

平成 26 年 度

理 科

物	理	1 ページ～ 8 ページ
化	学	9 ページ～18 ページ
生	物	19 ページ～26 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(その1, その2), 化学(その1～その4), 生物(その1～その4)の3科目分を綴ってある。

解答を始める前に、自分の選択する2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, K = 39.1, Cr = 52.0, Ag = 108, I = 127), アボガドロ定数 = 6.02×10^{23} /mol, ファラデー定数 = 9.65×10^4 C/mol, 気体定数 = 8.31×10^3 L·Pa/(K·mol), 1 atm = 1.01×10^5 Pa = 760 mmHg, クロム酸銀の溶解度積 $K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}] = 1.30 \times 10^{-12}$ mol³/L³

数値は有効数字2桁まで求めよ。

1 次の[実験1]～[実験3]を読んで、以下の問いに答えよ。

[実験1] 100 mLのビーカーに0.30 mol/L硝酸銀水溶液6 mLと2.50 mol/L水酸化ナトリウム水溶液3 mLをとって混合したところ、褐色の沈殿(物質A)が生じた。このビーカーに1.30 mol/Lアンモニア水を少しずつ加えたところ、沈殿は錯イオン(物質B)となって溶け、無色透明の水溶液となった。これに、純粋な水を加えて、溶液の全量を30 mLとした。この水溶液を直径10 cmのペトリ皿に半分程度とり、これにアセトアルデヒド水溶液10 mLを加えて混合し、約60℃の温水で加温したら、ペトリ皿の底面に金属光沢を有する膜(物質C)が生成した。次に、ペトリ皿内の溶液をすべて除いてから、濃硝酸を加えたところ、物質Cは気体(物質D)を発生して溶解した。

[実験2] 100 mLのビーカーに0.30 mol/L硝酸銀水溶液10 mLと0.10 mol/Lのクロム酸カリウム水溶液10 mLをとって混合したところ、赤褐色の沈殿(物質E)が生じた。

[実験3] 白金電極を用いて、0.30 mol/L硝酸銀水溶液250 mLを1.0 Aの電流で60分間電気分解したところ、陽極に気体(物質F)が発生し、陰極に膜(物質C)が生成した。

問 1 物質 A～F の化学式を記せ。

問 2 実験 1 で析出した物質 C の質量が 2.16 g であった。このとき、反応に使われたアセトアルデヒドは何 g か。

問 3 実験 2 で物質 E は何 g 生じたか。また、物質 E を生じたときの溶液中の銀イオンのモル濃度はいくらか。

問 4 実験 3 で析出した物質 C の質量は何 g か。また、発生した物質 F の体積は標準状態で何 L か。

2 次の(文1)、(文2)を読んで、以下の問いに答えよ。

(文1) 地球表面は空気で覆われており、地表に住む私達は常に空気の重さを受けながら生活している。その圧力を大気圧と呼ぶが、1643年にトリチェリは大気圧を目に見える形で示した。すなわち、一方の端を閉じた長さ約1mのガラス管に水銀を満たし、空気が入らないようにして、別に用意した水銀の入った容器に逆さに立てた。すると、ガラス管内の水銀面が下がり、水銀の入った容器の水銀面から760mmの高さで止まった。また、日によって、この高さが少しずつ異なることを見出しており、水銀気圧計の基礎となっている。

この実験装置を用いて、ある温度での飽和水蒸気圧を求めることができる。逆さにしたガラス管の下端にスポイトで水を入れると、水はガラス管内を上昇する。ガラス管内の水銀柱上部の空間で水は蒸発し、水銀柱の高さはいくらか低くなる。これを繰り返すと、水銀柱の上に液体として水が存在するようになるので、その時点でどれくらい水銀柱の高さが低くなったかを測定すれば、その温度での飽和水蒸気圧を求めることができる。

問1 1 atm でトリチェリの実験を行った。断面積が 10 cm^2 の水銀を満たしたガラス管を用いて実験を行った場合、ガラス管内の水銀柱上部に高さ30 mm の空間ができた。次に、ガラス管下端に水を18 mg 加えると、水銀柱上部の空間の高さが57 mm になり、水滴がたまった。このときの水銀柱上部の空間内の飽和水蒸気圧は何 Pa か。なお、たまった水滴の容積は無視できるものとし、水銀は蒸発しないものとする。

問2 問1の実験をしたのちに、水銀柱上部の空間の温度を $100 \text{ }^\circ\text{C}$ に保った。水銀を入れた容器の水銀面からガラス管内の水銀面までの高さは何 mm となるか。

問 3 深い井戸では、水面とポンプとの高低差が約 10 m 以上あると、ポンプで水を吸い上げることができない。その理由をトリチェリの実験を参考にして説明せよ。

(文 2) 私たちが日常の気象情報などで耳にする湿度(相対湿度)は、その温度における飽和水蒸気量に対するそのときの空気中に含まれる水蒸気量の比を百分率で表したものである。実際には、観測時の露点における飽和水蒸気量と観測時の温度における飽和水蒸気量の比から求められる。なお、露点とは、観測時の空気の温度を下げていったとき、空気の水蒸気量が飽和水蒸気量に一致するときの温度をいう。簡便には、水蒸気量を測定しなくても、気温と露点があれば、水蒸気量の比は水蒸気圧の比とほぼ等しいと考えて、温度と飽和水蒸気圧の近似式である Tetens の式を用いて求めることができる。Tetens の式を使って求めた温度と飽和水蒸気圧の関係を図 1 および表 1 に示す。

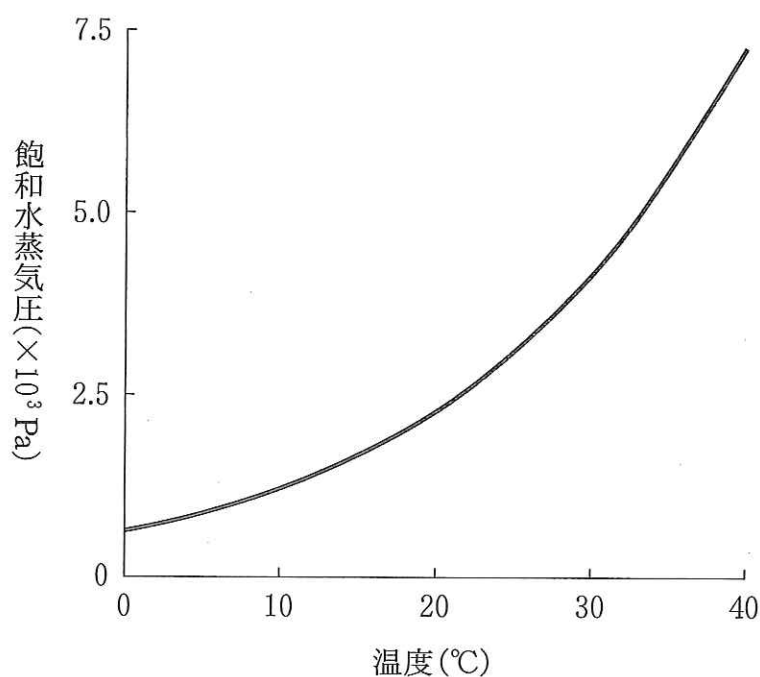


図 1

温度(°C)	飽和水蒸気圧($\times 10^3$ Pa)	温度(°C)	飽和水蒸気圧($\times 10^3$ Pa)
20	2.34	30	4.24
21	2.49	31	4.49
22	2.64	32	4.76
23	2.81	33	5.03
24	2.98	34	5.32
25	3.17	35	5.62
26	3.36	36	5.94
27	3.57	37	6.28
28	3.78	38	6.63
29	4.01	39	6.99

表 1

問 4 図 1 からわかるように、温度が上がるにつれて飽和水蒸気圧が直線的に上昇するわけではない。その理由として、水の気液平衡から考えられることを記せ。

問 5 気温 27 °C のある夏の日、校庭の百葉箱の中で手軽に露点を求めることにした。ガラスのコップ、水温計、水、氷を用いて露点を求める方法を記せ。

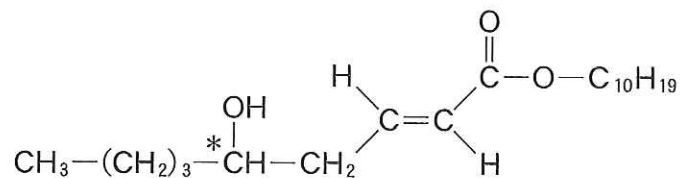
問 6 表 2 は、昨年浜松市内で 7 月の最高気温を記録したある日の気温と露点の時間変化を示したものである。この日の最高気温 37 °C を記録した時の湿度は何%か、文 2 の簡便法を用いて求めよ。また、この日のように露点が一日を通してほぼ一定である場合、気温の高い日中と気温の低い夜間とでは、湿度が高いのはどちらか。

時刻	气温(°C)	露点(°C)	時刻	气温(°C)	露点(°C)
2	28	21	14	37	21
4	28	21	16	35	21
6	29	20	18	32	22
8	31	21	20	29	22
10	34	21	22	28	22
12	37	21	24	28	22

表 2

- 3 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。ただし、構造式は例にならって示し、構造式中の不斉炭素原子には*を付けること。

(例)



脂肪酸と とからできたエステルは油脂と呼ばれ、植物や動物の体内に広く存在する。パルミチン酸(C₁₅H₃₁COOH)やステアリン酸(C₁₇H₃₅COOH)などの高級飽和脂肪酸からなるエステルを多く含む油脂は、常温で固体であり、 と呼ばれる。また、低級飽和脂肪酸またはオレイン酸(C₁₇H₃₃COOH)、リノール酸(C₁₇H₃₁COOH)、リノレン酸(C₁₇H₂₉COOH)などの高級不飽和脂肪酸からなるエステルを多く含む油脂は、常温で液体であり、 と呼ばれる。 は触媒の存在下で水素を付加させると固化する。これは硬化油と呼ばれ、マーガリンの原料などに用いられる。一般に油脂の構成成分は産地や季節などにより変化する。そこで、油脂の性質を一定の尺度で評価するために考えられたのが、けん化価(油脂 1 g を完全にけん化するのに必要な水酸化カリウムの質量を mg 単位で表した数値)とヨウ素価(油脂 100 g に付加するヨウ素の質量を g 単位で表した数値)である。

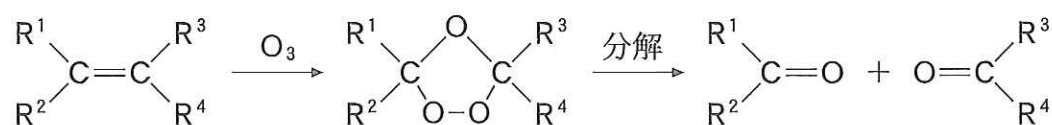
問 1 ~ にあてはまる適当な語句を記せ。

問 2 ある油脂のけん化価が 196 であった場合、その油脂の平均分子量はいくらか。

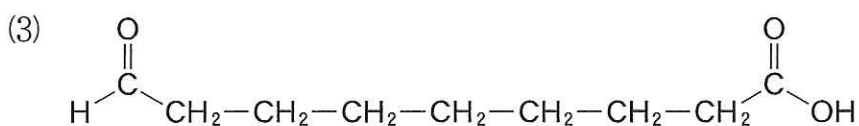
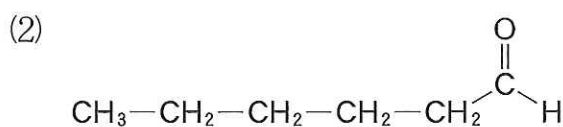
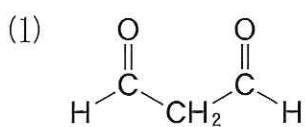
問 3 問 2 の油脂のヨウ素価が 89 であった場合、油脂 1 分子中に含まれる炭素-炭素二重結合の数は平均いくつか。

問 4 けん化価が 196, ヨウ素価が 89 で, 不斉炭素原子を有する油脂の構造式を一つ記せ。ただし, 油脂を構成する脂肪酸は文中のものから選ぶこと。

問 5 アルケンの二重結合の位置を決定する目的で, オゾン分解が用いられる。オゾン分解とは, 下式に示すように, アルケンにオゾンが反応することによって, 二重結合を切断する反応である。



リノール酸をオゾン分解したところ, 次の(1)~(3)の 3 種の化合物が生じた。リノール酸の構造式を記せ。幾何異性体についてはすべてシス形で示すこと。



4 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。

1 の水溶液に、ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液(ヨウ素溶液)を加えると、青～青紫色に変化する。この反応は 2 と呼ばれ、 1 やヨウ素(I_2)の検出に利用される。これは、らせん状になっている 1 の長い分子の中に I_2 分子が取り込まれるためと考えられている。らせんのひとまわりは 6～7 分子の α -グルコースでつくられ、図 2 のようにその中に 1 分子の I_2 が取り込まれると推定されている。

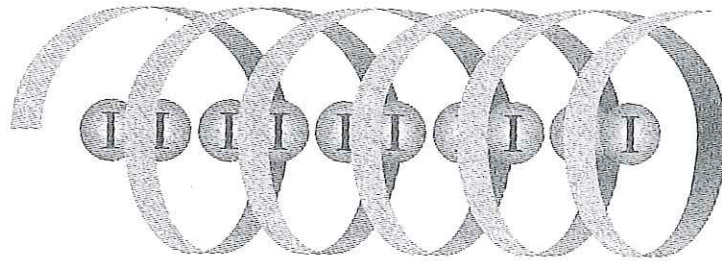


図 2

アミロースと 3 からなる 1 に希酸などを作用させて加水分解するとき、すべてがグルコースになる前に反応を中断すると、いろいろな重合度の生成物が得られる。これをデキストリンといい、分子式は 1 と同じ 4 で表される。

デキストリン分子の両端が化学結合した環状分子は、シクロデキストリンと呼ばれる。6 分子の α -グルコースが環状につながったシクロデキストリンを α -シクロデキストリンと呼び、環の直径は 1 のらせんの直径とほぼ同じである。このほか、7 分子の α -グルコースが環状につながった β -シクロデキストリンや、8 分子が環状につながった γ -シクロデキストリンが知られている。シクロデキストリンは 1 と同様に 2 と類似の反応を起こす。このとき、シクロデキストリンの環の中に 1 分子の I_2 が取り込まれると考えられている。

問 1 1 ~ 3 にあてはまる適当な語句を記せ。4 には重合度を n で表した分子式を記せ。

問 2 α -グルコースの構造式を記せ。

問 3 シクロデキストリン(CD)の分子の環の中に I_2 分子が取り込まれる反応(図 3)が平衡状態になっているとき、各物質のモル濃度を $[CD]$, $[I_2]$, $[CD \cdot I_2]$ とすると、反応の平衡定数 K_c は(1)式のように表される。

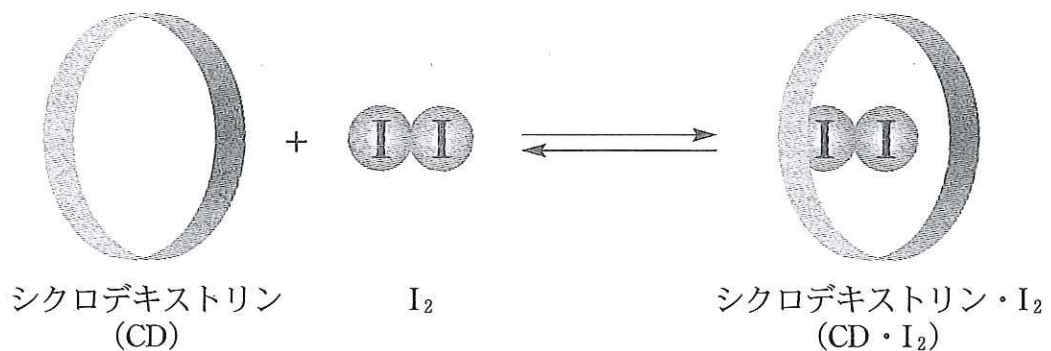


図 3

$$K_c = \frac{[CD \cdot I_2]}{[CD][I_2]} \quad (1)$$

K_c は結合定数とも呼ばれ、2つの物質がどれだけ強く結合しているかを示す指標となる。シクロデキストリンと I_2 が結合する前のそれぞれのモル濃度を $[CD]_0$, $[I_2]_0$ とすると、 K_c は(2)式で表される。

$$K_c = \frac{[CD \cdot I_2]}{([CD]_0 - [CD \cdot I_2])([I_2]_0 - [CD \cdot I_2])} \quad (2)$$

α -シクロデキストリン(α -CD)は β -シクロデキストリン(β -CD)と比較すると、 I_2 とより強く結合することが知られている。これを証明するため、 α -シクロデキストリンあるいは β -シクロデキストリンをそれぞれ I_2 と等しいモル濃度 (6.09×10^{-4} mol/L) で混合して、一定温度に保った。平衡状態における各物質のモル濃度を調べたところ、 $[\alpha\text{-CD} \cdot I_2] = 5.42 \times 10^{-4}$ mol/L, $[\beta\text{-CD} \cdot I_2] = 2.22 \times 10^{-4}$ mol/L であった。 α -シクロデキストリンと I_2 , β -シクロデキストリンと I_2 の結合定数を求めよ。