

平成31年度入学試験問題

理 科

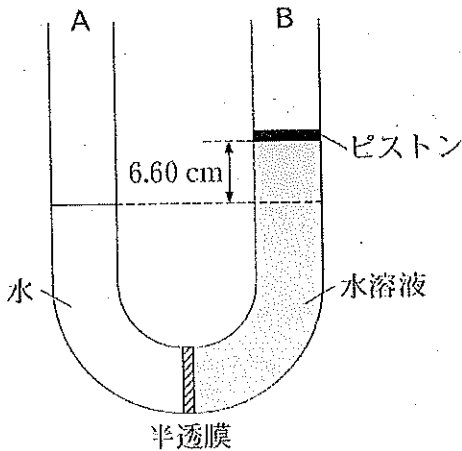
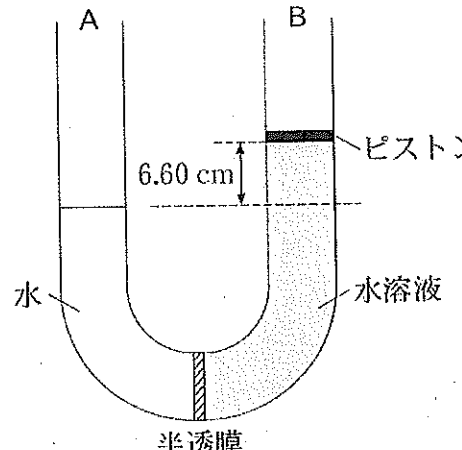
(注 意 事 項)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があったら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。

科 目	問 題 冊 子	解 答 紙	
	ペ ー ジ	解答紙番号	枚 数
物理基礎・物理	1 ～ 16	32 ～ 34	3
化学基礎・化学	17 ～ 34	35 ～ 39	5
生物基礎・生物	35 ～ 50	40 ～ 44	5
地学基礎・地学	51 ～ 58	45 ～ 48	4

4. 各解答紙の2箇所受験番号を記入すること。
5. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
6. 計算その他を試みる場合は、解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
7. この教科は、2科目250点満点(1科目125点満点)です。なお、医学部保健学科(看護学専攻)については、2科目100点満点に換算します。

問題訂正

理科 (化学基礎・化学)	
18ページ [1] 図2の点線部の位置が右にずれているため訂正する。	
訂正1	<p>正</p>  <p>図2</p>
	<p>誤</p>  <p>図2</p>
25ページ [3] 問2の問題文3行目を訂正する。	
訂正2	<p>正</p> <p>・・・(a)～(c)のなかから1つ選んで記号を記入せよ。</p>
	<p>誤</p> <p>・・・(a)～(c)のなかから1つ選んで番号を記入せよ。</p>

化 学 基 礎 ・ 化 学

必要な場合には、次の値を用いよ。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, Al = 27.0,

Cl = 35.5

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

平方根： $\sqrt{2} = 1.414$, $\sqrt{3} = 1.732$, $\sqrt{5} = 2.236$

- [1] 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。なお、温度は300 Kで変化しないものとし、水溶液は希薄であり、水および水溶液の密度はいずれも 1.00 g/cm^3 と見なせるものとする。また、水銀の密度を 13.6 g/cm^3 、1気圧は $1.01 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$ とし、塩化ナトリウムは水中で完全に電離しているものとする。
(25点)

水は自由に通すが溶質は全く通さない半透膜を、断面積 4.00 cm^2 のU字管の中央に固定する。図1のように、このU字管のA側には水を100 mL、B側には分子量 M の不揮発性で非電解質の化合物Xが100 mg含まれる水溶液を100 mL入れ、なめらかに動き質量の無視できるピストンを置き、その上におもりをのせたところA側とB側の液面の高さは等しくなった。

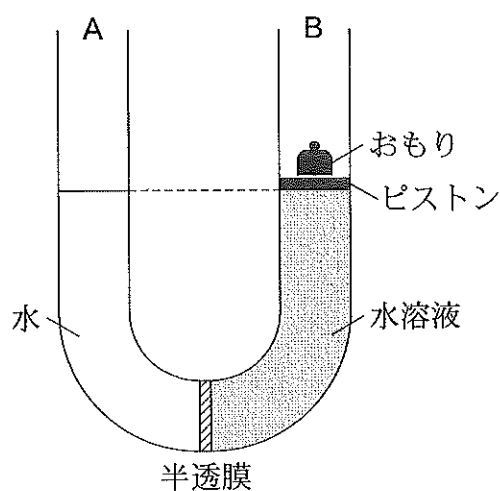


図1

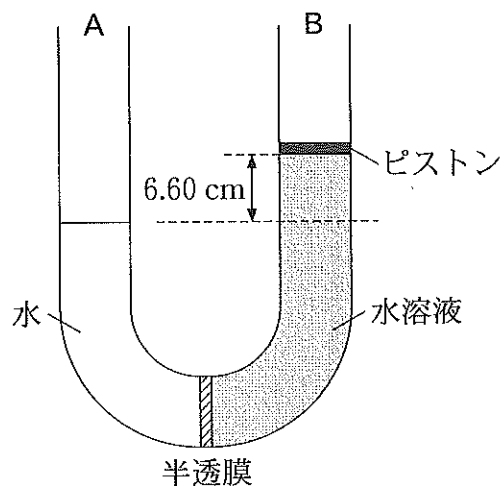


図2

- 問1. 図1の状態における浸透圧は何Paか。化合物Xの分子量 M を用いて表せ。解答中の数値は有効数字2桁で記せ。
- 問2. おもりを外し、しばらく放置すると、図2のようにB側の液面がA側よりも6.60 cm高くなった。図1の状態の浸透圧は、図2の状態の液面差によって生じる圧力の何倍か、有効数字2桁で答えよ。

問 3. おもりの質量 [g] および化合物 X の分子量 M を、それぞれ有効数字 2 桁で答えよ。

問 4. 図 2 の状態に対して、A 側に塩化ナトリウムを加えたところ、再び A 側と B 側の液面の高さは等しくなった。加えた塩化ナトリウムの質量は何 mg か、有効数字 1 桁で答えよ。ただし、塩化ナトリウムを加えたときの、溶液の密度と体積の変化は無視できるものとする。

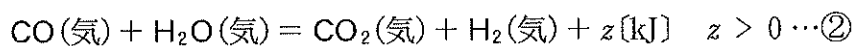
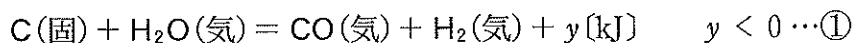
問 5. 浸透圧以外にも、凝固点降下を用いて分子量を測定することができる。次に示す分子量の異なる 2 つの物質の溶解について、凝固点降下度を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、いずれの物質も以下の条件において水に完全に溶解するものとし、水のモル凝固点降下を $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ とする。

(ア) 化合物 X 1.00 g を 100 mL の水に溶かしたときの凝固点降下度

(イ) 塩化ナトリウム 1.00 g を 100 mL の水に溶かしたときの凝固点降下度

〔2〕 次の文章を読み、問1～問2に答えよ。(25点)

コークスC(固体)と水蒸気H₂O(気体)を原料として、これらを高温で接触させることによってCOとH₂の混合気体が生成する反応(水性ガス反応)は、式①に示す熱化学方程式で表される。一方、この反応の副反応として、式②に示す熱化学方程式で表される反応が同時に進行し、COおよびH₂の生成率に影響を与える。ここでは以下の2つの反応について考える。なお、式①、式②中のy、zは反応熱を表す。



式①の反応は〔ア〕、式②の反応は〔イ〕を伴う反応である。主反応である式①の反応が一定温度で平衡状態にあるとき、右向きの反応によって気体分子の総数が〔ウ〕ので、系全体の圧力を〔エ〕すればH₂の生成率を大きくすることができる。

問1. 文章中の〔ア〕～〔エ〕に入る適切な語句を1つ選んで記号で答えよ。

〔ア〕 (a) 発熱 (b) 吸熱

〔イ〕 (a) 発熱 (b) 吸熱

〔ウ〕 (a) 減少する (b) 変わらない (c) 増加する

〔エ〕 (a) 低く (b) 一定に (c) 高く

問 2. 体積 V (L) の容器中で、圧力が p (Pa), 温度が T (K) に保持された状態で、式①および式②で表される 2 つの反応が平衡状態にあるとき、以下の (1)~(4) に答えよ。ただし、各気体の分圧は $p_{\text{H}_2\text{O}}$, p_{CO} , p_{CO_2} および p_{H_2} で表すものとし、いずれの気体も理想気体として扱えるものとする。また、コークス C の体積は無視できるものとする。

(1) 式①および式②の反応の平衡定数 K_1 および K_2 を容器内に存在する各気体の分圧 $p_{\text{H}_2\text{O}}$, p_{CO} , p_{CO_2} , p_{H_2} , 温度 T および気体定数 R を用いてそれぞれ表せ。

(2) 気体がかかわる可逆反応の場合、問 2 (1) で求めた平衡定数の代わりに、成分気体の分圧を用いた圧平衡定数 K_p が使われる。式①および式②の反応の圧平衡定数 K_{p1} および K_{p2} を容器内に存在する各気体の分圧 $p_{\text{H}_2\text{O}}$, p_{CO} , p_{CO_2} および p_{H_2} を用いて表せ。

(3) 得られる H_2 の分圧 p_{H_2} については、以下の手順で p_{CO} および圧平衡定数 K_{p1} および K_{p2} を用いて表すことができる。また、圧平衡定数 K_{p1} および K_{p2} は与えられた温度で一定となり、その比 K_{p1}/K_{p2} も一定の値 α となる。したがって、ある温度での CO の分圧 p_{CO} を測定することができれば、 p_{H_2} を計算することができる。〔オ〕~〔ク〕に p_{CO} , p_{CO_2} , V , R , T および α を用いて適切な式を記入し、次の文章を完成させよ。

《 p_{H_2} の算出方法》

式①および式②の反応におけるCO、CO₂の酸素原子と、H₂の水素原子は、全てH₂Oに由来することから、酸素と水素の原子数の比は1 : 2である。これを p_{H_2} 、 p_{CO} および p_{CO_2} を用いて表すと、

$$[\text{オ}] : \frac{2p_{\text{H}_2} \cdot V}{RT} = 1 : 2$$

と書ける。よって、

$$p_{\text{H}_2} = p_{\text{CO}} + [\text{カ}] \quad \dots \textcircled{3}$$

を得る。一方、問2(2)で表した圧平衡定数の比をとることによって、

$$p_{\text{CO}_2} = \frac{[\text{キ}]}{\alpha} \quad \dots \textcircled{4}$$

を得る。式④を式③に代入することにより、以下のように p_{H_2} を p_{CO} および α を用いて書き表せる。

$$p_{\text{H}_2} = p_{\text{CO}} + [\text{ク}] \quad \dots \textcircled{5}$$

- (4) 実際に容器内の圧力が $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度が 1273 K に保持されたとき、圧平衡定数の比 α が $7.70 \times 10^6 \text{ Pa}$ となり、COガスセンサーによって測定された p_{CO} の測定値は $5.00 \times 10^4 \text{ Pa}$ であった。このとき p_{H_2} は何Paとなるか、有効数字3桁で答えよ。

[3] 次の文章を読み、問 1～問 7 に答えよ。(25 点)

一般にイオン化傾向の大きな金属の単体は、そのイオンを含む水溶液の電気分解では得ることができないので、これらの塩化物、水酸化物、あるいは酸化物などを高温で融解した液体に対して熔融塩電解(融解塩電解)を行うことによって単体を得ている。

塩化ナトリウムを原料とする熔融塩電解では陽極の炭素電極に気体〔ア〕が発生する一方、陰極にはナトリウムの単体が生じる。ただし工業的には、塩化ナトリウムの融点を下げるために〔イ〕を加えて熔融塩電解を行い、純度の高いナトリウムを得ている。

アルミニウムの単体を得るには酸化アルミニウムを原料とする。ただしその融点は 2000℃ 以上と高いため、氷晶石を加熱・融解し、これに少しずつ酸化アルミニウムを溶解させて約 1000℃ で熔融塩電解を行う。このとき、陽極の炭素電極には気体〔ウ〕と気体〔エ〕が発生する一方、陰極にはアルミニウムの単体が生じる。アルミニウムが主成分の合金は軽くて比較的強く、私たちの日常生活に広く利用されている。

赤鉄鉱や磁鉄鉱などの酸化物を多く含む鉄鉱石を気体〔ウ〕と反応させることによって炭素を約 4% 含む〔オ〕が得られる。〔オ〕は融点が低い特徴を生かして鑄物などに用いられる。融解した〔オ〕に酸素を吹き込むと炭素を 0.02～2% に減らすことができる。こうして得られるのが鉄骨やレールなどに用いられる〔カ〕である。

問 1. 文章中の〔ア〕〔ウ〕〔エ〕に適合する物質の化学式を記入せよ。

問 2. 文章中の〔イ〕に適合する物質を以下の(1)~(3)のなかから1つ選んで番号を記入し、その理由として最もふさわしい文章を以下の(a)~(c)のなかから1つ選んで番号を記入せよ。

(1) 塩化マグネシウム

(2) 塩化カルシウム

(3) 塩化亜鉛

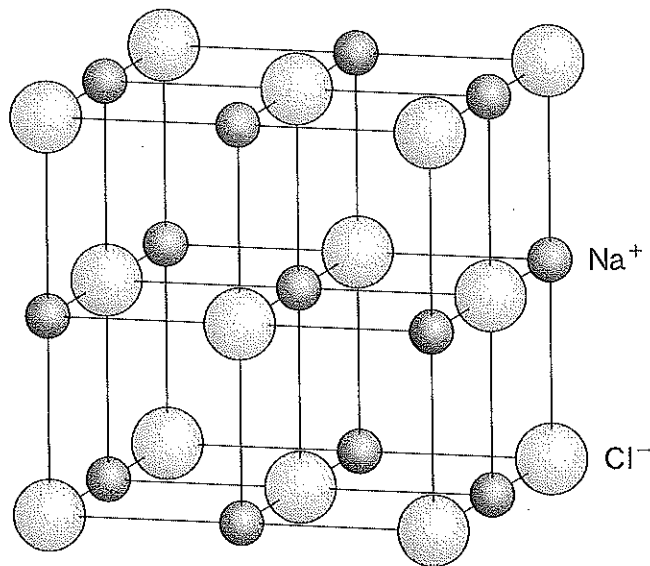
(a) イオン化傾向がナトリウムより大きい金属元素の塩化物であるため。

(b) イオン半径がナトリウムに最も近い金属元素の塩化物であるため。

(c) 融点がナトリウムと最も異なる金属元素の塩化物であるため。

問 3. 文章中の〔オ〕〔カ〕に入る適切な物質の名称を答えよ。

問 4. 塩化ナトリウムは組成式 NaCl で表され、その結晶の単位格子は下図のように描かれる。単位格子中に含まれる Na^+ と Cl^- の数を答えよ。



問 5. 実際の塩化ナトリウムの結晶格子は Na^+ と Cl^- が接し、 Cl^- どうしは離れていると見なすことができる。塩化ナトリウム型の結晶において、仮想的に陽イオンを小さくしていくと、あるところで陰イオンどうしが接する。このときの陰イオンの半径を 1 とした場合、陽イオンの半径を小数点以下 3 桁の数字で答えよ。

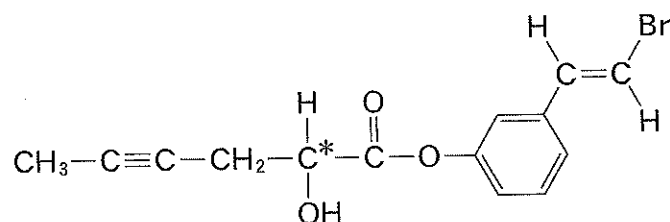
問 6. ナトリウムについて正しい記述に○を、誤った記述に×を記入せよ。

- (1) 空気中の酸素や水と容易に反応するため石油(灯油)中で保存するが、密度が石油(灯油)よりも小さいため浮く。
- (2) エタノールと反応して水素を発生する。
- (3) 水と反応させたのちにプロモチモールブルー(BTB)溶液を滴下すると黄色に呈色する。

問 7. 下線部について実際に酸化アルミニウムの熔融塩電解を行うとアルミニウムの単体が 5.4 g 得られた。このとき生じる気体が〔エ〕のみとした場合に標準状態で何 L の〔エ〕が発生したのか、有効数字 2 桁で答えよ。ただし気体〔エ〕は理想気体として扱えるものとする。

- 〔4〕 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。ただし、反応はすべて完全に進行し、複数の化合物が生成する場合、等モル生成するものとする。構造式の記入ならびに不斉炭素原子(C*)の表示を求められた場合は、記入例にならって答えよ。
(25点)

構造式の記入例



化合物Aはベンゼン環を1つ持ち、炭素原子、水素原子のみからなる化合物で、その分子量は116である。化合物A 58.0 mgを完全燃焼させると二酸化炭素 198 mg、水 36.0 mgが得られた。化合物Aに硫酸水銀(II)を触媒として水を付加すると、2種類のカルボニル化合物BおよびCが生成した。また、触媒を用いて化合物Aを等モルの水素と反応させると、互いに幾何異性体の関係にある化合物DおよびEが生成した。

化合物DおよびEを臭素と反応させたところ、どちらの場合も不斉炭素原子を2個含む化合物Fが生成した。また、化合物DおよびEをオゾンで酸化したのち、亜鉛で処理すると、どちらの場合もカルボニル化合物GおよびHが生成した。化合物GおよびHを〔ア〕と加熱したところ、赤色の沈殿が生じた。化合物Gは空気中で徐々に〔イ〕へと酸化された。〔イ〕は室温で固体であり、冷水には溶けにくかった。

炭化カルシウムと水から発生する気体を赤熱した鉄に触れさせると、3分子が重合してベンゼンが得られる。同様の形式の反応を行うと、化合物Aからは互いに構造異性体の関係にある化合物IおよびJが得られた。

問 1. 化合物 A の分子式および構造式を答えよ。

問 2. 下線部(1)に関して、化合物 B と化合物 C を区別するのに最も適した方法を以下の(a)~(c)より 1 つ選び、その記号を答えよ。また、化合物 C の構造式を答えよ。

(a) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたところ、化合物 C のみ呈色した。

(b) ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を反応させたところ、化合物 C のみ黄色の沈殿を生じた。

(c) ナトリウムを加えると、化合物 C のみ水素を生じた。

問 3. 化合物 D および E の構造式を、置換基の配置の違いがわかるように答えよ。

問 4. 化合物 F の構造式を答えよ。ただし、不斉炭素原子に*印を付記して、他の炭素原子と区別すること。

問 5. 文章中の〔ア〕~〔イ〕に入る適切な名称あるいは化合物名を答えよ。

問 6. 下線部(2)の反応で得られた化合物 I および J の構造式を答えよ。

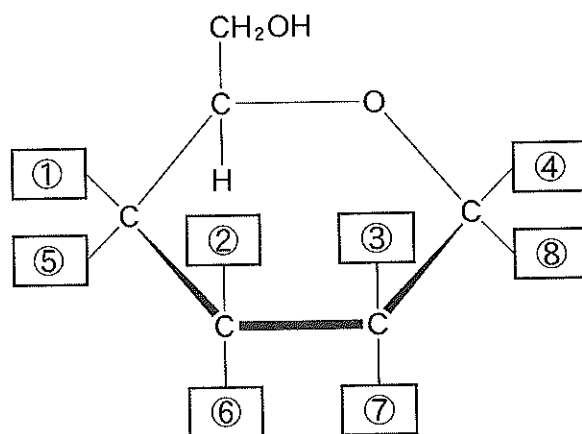
〔5〕 次の文章(1)と(2)を読み、問1～問6に答えよ。(25点)

(1) 糖類(炭水化物)は、連結した糖の数に応じて単糖・二糖・多糖に分類することができる。単糖のグルコースとフルクトースは同じ分子式で表される構造異性体であり、両化合物はそれぞれの環状構造と鎖状構造の平衡混合物として存在する。鎖状グルコースは環状グルコースにあるヘミアセタール構造が変化して生じ、鎖状フルクトースは環状フルクトースにあるヘミアセタール構造が変化して生じる。また、グルコースの立体異性体であるガラクトースは、鎖状構造にホルミル(アルデヒド)基を持つ単糖の1つである。鎖状グルコースと鎖状ガラクトースを比較すると、4位の炭素原子に結合するヒドロキシ基の立体配置が異なるだけである。単糖が脱水縮合した構造を持つ二糖や多糖は、希硫酸を加えて加熱したり、適切な酵素で処理したりすると、加水分解されて単糖になる。

問 1. グルコースの分子式を答えよ。

問 2. 鎖状グルコースと鎖状フルクトースにある不斉炭素原子の数をそれぞれ答えよ。

問 3. 下に示す図の空欄①～⑧にあてはまる原子または官能基を答え、β-ガラクトースの環状構造を完成させよ。



問 4. 下線部に関して、下の枠内に記載された二糖および多糖のうち、完全に加水分解するとグルコース以外の単糖が生じるものを全て答えよ。

スクロース	トレハロース	マルトース	セロビオース
ラクトース	アミロース	アミロペクチン	セルロース

(2) 植物の細胞壁成分であるセルロースは、衣類や紙類の原料として幅広く利用されている。木材パルプはセルロースを主成分とするが、繊維としては短いため、様々な処理を施して長い繊維を製造している。セルロースに水酸化ナトリウムと二硫化炭素を反応させると、粘性のある〔ア〕とよばれる溶液が得られる。これを希硫酸中に押し出して繊維にしたものが〔イ〕とよばれる〔ウ〕繊維の一種である。また、セルロースに無水酢酸、酢酸および濃硫酸を作用させると、トリアセチルセルロースが得られる。トリアセチルセルロースにあるエステル結合の一部を穏やかな条件で加水分解し、アセトンなどの溶媒に可溶性高分子にして紡糸した繊維を〔エ〕という。〔エ〕のように、天然繊維の官能基の一部を化学的に変化させてつくった化学繊維を〔オ〕繊維という。

問 5. 上の文章にある空欄〔ア〕～〔オ〕にあてはまる最も適切な語句を下
の枠内から選んで、(A)～(L)の記号で答えよ。

(A) ビニロン	(B) セロハン	(C) キュプラ
(D) ビスコースレーヨン	(E) ビスコース	(F) アセテート
(G) セルロイド	(H) アクリル	(I) 半合成
(J) 合成	(K) 再生	(L) ポリアミド系

問 6. 十分に分子量の大きいセルロース 162 g を原料としてトリアセチルセルロースにした後、穏やかな加水分解処理を施すことで、セルロースのヒドロキシ基が部分的にアセチル化された 259 g の高分子 **P** が得られた。この高分子 **P** は、原料に用いたセルロースにあったヒドロキシ基の何%が置換されているか、有効数字 2 桁で答えよ。