

平成 25 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(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。

問題訂正用紙

問題に訂正があります。

訂正の内容は、下枠内に記載してあるとおりです。

問題訂正

教科・科目名 理科・化学

訂正は次の①と②です。

① 9ページ 科目名「化学」に続いて3行目

(誤) 常用対数は $\log 2 = 0.301$, $\log 3 = 0.477$, $\log 5 = 0.699$,

(正) 常用対数は $\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$, $\log_{10} 5 = 0.699$,

② 15ページ 下から2行目

(誤) の分子量を M_i , その分子の数を N_i とすると, 合成高分子化合物の…

(正) の分子量を M_i , その分子の数を N_i とすると ($i=1, 2, \dots, m$), 合成高分子化合物の…

解 答 用 紙 訂 正

解答用紙に訂正があります。

訂正の内容は、下枠内に記載してあるとおりです。

解 答 用 紙 訂 正

教科・科目名： 理科・化学

解答用紙の名称：化学解答用紙（その2）

訂正箇所： **2** 問5の解答欄中の文

(誤) 脂溶性の薬物は▲で、水溶性の薬物は○で示せ。

(正) 疎水性の薬物は▲で、親水性の薬物は○で示せ。

化 学

必要に応じて、以下の数値を使用せよ。原子量は、 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $Cl = 35.5$, $Ca = 40.1$, アボガドロ定数は $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$, 常用対数は $\log 2 = 0.301$, $\log 3 = 0.477$, $\log 5 = 0.699$, 平方根は $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{10} = 3.16$ とする。ただし, $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ である。また, 数値は特に指定のない限り, 有効数字 2 桁まで求めよ。

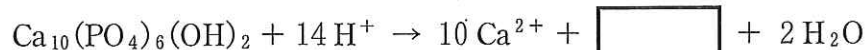
1 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。

リンは周期表 15 族に属する非金属元素であり、リン酸カルシウム $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ を主成分とするリン灰石(アパタイト)に多く含まれている。動物の骨や歯もリン酸塩であるヒドロキシアパタイト $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ を含んでいる。このほか、リンは遺伝情報伝達や生命活動維持のために、リン酸エステルの形で核酸(DNA, RNA)や ATP, ADP, AMP の構成元素となっている。

リンは天然水中において、オルトリン酸(リン酸) H_3PO_4 をはじめとする種々のリン化合物として低濃度で存在する。オルトリン酸はリンのオキソ酸の一種であり、水溶液中には、pH(水素イオン指数)に依存して H_3PO_4 , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} の 4 種類の化学種が存在する。オルトリン酸は、酸性溶液中でモリブデン酸イオン MoO_4^{2-} と反応させると、黄色のリンモリブデン酸イオンを生じる。これを適当な還元剤で還元すると、モリブデンプルーと呼ばれる深い青色の錯イオンが生成する。天然水中のリン化合物をリン酸イオンとしたのちモリブデンプルーに変え、この溶液が可視光を吸収する性質を利用して、天然水中のリン濃度を決定することができる。

問 1 オルトリン酸の構造式を記せ。

問 2 歯垢^{しこう}中の細菌が産生する乳酸が、歯垢が付着したエナメル質(大部分がヒドロキシアパタイトでできている)周辺の pH を唾液^{しよく}のそれよりも下げるため、う蝕^{しよく}が起こる。このときの反応を記した次の反応式を完成せよ。



問 3 下線部の反応を記述した次の反応式を完成せよ。



問 4 ある波長の光が厚さ L の溶液層を通過するとき、光の吸収の割合と光を吸収する物質の量との関係は、入射光の強さを I_0 、透過光の強さを I 、光を吸収する物質の濃度を C とすれば、次のように書ける。

$$\log \frac{I_0}{I} = aLC \quad (a \text{ は定数})$$

$\log \frac{I_0}{I}$ を吸光度と呼び、厚さ L が同じとき、吸光度は溶液中の物質の濃度 C に比例することがわかる。リン濃度が既知の溶液を用意し、リンをモリブデンブルーに変え、その吸光度を 890 nm で測定して次の表のような結果を得た。

リン濃度 (mg/L)	0	0.200	0.401	0.602	0.802	1.000
吸光度	0.008	0.121	0.236	0.351	0.468	0.585

ある湖の水を同様に処理して同じ波長、同じ L で吸光度を測定したところ、0.302 であった。湖水のリン濃度 (mg/L) を求めよ。解答にあたっては、解答欄の方眼紙を使用し、どのようにしてその値が得られたか、その過程を説明せよ。

2 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。

油脂は、生体のエネルギー源である。油脂に水酸化ナトリウムを加え加熱すると、 とセッケンが得られる。一方、油脂を構成する脂肪酸とリンを含む親水基が結合した は、細胞膜の構成成分である。細胞膜は、図1に示すように、疎水基を内側に親水基を外側にした脂質二重膜と呼ばれる構造を基本とする。脂質二重膜は半透膜として働き、細胞が必要とするイオン(Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- など)や糖は、膜に埋め込まれたタンパク質により運搬される。

また、脂質二重膜は人工的に作ることができ、球形のものはリポソーム(図2)と呼ばれ、抗がん剤などの薬物を封入したものが開発されている。薬物封入リポソームを調製する際には、大きさの違いによって分子を分離するカラムクロマトグラフィーにより、封入されなかった薬物を取り除く。すなわち、多数の細孔を有するビーズを詰めた管を用意し生理食塩水を流すと、細孔より小さな分子は細孔へ入ることができるため、分子の大きさが小さいほどゆっくり管内を通過する。封入されなかった薬物はリポソームより分子のサイズが小さく、 が先に流出するため、薬物封入リポソームを精製することができる。薬物を効率よくがん組織へ運搬するためには、最適な大きさのリポソームを用いることが重要である。

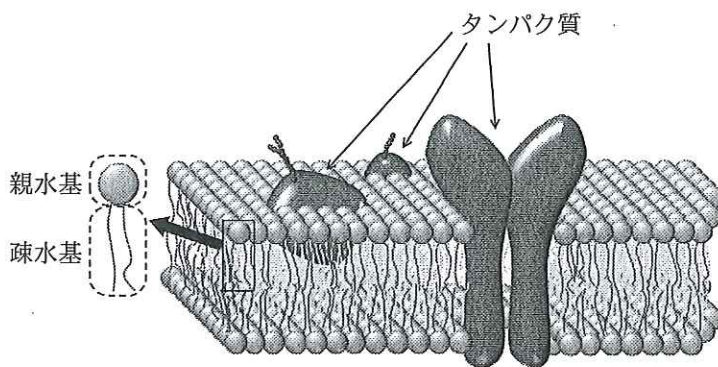


図1

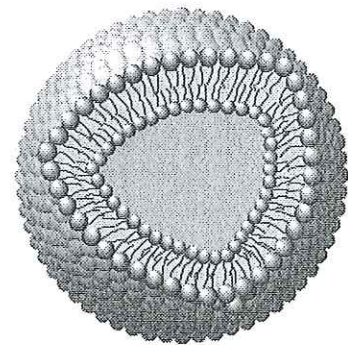


図2

問 1 ~ にあてはまる適当な語句を記せ。なお、 はリポソームまたは薬物のいずれかとする。

問 2 セッケンが水によく溶け油汚れを落とす理由、および、酸性の強い温泉ではセッケンが使えない理由についてそれぞれ述べよ。

問 3 リポソームを安定に保つためには、膜内外の浸透圧を同じにする必要がある。ヒト体液の浸透圧は生理食塩水と同じであり、生理食塩水は、0.90 g の塩化ナトリウムを水に溶かし 100 mL の水溶液としたものである。リポソームの外側の液を生理食塩水、内側の液をシヨ糖水溶液で構成したい。希薄溶液では、浸透圧は溶質粒子のモル濃度と絶対温度に比例するというファントホッフの法則が成立するとして、このシヨ糖水溶液のモル濃度を求めよ。ただし、温度は 25 °C で一定であるとする。

問 4 ある温度で、0.106 mol/L の塩化カルシウム水溶液と問 3 におけるシヨ糖水溶液の浸透圧が同じである場合、塩化カルシウム水溶液の電離度はいくらか。ただし、ファントホッフの法則が成立するとする。

問 5 下線部について、親水性の薬物、疎水性の薬物はそれぞれリポソームのどの部分に保持されると考えられるか、解答欄の指示にしたがって図示せよ。

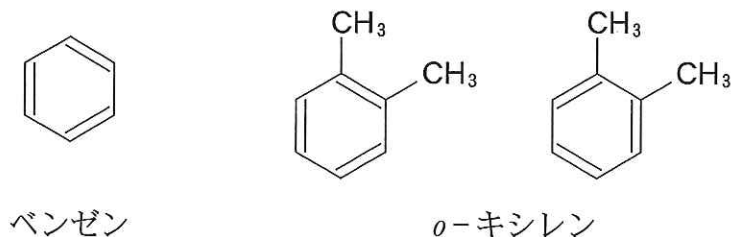
問 6 リポソームの直径 D (nm) と流出に要した生理食塩水の量 V (mL) の間に、次の関係が成立するビーズを詰めた管を作製した。

$$\log_{10}(2 \times D) = a - bV \quad (a, b \text{ は定数})$$

直径 D が 200 nm, 100 nm のサイズの分子の流出に要した生理食塩水の量 V はそれぞれ 13.0 mL, 16.0 mL であった。作製したリポソームをこの管に流したところ、14.0 mL で流出した。このリポソームの直径はいくらか。

3 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。

ベンゼンの構造式は水素原子や炭素原子を省略して下図のように表すことが多い。その際、単結合と二重結合が交互に連なった式として表されるが、実際にはベンゼンは正六角形の平面構造であり、6個の炭素—炭素間結合は同等である。たとえば、*o*-キシレンは下図のいずれの構造式でも表すことができる。



分子式 C_9H_{12} で表すことのできるベンゼン誘導体のうち、置換基が1つの化合物は 種類、2つの化合物は 種類、3つの化合物は 種類存在する。

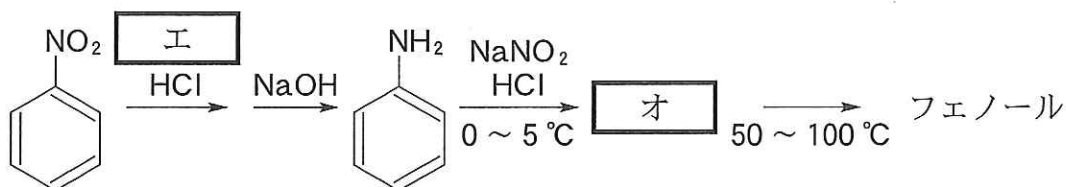
問 1 ~ にあてはまる適当な数値を記せ。

問 2 ベンゼンを空気中で燃やすとシクロヘキサンと違い大量のすすを出す。その理由を簡単に記せ。

問 3 分子式 C_9H_{12} のベンゼン誘導体のうち、(a)~(c)にあてはまるものの構造式をそれぞれ1つ記せ。

- (a) ベンゼン環の水素原子を塩素原子で置換すると分子式 $C_9H_{11}Cl$ の化合物が1種類だけ得られる。
- (b) 過マンガン酸カリウム水溶液によって酸化した後、酸を加えて生じる化合物を加熱すると分子式 $C_8H_4O_3$ の化合物が生成する。
- (c) フェノールの工業的製造の原料である。

問 4 フェノールは次のような工程でも作ることができる。以下の反応式にあてはまる試薬の名称 および構造式 を記せ。



問 5 問 3(a)の化合物 C_9H_{12} は、分子式 C_3H_4 の化合物の重合反応で作ることができる。分子式 C_3H_4 の化合物の構造式を記せ。

問 6 問 4 の化合物 は、染料や色素の合成中間体である。 に 2-ナフトールの水酸化ナトリウム水溶液を反応させた場合に生じる色素の構造式を 1 つ記せ。

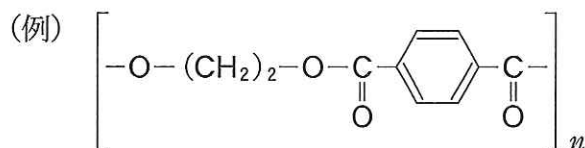
問 7 分子式 C_9H_{12} の化合物がベンゼン環を持たず、2つの環構造を有する場合、どのような構造式が考えられるか、1例を記せ。ただし、水素原子については結合も略さず、すべて示すこと。

4 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。

ナイロン66とナイロン6は、化学実験室では以下の手順で合成できる。
[1] の水酸化ナトリウム水溶液をビーカーにとる。ここに、[2] のヘキサン溶液をゆっくり加える。ビーカーの溶液は2層に分離し、その界面に白色のナイロン66が形成される。これをピンセットでつまんで引っ張ると、繊維状のナイロン66が得られる。ナイロン6は、[3] を試験管に入れて、加熱したのち冷却し、少量のナトリウムを加えて、さらに加熱すると得られる。ナイロン66は、[1] と [2] の縮合重合で得られるのに対し、ナイロン6は、[3] の [4] 重合で得られる。ポリエチレンテレフタレートは、形成した化学結合からポリエステルと呼ばれるのに対して、ナイロン66やナイロン6は、[5] と呼ばれる。

問1 [1] ~ [5] にあてはまる適当な語句を記せ。 [1] , [2] , [3] については構造式も記すこと。

問2 ナイロン66とナイロン6の構造式を下の例にならって記せ。



ポリエチレンテレフタレート

問3 合成高分子化合物は、さまざまな重合度をもつ分子の集合体である。そのため、分子量を表すには平均分子量を用いる。平均分子量には、分子量の算術平均である数平均分子量(M_n)と、分子量の加重平均である重量平均分子量(M_w)が用いられる。合成高分子化合物において、ある重合度を持つ分子の分子量を M_i 、その分子の数を N_i とすると、合成高分子化合物の M_n は次式で表すことができる。

$$M_n = \frac{\sum_{i=1}^m M_i N_i}{\sum_{i=1}^m N_i}$$

ただし、 M_m は集合体のうち最大の分子量であり、その分子の数は N_m である。また、 M_w/M_n は高分子化合物の分散度と呼ばれ、この数が多いほど広い範囲の重合度をもつ分子の集合体である。ある合成高分子化合物の $M_w = 6.6 \times 10^3$ 、分散度は 1.58 であり、 $M_1 = 1.0 \times 10^3$ 、 $M_2 = 5.0 \times 10^3$ 、 $M_3 = 1.0 \times 10^4$ の 3 種類の集合体である。それぞれの分子の数を $N_1 = 10$ 、 $N_2 = 10$ であるとき N_3 の値を求めよ。計算の過程も記すこと。

- 問 4 合成高分子化合物では、立体異性体の存在しない単量体から合成しても、立体異性体を生じる場合がある。合成高分子化合物の中の立体異性体は、合成樹脂の性質に大きな影響を与えるため、これらを制御することはたいへん重要である。ポリプロピレンは立体異性体を生じる例であるが、どのような立体異性体が生じるか、構造式を用いて説明せよ。