

2019 年度一般入学試験(後期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 31 ページあり、問題数は、物理 4 問、化学 4 問、生物 5 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に、それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。また、※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの、および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には、解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

化 学 (後期)

[注意] 問題を解く際に必要ならば、次の値を用いなさい。

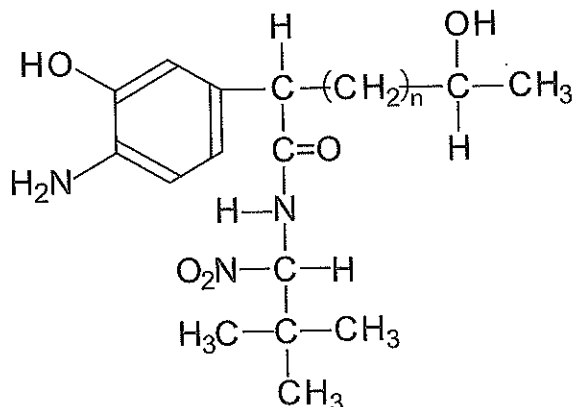
原子量 H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,

Mg = 24.3, Cl = 35.5

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24$

有機化合物を構造式で解答する場合には、次の例を参考にしなさい。



I 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

ベンゼンの構造を分子内に持つ化合物は一般に(ア)族化合物と呼ばれている。ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させると(イ)化により化合物Aが生成する。また、トルエンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させると強力な(ウ)性を持つ化合物Bが得られる。同様に化合物Cに濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させることで(エ)色の結晶であるピクリン酸が合成される。

また、化合物Aをニッケルや白金の存在下で水素により還元すると、化合物Dとなる。実験室においては、化合物Aをスズと塩酸を用いて還元すれば化合物Dの塩酸塩を得ることができる。次に、この化合物Dの塩酸塩を含む反応液を水酸化ナトリウム水溶液で塩基性にとすると化合物Dが遊離する。化合物Dを回収する

ためには、反応液をすべて(オ)に移した後、適量のジエチルエーテルを加え、しっかりと上下の栓を閉じ、十分に振り混ぜた後静置すると、二層に分かれるので、エーテル層である(カ)層を回収し、溶媒を蒸発させて化合物 D を得る。

問 1 (ア)～(カ)に入る最も適切な語句を解答欄(ア)～(カ)に答えなさい。

問 2 下線部①の物質の働きを何というか解答欄(i)に答えなさい。また、これらの物質の働きを 15 字以内(句読点を含む)で解答欄(ii)に答えなさい。

問 3 化合物 A～C の物質名を解答欄(A)～(C)に、それらの構造式を解答欄(a)～(c)にそれぞれ答えなさい。

問 4 化合物 D の生成を確認するために用いられる水溶液名、および化合物 D が存在する時には何色に呈色するか。それぞれ解答欄(i), (ii)に答えなさい。

問 5 下線部②を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。

II 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

古代より文明の発達した地域には淡水の存在が不可欠であった。しかし、現代においては淡水に乏しかった地域にも淡水の供給が可能となっている。

淡水を得る方法としては、塩水から水を一度気化させた後に再度液化させて回収する(ア)法、特殊な樹脂等を利用して溶解している塩等を吸着させて取り除く(イ)法等が用いられてきた。近年では、これらに替わり非常に精細な孔径を持つ半透膜を用いた(ウ)法が広く用いられている。この方法では、水の分子よりも小さいと思われるリチウムイオン(Li^+)も有効に除去できる。これは水溶液中の Li^+ のまわりに(エ)が多く結合しており、その大きさが単なる水の分子よりも大きくなるためと考えられている。そのため現在、実際に海水から最も除去しにくい元素は、主にホウ酸として存在しているホウ素と言われている。

問1 (ア)～(エ)に入る最も適切な語句を解答欄(ア)～(エ)に答えなさい。

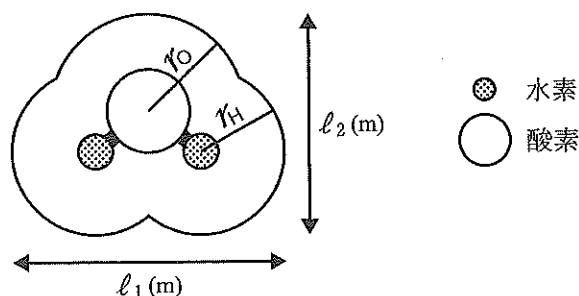
問2 海水に含まれる主要なイオンの濃度を分析したところ、以下の表に示すデータが得られた。これらをもとに 27°C におけるこの海水の浸透圧を求めると何hPaになるか、解答欄に有効数字3桁で答えなさい。なお、使用する半透膜はこれらのイオンを通過させることはない。また、表では微量イオン等は省略してあるが、これらの浸透圧への影響は無視できるものとする。

イオン	濃度(mg/L)
ナトリウムイオン	1.15×10^4
マグネシウムイオン	1.22×10^3
塩化物イオン	2.13×10^4

問 3 下線部①について、気圧 1013 hPa の下で 27 °C、 9.00×10^2 g の水を加熱して、完全に気化するために必要な熱量は何 kJ か。水の蒸発熱を 40.5 kJ/mol、水の比熱を 4.22 J/(g·K) として求め、解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、沸点に至るまでの間の加温中に蒸発は起こらず、加えた熱量はすべて水の温度上昇および状態変化に使われたものとする。

問 4 下線部②について、水のみを取り出すには水の分子が通り抜ける大きさの孔径を持つ半透膜が必要である。そこで以下のように水の分子の大きさを算出した。文章中の(ア)、(イ)にあてはまる数値をそれぞれ解答欄(ア)、(イ)に有効数字 3 桁で答えなさい。

下図は、ファンデルワールス力がおよぶ空間(ファンデルワールス半径)を考慮した水分子の模式図である。水素原子のファンデルワールス半径(r_H)は 1.20×10^{-10} m、酸素原子のファンデルワールス半径(r_O)は 1.40×10^{-10} m であり、水素原子と酸素原子の中心間の距離は、 9.58×10^{-11} m である。この時、H—O—H の結合角を 120° とすると l_1 、 l_2 の値はそれぞれ(ア)m、(イ)m と算出される。



問 5 下線部②で用いられる膜の多くは、登山用ロープや防弾チョッキなどにも使われている強度や弾力性、耐熱性に極めて優れた合成高分子で作られている。この合成繊維の名称を解答欄(i)に、また *p*-フェニレンジアミンとテレフタル酸ジクロリドから合成されたこの繊維の構造式を解答欄(ii)にそれぞれ答えなさい。ただし、重合度は n としなさい。

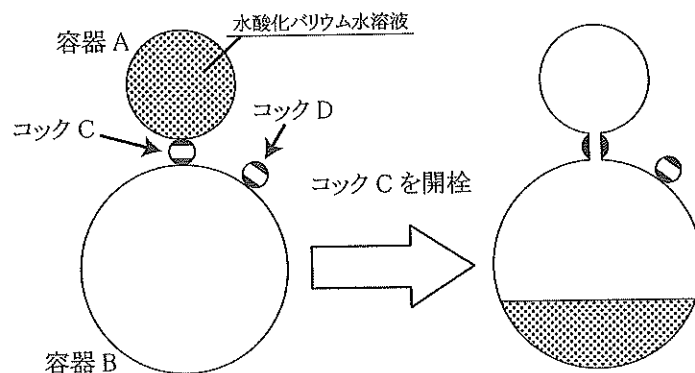
問 6 下線部③について、化学式 $B(OH)_3$ で表されるホウ酸分子を、水素の電子を●、ホウ素の電子を×、酸素の電子を△とした電子式で表しなさい。

Ⅲ 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

いま、 1.00×10^{-2} mol/Lの水酸化バリウム水溶液1.40 Lで満たされた密閉容器Aと、酸素のみが入った10.0 Lの密閉容器Bが閉じたコック(活栓)Cを介して連結している(下図参照)。この状態で容器B内の圧力を測定したところ、27℃で1100 hPaであった。

続いて、容器BにコックDから27℃、2493 hPaで900 mLの体積を占める酸素、エチレン、プロパンからなる混合気体を注入し、コックDを閉じた。混合気体を容器内で完全に燃焼させた後、コックCを開いて連結容器を十分に振とうしたところ、水溶液中に白色沈殿が生じた。この容器の温度を27℃に戻し、容器内を確認したところ、^②気体部分には酸素と水蒸気のみが存在し、その圧力は1016 hPaであった。次に、容器内の懸濁液を取り出し、白色沈殿をろ過により完全に取り除いた後、^③そのろ液10.00 mLを 1.40×10^{-2} mol/Lの塩酸で中和滴定したところ12.00 mLを要した。

ただし、全ての気体は理想気体として振る舞うものとし、27℃におけるこの容器内での水の飽和水蒸気圧は36 hPaとする。また、混合気体の各成分および酸素の水に対する溶解度、燃焼により生成した水および白色沈殿の生成による水溶液の体積変化、容器Aと容器Bの連結部分の容積は無視できるものとする。



問1 下線部①について、混合気体中の全物質量は何 mol か。解答欄に有効数字3桁で答えなさい。

- 問 2 下線部②について、白色沈殿の生じた反応を化学反応式で解答欄に答えなさい。
- 問 3 下線部③について、ろ液中の水酸化バリウム濃度は何 mol/L か。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。
- 問 4 下線部②について、反応によって消費された水酸化バリウムの物質量は何 mol か。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。
- 問 5 混合気体の完全燃焼によって消費された酸素の物質量は何 mol か。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。
- 問 6 下線部①の混合気体におけるエチレンの分圧は何 hPa か。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

IV 以下の問1～問4に答えなさい。

問1 (a)～(c)の操作によって最終的に得られる、主となる有機化合物を示性式で答えなさい。ただし、生成物が無い場合は「×」と記入しなさい。

(a) 2,4-ペンタンジオールに、単体のナトリウムを加えたとき

(b) エタノールに、濃硫酸を加えて170℃で熱したとき

(c) 1,4-ブタンジオールに、二クロム酸ナトリウムの酸性溶液を加えたとき

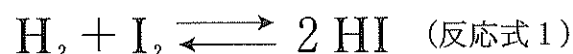
問2 胃酸(主成分：塩酸)を中和する制酸剤には、主成分として炭酸水素カリウムが用いられているものがある。これが制酸剤として作用する際の化学反応を解答欄にイオン反応式で答えなさい。

問3 1価の陽イオンと1価の陰イオンからなる塩がある。この塩0.283gを水に溶解後1Lとした水溶液の浸透圧を測定すると、27℃で83.1hPaであった。また、同じ塩の飽和水溶液を調製し、その10mLをホールピペットではかりとり、メスフラスコで100mLになるように水で希釈した。この水溶液の凝固点を測定したところ、同条件で測定した水の凝固点より4.44K低かった。以下の(i)、(ii)について、それぞれ解答欄(i)、(ii)に答えなさい。ただし、水のモル凝固点降下を $1.85\text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とし、溶解した塩は全て電離するものとする。

(i) この塩の分子量を解答欄に有効数字3桁で答えなさい。

(ii) 27℃におけるこの塩の溶解度はいくらか。解答欄に有効数字3桁で答えなさい。

問 4 容積を変えることができる容器に水素とヨウ素を 3.00 mol ずつ入れると、両者は容易に反応し、一定の温度条件下でやがて平衡状態となった(反応式 1)。この時、容器内にはヨウ化水素が 4.00 mol 存在していた。以下の(i)~(iii)について、解答欄の(i)~(iii)に答えなさい。



- (i) この温度における可逆反応の平衡定数を解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。
- (ii) 同型の別の容器に、水素 2.00 mol とヨウ素 1.00 mol を加えた後、同じ温度に保つと、平衡時には何 mol のヨウ化水素が存在するか。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。
- (iii) 温度一定のまま、容積を減少させ容器内の圧力を元の 3 倍にした。このとき、平衡は反応式 1 のどちら向きに移動するか。以下から適切なものを選び、(a)~(c)の記号で解答欄に答えなさい。
- (a) 右向き (b) 左向き (c) 移動しない