKa	HX の色	X ⁻ の色
(ア) ブロモフェノールブルー	4.1	黄	紫
(イ) メチルレッド	5.0	赤	黄
(ウ) クロロフェノールレッド	6.3	黄	赤
(エ) プロモチモールブルー	7.3	黄	青
(オ) フェノールフタレイン	9.3	無	赤紫

4 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。(例)

ただし、構造式は右の例にならって示し、光学異性体については考慮しなくてよい。



有機化合物の成分元素の組成を知るためには、不純物を取り除いて、純粋な試料とした後、次のように元素分析を行う。

試料を燃焼管の白金ボート中におき、酸化剤となる の存在下で、乾燥した酸素を通しながら、バーナーで加熱して試料を完全に燃焼させる。発生した H_2O および を 管を通した後、 管を通し、各吸収管の質量の増加を正確に測定する。

炭素、水素、酸素のみからなる純粋な有機化合物 A および B について、それぞれ 12.9 mg を試料として、上の方法に従って分析を行ったところ、いずれの化合物においても 管は 13.5 mg, 管は 33.0 mg 質量が増加した。化合物 A, B はいずれも金属ナトリウムと反応させると水素を発生した。化合物 A に臭素水を加えてもその色は消えなかった。化合物 B は臭素水の色を消したが、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱しても変化が見られなかった。なお、化合物 A, B はいずれも不斉炭素原子を 1 つ含んでいる。

問 1 ~ にあてはまる適当な物質名を記せ。

問 2 下線部について、目的の化合物と不純物がいずれも室温で液体の有機化合物である場合、利用できる精製方法を 1 つあげ、簡単に原理を説明せよ。

問 3 化合物 A, B の分子量は同じで、100 以下である。その分子式を記せ。

問 4 化合物 A にあてはまる構造式をすべて記せ。

問 5 化合物 B にあてはまる構造式をすべて記せ。ただし、その異性体は不斉炭素原子によってのみ生じるものとする。

5 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。

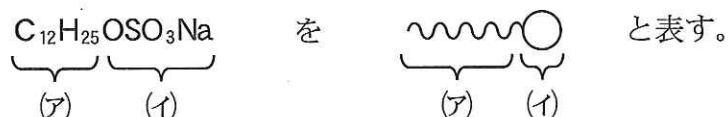
水と油のように混ざり合わない2種類の液体に、一定濃度以上の [1] を加えると、 [1] の親水基による水の [2] を下げる作用と疎水基による油の凝集を安定化させる作用により、油滴を水中に分散させることができる。このような [1] の働きを [3] 作用と呼ぶ。

ラウリル硫酸ナトリウム($C_{12}H_{25}OSO_3Na$)と重合開始剤を水に溶かし、そこに [4] を加えよく混ぜると、白濁した均質な液体となる。この液体を加熱すると、 [4] は付加重合を起こし、水中に分散した高分子化合物となる。このような、高分子化合物が安定に分散する液体はラテックスと呼ばれ、接着剤や化粧品の基剤として広く利用されている。

問 1 [1] ~ [3] にあてはまる適当な語句を記せ。

問 2 [4] は、炭素、水素、酸素で構成されるモノマーであり、86の分子量をもつ。このモノマーの重合体は、塩基による加水分解を完全に行うことで水溶性高分子化合物を与えたが、その反応過程で重量が48.8%減少した。なお、加水分解後の水溶性高分子化合物には、炭素が54.5%含まれていることが明らかとなっている。 [4] の化学構造式を記せ。また、その計算過程を記せ。

問 3 下線部について、高分子化合物が水中で分散する状態を、模式図を描いて説明せよ。ただし、ラウリル硫酸ナトリウム分子は下図のように表すものとする。高分子化合物は黒く塗りつぶして表せ。



問 4 この実験で得られるラテックスに塩化ナトリウム飽和水溶液を加えてかき混ぜると、白色沈殿が生じた。この白色沈殿の物質名を記せ。