

平成30年度

理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
 - 2 問題冊子は「物理」2～7ページ、「化学」8～19ページ、「生物」20～31ページ、「地学」32～37ページである。解答用紙は、「物理」4枚、「化学」4枚、「生物」4枚、「地学」2枚である。脱落のあった場合には申し出ること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさずに解答すること。
 - 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ氏名、受験学部、受験番号（最後のページは、左右2か所）を忘れずに記入すること。
 - 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
 - 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
 - 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
 - 7 理学部の受験者は、次により解答すること。なお、第2・3志望がある場合、志望する学科についても確認すること。
 - (1) 数学科・生物学科・地球学科・理科選択を志望する者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択解答すること。
 - (2) 物理学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」と、その他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - (3) 化学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「化学」と、その他に「物理」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - 8 工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
 - 9 医学部医学科の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択解答すること。
 - 10 生活科学部食品栄養科学科の受験者は、「化学」・「生物」のうちから1科目を選択解答すること。
 - 11 机上に各自の「受験票」と「大学入試センター試験受験票」を出しておくこと。
 - 12 問題冊子および選択しない科目の解答用紙は持ち帰ること。
- ※ 本冊子の理科科目は以下を表す。
- | | |
|------------|------------|
| 物理：物理基礎・物理 | 化学：化学基礎・化学 |
| 生物：生物基礎・生物 | 地学：地学基礎・地学 |

化 学

第1問～第3問において、必要であれば次の原子量を用いよ。

H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Cl = 35.5, Pb = 207, Zn = 65.4

第 1 問 (33点)

次の問1と問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。

周期表の18族に属する元素を という。 はいずれも常温・常圧で無色・無臭の気体であり、融点・沸点が非常に低い。 のうち最も沸点の低いものは である。これは のなかで最も分子間力が小さいためである。 の原子では、最外殻電子の数は が 個で、他は全て 個であり、安定な電子配置である。そのため、 は他の原子と化学結合を生じにくく、単原子分子として存在する。

周期表で17族に属する元素をハロゲンという。ハロゲンの原子の最外殻電子の数は 個であり、一つの電子を受け取り、一価の陰イオンになりやすい。二原子分子であるハロゲンの単体は反応性に富み、その反応性は元素の種類によって大きく異なる。^①例えば、フッ素は水と激しく反応して酸素を発生するが、塩素は水にわずかに溶け、一部が水と反応して、塩化水素と を生じる。また、水素との反応性は、原子番号の小さいものほど高く、フッ素 > 塩素 > 臭素 > ヨウ素の順である。^②

(1) と にあてはまる適切な物質をそれぞれ化学式で記せ。

(2) ～ にあてはまる適切な語句または数字をそれぞれ記せ。

(3) 下線部①について、ハロゲンの単体の反応性の違いを確かめるために、常温・常圧で次の(a)～(c)の実験を行った。(a)～(c)のうち、ハロゲン化物イオンが酸化される反応が進行するものについては、その反応を化学反応式で記し、反応が進行しないものは「反応しない」と記せ。

(a) 塩素を臭化カリウムの水溶液に通じた。

(b) 臭素をヨウ化カリウムの水溶液に加えた。

(c) ヨウ素を塩化カリウムの水溶液に加えた。

(4) 塩化水素と

B

 に含まれる塩素原子の酸化数をそれぞれ記せ。

(5) 塩化水素は鉛(II)イオンと反応して塩化鉛(II)を生じる。0.12 mol/Lの塩酸 1.0 Lに 0.018 mol/Lの鉛(II)イオンを含む水溶液 1.0 Lを加えると、塩化鉛(II)の白色沈殿が 2.78 g 生じた。塩化鉛(II)の溶解度積は何 (mol/L)³か、有効数字2桁で答えよ。ただし、温度は一定とする。

(6) 下線部②の反応で生じるハロゲン化水素について、次の(i)と(ii)の問いに答えよ。

(i) 水溶液中で最も電離定数の小さなものはどれか、化学式で記せ。

(ii) 最も沸点の高いものはどれか、化学式で記せ。

問2 次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

直径が m 程度の粒子が、液体に均一に分散している状態をコロイド溶液または という。これが加熱等により流動性を失い、全体が固まった状態を という。コロイド溶液に強い光をあてると、光路が明るく輝いて見える。この現象を という。これは、コロイド粒子が光を散乱するためにおこる。コロイド粒子は通常の光学顕微鏡で観察することは難しいが、側面から強い光をあてることができる顕微鏡で観察すると、輝く点として見るができる。^①コロイド粒子が不規則にゆれ動くのが観察されるが、この現象を という。

塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を沸騰水に滴下すると、赤褐色のコロイド溶液 A が得られる。^②この A をセロハンの半透膜に包んで蒸留水に浸しておくと、コロイド粒子を分離・精製できる。この操作を という。A に電解質の水溶液を少量加えると沈殿が生じる。^③この現象を という。

(1) にあてはまる最も適切な数値の範囲を以下の (あ)～(お) から一つ選び、記号で答えよ。

(あ) $10^{-11} \sim 10^{-9}$ (い) $10^{-9} \sim 10^{-7}$ (う) $10^{-7} \sim 10^{-5}$

(え) $10^{-5} \sim 10^{-3}$ (お) $10^{-3} \sim 10^{-1}$

(2) ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

(3) 下線部①の顕微鏡の名称を記せ。

(4) 下線部②でおこる反応の化学反応式を記せ。

(5) 下線部③の電解質として、塩化ナトリウム、塩化カルシウム、硫酸ナトリウムの三つを考える。これらの水溶液を電解質のモル濃度が等しくなるように、それぞれ調製した。これらの三つの電解質水溶液のうち、最も少量でコロイド粒子を沈殿させるのはどの電解質の水溶液か答えよ。また、それを選んだ理由を 40 字以内で記せ。

化 学

第 2 問 (33点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。

問 1 次の (1) と (2) の問いに答えよ。

(1) 次の文章を読み、(i) と (ii) の問いに答えよ。

体積 12.0 L の耐圧容器に、プロパン 2.0×10^{-2} mol と酸素 1.2×10^{-1} mol を封入し、温度を 300 K にした。しばらく静置した後、点火することにより 容器内のプロパンを完全に反応させた。 ① 容器内の温度を再び 300 K にすると、少量の液体が生じた。

② 容器内の気体は理想気体とし、生じた液体の体積、気体の液体への溶解は無視してよい。温度によって容器の体積は変化しないものとする。

(i) 下線部①の反応を化学反応式で記せ。

(ii) 下線部②の状態に関する次の (a) と (b) の問いに有効数字 2 桁で答えよ。ただし、気体定数を 8.3×10^3 Pa · L/(mol · K)、300 K における水の飽和蒸気圧を 3.6×10^3 Pa とする。

(a) 容器内の酸素の物質量は何 mol か答えよ。

(b) 容器内の全圧は何 Pa か答えよ。その計算過程も記せ。

(2) 次の文章を読み、(i)～(iii)の問いに答えよ。文中で p は気体の圧力、 V は気体の体積、 n は気体の物質量、 R は気体定数、 T は気体の絶対温度である。

実在気体では気体の状態方程式 ($pV = nRT$) が厳密には成り立たない。しかし、 条件下では、 と を無視できるようになり、実在気体をほぼ理想気体とみなすことができる。実在気体の理想気体からのずれを評価する指標として $Z = pV/(nRT)$ がある。理想気体では $Z = 1$ である。四つの温度で Z の圧力依存性を調べたところ、水素に対して図1(あ)～(え)の曲線、メタンに対して図2(か)～(け)の曲線がそれぞれ得られた。

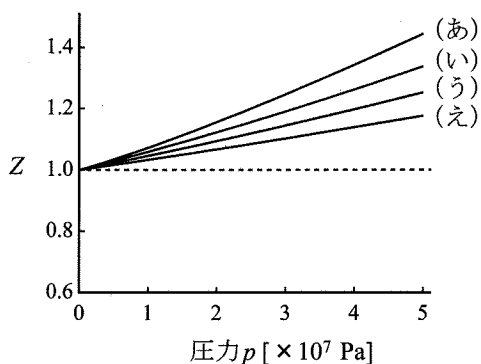


図1 水素

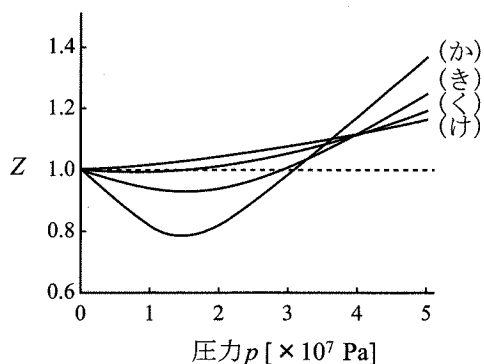


図2 メタン

(i) にあてはまる適切な語句を(a)～(e)から一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 低温・低圧 (b) 低温・高圧 (c) 高温・低圧
(d) 高温・高圧 (e) 室温・常圧

(ii) と にあてはまる適切な語句を記せ。順は問わない。

(iii) 図1の曲線(あ)～(え)と図2の曲線(か)～(け)のうち、最も温度が低いときの曲線をそれぞれ選び、記号で答えよ。

問2 次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。必要があれば次の数値を用いよ。

ファラデー定数 $F = 9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$

図3に示すように、硫酸銅(II)水溶液に銅板の電極を浸し、硫酸亜鉛水溶液に亜鉛板の電極を浸し、溶液同士を素焼き板で隔てた電池を発明者にちなんで [ア] 電池という。二つの電極を豆電球、電流計、スイッチを介して導線でつないだ。スイッチを入れると豆電球が光った。電流を長時間取り出すためには、二つの硫酸塩のうち硫酸 [イ] の濃度を低く、もう一方の硫酸塩の濃度を高くする。銅は亜鉛よりも [ウ] が低いので正極になる。 [エ] 極で生じた金属イオンと、反対の極側の硫酸イオンは、それぞれ素焼き板を通して逆向きに移動する。 [ア] 電池の構成は、化学式を用いて

[A]

のように表す。これを電池式ともいう。

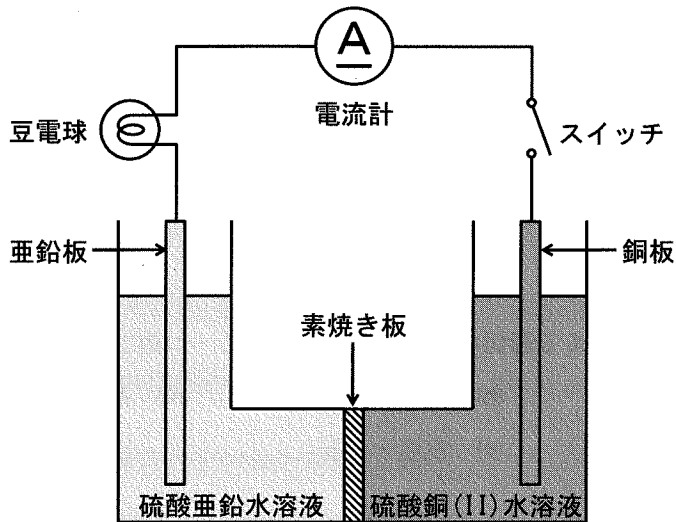


図3

(1) ～ にあてはまる適切な語句を記せ。
また、 の電池式を記せ。

(2) 図の電池において、2.0 A の電流が 40 分間流れたとき、一方の電極で反応に使われた電子は何 mol か、有効数字 2 桁で答えよ。

(3) 亜鉛電極において 1.0 mol の電子が反応に使われたとすると、亜鉛電極の質量変化は何 g か、有効数字 2 桁の絶対値で答えよ。

(4) 黄銅は銅と亜鉛の合金である。また、銅には安定な同位体 ^{63}Cu と ^{65}Cu が存在する。黄銅 1 g に含まれる、中性子が少ない方の Cu 原子の物質量を次の記号を用いて表せ。なお、黄銅には銅と亜鉛のみが含まれているものとする。

黄銅に含まれる銅のモル分率 x

銅の原子量 A

亜鉛の原子量 B

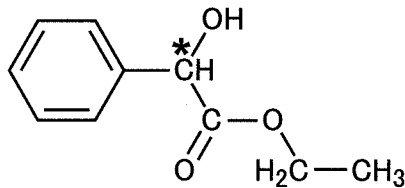
^{63}Cu と ^{65}Cu の存在比 $r:1-r$

化 学

第 3 問 (34点)

次の問1と問2に答えよ。

問1 ベンゼンの水素原子の一つが別の基で置換された芳香族化合物 X, Y, Z (いずれも分子式 $C_{11}H_{14}O_2$) に関する①~⑧の文章を読んで、(1)~(5)の問いに答えよ。ただし、構造式は次の例にならって記せ。



- ①エステル X を加水分解すると、カルボン酸 A とフェノールが得られた。
 - ②カルボン酸 A には不斉炭素原子が一つある。
 - ③エステル Y を加水分解すると、カルボン酸 B とアルコール C が得られた。
 - ④エステル Z を加水分解すると、カルボン酸 D とアルコール E が得られた。
 - ⑤アルコール E を酸化すると、カルボン酸 B が得られた。
 - ⑥アルコール C, F, H は 2-メチル-2-プロパノール (以下、アルコール G と略記する) と異性体の関係にあり、いずれも分子式 $C_4H_{10}O$ であらわされる。アルコール F を酸化すると、カルボン酸 D が得られた。また、アルコール H の炭化水素基は枝分かれを持たず、直線状に炭素原子が結合している。
 - ⑦アルコール C には不斉炭素原子が一つある。
 - ⑧アルコール G の分子内で脱水反応がおこると、化合物 J が生じた。臭素水の中に十分な量の J を吹き込むと、臭素水は脱色した。
- (1) エステル X, Y, Z の構造式を記せ。なお、不斉炭素原子には上の例にならって★を付けよ。
- (2) アルコール H と化合物 J の構造式を記せ。

(3) 次の文中の ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

異性体の関係にあるアルコール C, F, G, H のうちで、アルキル基の部分に枝分かれを持たないものよりも、枝分かれのあるものの方が、分子どうしが密接に接近できる面積は減少する。そのため、アルコール分子間に働く力のうち、それぞれの分子のアルキル基の間で働く引力は、枝分かれのあるものの方が なる。また、アルコールはヒドロキシ基を持つため、分子間で を生じる。 > 第二級 > の順に、 が形成されやすくなる。

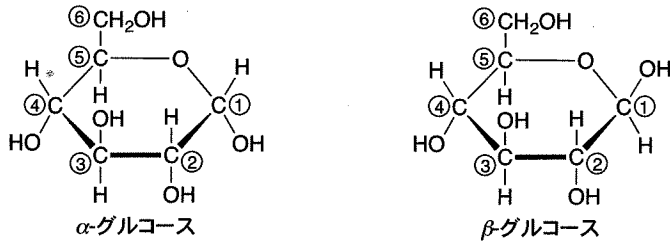
(4) アルコール C, F, G, H の沸点を下表にまとめた。表中のオ～キにあてはまるアルコールを記号で答えよ。

	オ	C	カ	キ
沸点 [°C]	83	99	108	117

(5) ⑧の下線部の臭素水を調製しようとして、あやまって臭素を実験台にこぼしてしまった。臭素は有毒な蒸気を発生するので、まず、亜硫酸ナトリウム Na_2SO_3 水溶液と反応させたのち、炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 水溶液を用いて中和して後処理を行った。この一連の操作において、亜硫酸ナトリウムがどのような働きをしたのかを 15 字以内で説明せよ。

問2 次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

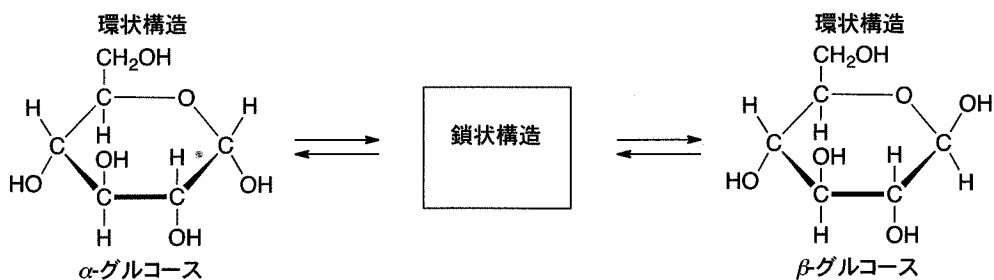
下に α -グルコースと β -グルコースの構造を示す。



多数の α -グルコースが、C①に結合したヒドロキシ基とC④に結合したヒドロキシ基との間で次々と脱水縮合 (α -1,4-グリコシド結合) してできた直鎖状の高分子化合物を という。 は、お米に含まれるデンプンを構成する成分である。一方、多数の β -グルコースがC①とC④の間で脱水縮合 (β -1,4-グリコシド結合) した構造をもつ高分子化合物をセルロースという。

- (1) にあてはまる化合物名を記せ。
- (2) はヨウ素デンプン反応を示す一方、セルロースはヨウ素デンプン反応を示さない。この理由を分子構造の観点から 30 字以内で答えよ。
- (3) 分子量 8.10×10^5 の がある。この は、何分子のグルコースが脱水縮合してできたものか。その個数を有効数字 2 桁で答えよ。

(4) 水溶液中でグルコース分子は、下の図のように環状構造と鎖状構造との間で平衡状態にある。解答欄に示す鎖状構造の構造式を完成させよ。



(5) を加水分解すると二糖が得られた。その構造を記せ。