

平成 28 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～29 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, Li = 6.9, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Cl = 35.5, Co = 58.9, Cu = 63.5, Zn = 65.4, 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) = 8.31 J/(K·mol), アボガドロ定数 = 6.02×10^{23} /mol, 1気圧 = 1.01×10^5 Pa
数字は特に指定のない限り、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。

1 は水に溶け、その一部が水と反応して、次亜塩素酸を生じる。次亜塩素酸やその塩は強い酸化作用を示し、漂白・殺菌効果があるため、遊泳用プールや上水道の水の消毒に使用されている。プール水にアンモニアが存在すると、次亜塩素酸と反応してモノクロラミン NH_2Cl を生成することがある。また、次亜塩素酸水溶液は塩化ナトリウム水溶液の電気分解によっても得られる。このとき 2 極で発生した 1 の一部が水に溶けて次亜塩素酸を生成する。

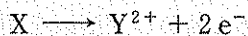
次亜塩素酸ナトリウムを含んだ漂白剤を塩酸を含んだトイレ用洗剤と混合すると、 3 色の 1 が発生するので危険である。

家庭で用いられる漂白剤には過酸化水素を成分として含んだものもある。このような漂白剤では、過酸化水素は 4 剤としてはたらく。過酸化水素は次亜塩素酸に比べて弱い 4 剤であるため、次亜塩素酸と混合したとき過酸 化水素は 5 剤としてはたらく、無色の気体を発生する。

問 1 ~ にあてはまる適当な語句を記せ。ただし、 と には「酸化」または「還元」のいずれかを記せ。

問 2 下線部(a)と(b)の現象を表わす化学反応式を記せ。下線部(c)と(d)については、電子を含むイオン反応式を記せ。

問 3 水中で次亜塩素酸は電離して次亜塩素酸イオンを生じる。これらを一般に遊離残留塩素と呼ぶ。遊離残留塩素の殺菌力は強く、0.2 mg/L 程度の遊離残留塩素濃度で多くの病原菌を死滅させることができる。プール水中の遊離残留塩素の濃度を求めるために、ある発色試薬 X を含む緩衝液を一定量のプール水に加えた。このとき反応が起こって、X は遊離残留塩素と反応して Y^{2+} になる。



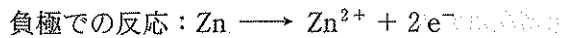
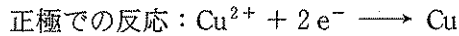
ここで、X は無色であり、 Y^{2+} は桃赤色を示す。この桃赤色の濃さの指標 A と Y^{2+} の濃度 c (mol/L) の関係を調べたところ、次式が成り立つことがわかった。

$$A = 2000 \times c$$

続いて、プールから採取した 9.0 mL の水に X を含む緩衝液を加えて発色させた。この発色した混合溶液の全量は 10.0 mL、その A の値は 0.036 であった。遊離残留塩素のすべてが次亜塩素酸イオンとして存在すると考えて、プール水中の遊離残留塩素の濃度を mg/L の単位で記せ。ただし、X の物質量は遊離残留塩素の物質量よりも多く、反応が完全に進むものとする。また、緩衝液は十分な緩衝作用を示すが、酸化還元反応には関与しないものとする。

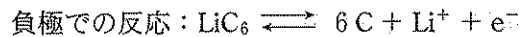
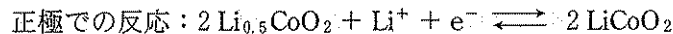
2. 次の3種類の電池について、以下の問いに答えよ。

【ダニエル電池】 1つのビーカーに硫酸銅水溶液を入れて銅板を浸し、もう一つのビーカーに硫酸亜鉛水溶液を入れて亜鉛板を浸し、その2つのビーカーが塩橋で接続されている。



【燃料電池】 負極活物質に水素、正極活物質に酸素、電解質溶液にリン酸水溶液を用いている。

【リチウムイオン二次電池】 負極活物質にLiを含むC(黒鉛)、正極活物質にLiCoO₂、電解質溶液にLiの塩を有機化合物に溶かした溶液を用いている。



問1 ダニエル電池において、亜鉛板を鉄板に替え、硫酸亜鉛水溶液を硫酸鉄(II)水溶液に替えた場合、電池の起電力は大きくなるか、小さくなるか、その理由とともに記せ。

問2 放電前のダニエル電池の亜鉛板、銅板の質量はどちらも2.0gであった。放電後の亜鉛板の質量が1.0gとなったとき、銅板の質量は何g増えたか。ただし、硫酸銅水溶液中のCu²⁺は、放電後も十分に存在しているものとする。

問3 燃料電池の放電時に正極で起きる反応を、電子を含むイオン反応式で記せ。

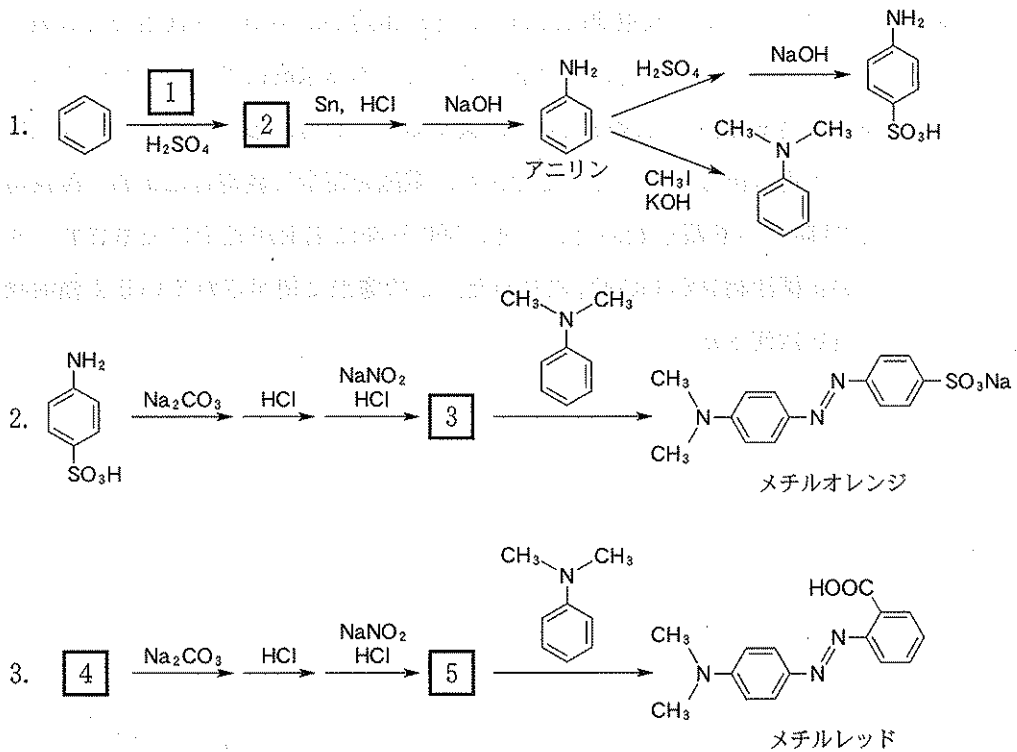
問 4 燃料電池において、標準状態で 1.0 L の水素を使用し、その水素をすべて消費したときに流れる電気量は何クーロン (C) か。ただし、酸素は十分に存在しているものとする。

問 5 リチウムイオン二次電池の正極活物質である LiCoO_2 は、 Li_2CO_3 と Co_3O_4 を混合して、大気中で 800°C 程度に加熱することによって得られる。このときの化学反応式を記せ。

問 6 リチウムイオン二次電池にはいろいろな用途があるが、深夜電力を貯蔵して昼間に使うためにも用いられる。そこで、ある家庭において、リチウムイオン二次電池を使って深夜電力を貯蔵することを考える。この電池を充電するときの電流値は 500 A で一定であり、電池を完全に放電した状態で深夜電力を 23 時から貯蔵し始めたところ、360 分後に電池が完全に充電され、すべての正極活物質が $\text{Li}_{0.5}\text{CoO}_2$ になった。この電池に使用されている正極活物質の質量は何 g か。

3 次の(文1)と(文2)を読んで、以下の問いに答えよ。

(文1) 分子中にアゾ基(-N=N-)をもつ物質をアゾ化合物と呼ぶ。芳香族アゾ化合物には色素になるものも多く、メチルオレンジやメチルレッドなどの指示薬をはじめとして、カラー写真用色素、プリンターインク用色素などに広く使用されている。メチルオレンジやメチルレッドは、次のような反応1～3によって合成されている。



問 1 上記の反応式の **1** にあてはまる化合物の化学式と **2** ~ **5** にあてはまる化合物の構造式を記せ。

問 2 反応 2 にしたがってメチルオレンジを合成しようとしたが、目的としないフェノール類の化合物も生成した。その理由を述べよ。

問 3 アニリンは、さらし粉水溶液による酸化反応を利用して検出される。この場合、何色に呈色するか、記せ。

(文 2) メチルオレンジは指示薬として用いられ、その変色域は pH 3.1~4.4 である。pH 1.0 では図 1 の構造 X のみが存在して赤色を呈し、pH 6.0 では図 1 の構造 Y のみが存在して黄色を呈する。

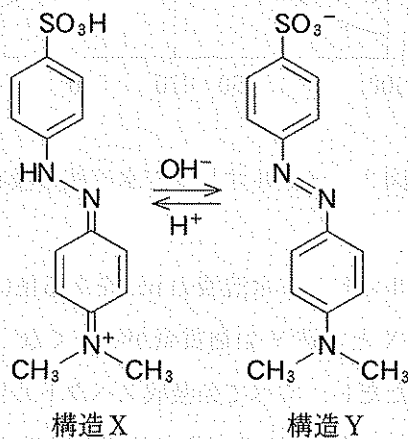


図 1 メチルオレンジの pH 変化にともなう構造の変化

ある波長の光が溶液層を通過したとき、入射光の強さを I_0 、透過光の強さを I 、溶液層の厚さを l [cm]、溶液中の光を吸収する物質の濃度を c [mol/L] とすれば、濃度があまり高くないときに、吸光度 A は次のように表される。

$$A = \log_{10} \frac{I_0}{I} = \epsilon \times c \times \ell$$

上式で、 ϵ は光の波長に依存して物質固有の値をもつ。 c と ℓ が一定のもとで、光の波長をある範囲で連続的に変えて吸光度 A を記録したものを吸収スペクトルと呼ぶ。

図2に、ある濃度のメチルオレンジの水溶液の pH 1.0 と pH 6.0 のときの吸収スペクトルを示す。

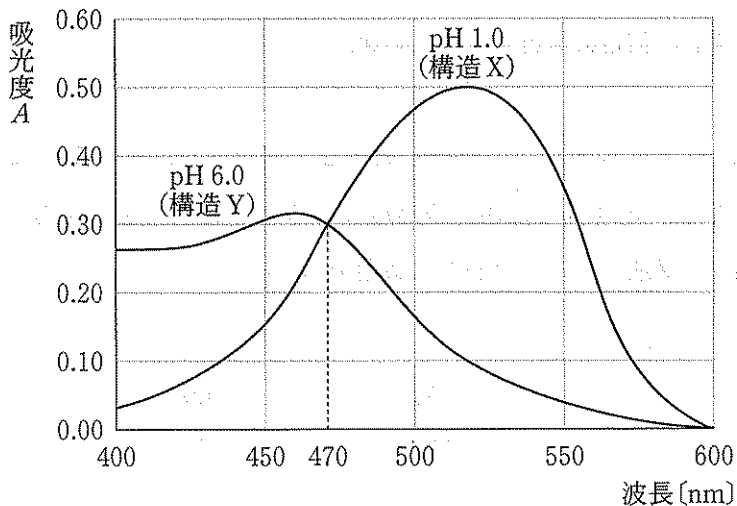


図2 メチルオレンジ水溶液の吸収スペクトル

問4 図2のメチルオレンジ水溶液の pH をある値に調整したところ、メチルオレンジの構造 X と構造 Y の物質量が等しくなった。このときの吸収スペクトルを描け。ただし、すべての吸収スペクトルは同じ溶液層の厚さで測定したものとする。また、pH を変化させてもメチルオレンジの構造 X と構造 Y の物質量の合計は変化せず、吸収スペクトルの変化に対応する反応が1つだけであるとする。

4 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。

糖類は日常生活の中で、さまざまな形で見いだされる。食物中のショ糖やデンプン、木材や紙などに含まれるセルロースは糖類である。糖類のうち、グルコースやフルクトースなどのように、より小さな糖に加水分解できないものを単糖という。単糖の中で炭素数が6のものは と呼ばれ、炭素数が5のものは と呼ばれている。

グルコースは水溶液中で2つの環状構造と1つの鎖状構造が平衡状態にある。その環状構造の中には、 $-O-CH(OH)-C-$ の部分があり、これを 構造という。一方、鎖状構造の立体異性体について考えると、不斉炭素原子が 個存在するので、理論上、 種類の立体異性体が存在する。また、グルコースは酵母に含まれる酵素群(チマーゼ)のはたらきで と に分解される。

一般式が で表される多糖は、1分子から加水分解により多数の単糖を生じる。多糖であるアミロースは、 α -グルコースのC1とC4の間でつくられた 結合で結合し、鎖状構造をとる。動物の肝臓や筋肉に蓄えられている も多糖のひとつである。

問1 ~ , , にあてはまる適切な語句や数字を記せ。 については、分子式を記せ。

問2 グルコースの異性体であるフルクトースには、 α 型と β 型の平衡のほかに、ピラノース型とフラノース型の平衡がある。フルクトースの鎖状構造の1つ(鎖状構造A)を図3に示す。フルクトースの環状異性体の構造式をすべて記せ。

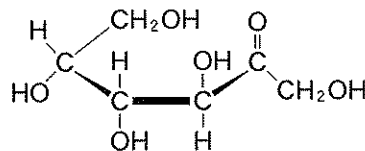


図3 鎖状構造A

問 3 カルボニル基が結合した炭素原子上に水素原子がある場合，図4に示す平衡が存在する。このことを参考にして，図5の鎖状構造AやBと平衡状態にある鎖状構造Cの構造式を記せ。



ケト形 エノール形

図4 ケト形とエノール形の平衡

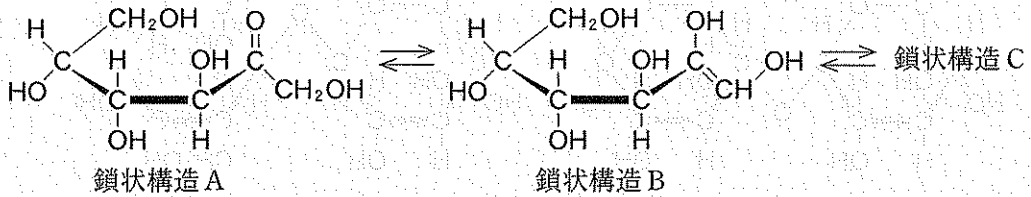


図5 鎖状構造の間の平衡

問 4 図6に示すようにビタミンC(L-アスコルビン酸)は，図5の鎖状構造Bと部分的に類似した構造(エンジオール構造)を有しており，還元性を示すことが知られている。ヨウ素を含むうがい薬(褐色)にビタミンCを加えると，無色に変化した。このとき，ビタミンCの構造は，どのように変化したと考えられるか，変化後の構造式を記せ。

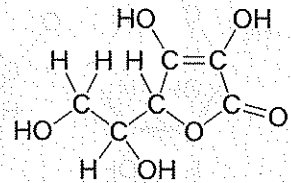


図6 ビタミンCの構造式

問 5 グルコースは、その水溶液中でアルデヒド基を生じることからアルドースに分類され、また、フルクトースはケトン基を生じることからケトースに分類される。これらはフェーリング液に対して還元性を示すことが知られている。図7に示す二糖のうち、還元性を示すものをすべて選び、記号で答えよ。

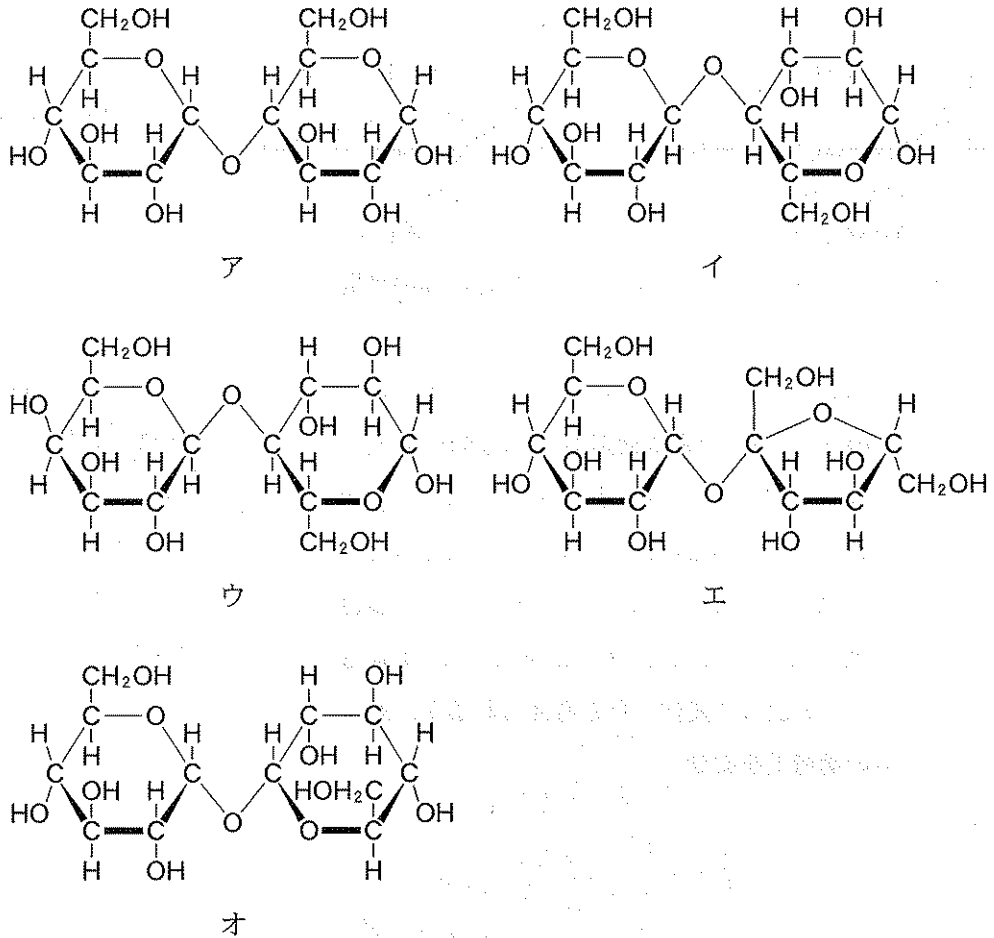


図7 二糖の構造式(ア~オ)