

理 科

科目：化学基礎・化学

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題用紙を開いてはいけません。
2. 問題用紙は表紙を含めて5枚、解答用紙は4枚、下書用紙は1枚です。
試験開始の合図があってから確かめなさい。
3. 解答用紙に受験番号を記入しなさい。ただし、氏名を書いてはいけません。
4. 文字などの印刷に不鮮明なところがあった場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
5. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。ただし、「総得点欄」「採点欄」「得点欄」に記入してはいけません。また、裏面を使用してはいけません。
6. 問題用紙の余白は、下書きとして利用してかまいません。
7. 配付された問題用紙、下書用紙は持ち帰りなさい。
8. 計算問題は、別の指示がない限り有効数字2桁で解答しなさい。
必要があれば以下の値を用いなさい。
原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0

問題用紙

(化学基礎・化学)

問題1 以下の(1)～(4)の問いに答えなさい。

(1) 次の文章の空欄 [a] ～ [j] にもっともふさわしい語を下の語群から選び、解答欄に記入しなさい。

自然界に存在する炭素には ^{12}C , ^{13}C といった相対質量が異なる [a] が混じっている。このため炭素の [b] はおよそ 12.01 となっている。 ^{12}C 12.0 g に含まれる ^{12}C の個数を [c] といい、およそ 6.02×10^{23} という非常に大きい数になる。この数の原子、分子などの粒子の集団を [d] と呼ぶ決まりになっている。原子は [e] と中性子と [f] からできている。このうち [e] と中性子の質量はほぼ等しく、[f] の質量はそれらに比べて非常に小さい。従って原子の質量は [e] と中性子の質量の合計とほぼみなせる。[e] と中性子の数の和を [g] という。[d] あたりの粒子の個数を 6.02×10^{23} にすることにより、その原子の [g] とその原子 1 mol の [h] (単位は g) の数値がほぼ一致する。このように決めると、1 mol の陽子の質量はおよそ [i] , 1 mol の ^{13}C の質量はおよそ [j] となる。

語群：電子，陽子，中性子，原子量，分子量，質量，質量数，同位体，同素体，異性体，気体定数，アボガドロ数，モル濃度，1 mol，12 mol，1 g，10 g，12 g，13 g，1 kg，12 kg，13 kg，22.4 L

(2) ボイル・シャルルの法則から気体の状態方程式を導出しなさい。式だけでなく説明も加えなさい。使用する記号の意味も示すこと。

(3) 鉄鉱石 (Fe_2O_3) をコークス (C) とともに溶鉱炉に入れ熱風を送ると鉄が取り出せるのはなぜか、反応式を書いて説明しなさい。

(4) 有害な鉛 (II) イオン (Pb^{2+}) を含む水がある。高校で習った化学の知識を活用してこの水から Pb^{2+} を除去して飲める水にしようと考えた。炭酸ナトリウムが食品に用いられていることを知り、これをこの水に $[\text{CO}_3^{2-}] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の濃度となるように添加することにした。これでこの水が飲める水になるか Pb^{2+} 濃度を求めて判定しなさい。この水に含まれている有害な金属イオンは Pb^{2+} のみとし、ここでは Pb^{2+} 濃度が $1.0 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ 以下の水を飲める水とする。

(溶解度積 K_{sp} : $[\text{Pb}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = 1.1 \times 10^{-13} (\text{mol/L})^2$)

問題用紙

(化学基礎・化学)

問題2 次の文章を読み、以下の(1)～(7)の問いに答えなさい。

脱炭素社会の実現を目指して、アンモニアを燃料として直接燃焼させるアンモニア発電が注目されている。(i)アンモニアの燃焼では窒素と水が生成され、化石燃料で問題とされる二酸化炭素は排出されないためである。燃料であるアンモニアは空気中の窒素と水素を直接反応させる(ア)法により合成される。(ii)窒素と水素から気体のアンモニアを合成する反応は可逆反応であり、発熱反応である。下線部(ii)の反応式から、平衡状態においてアンモニアの生成率を高くするためには、圧力は(イ)、温度は(ウ)することが望ましく、さらに生成したアンモニアは冷却または圧縮により(エ)させて反応系から分離することでさらに生成率が高くなる。現在工業的には、(iii)500℃で鉄を主とする触媒を添加し、 $3 \times 10^7 \sim 5 \times 10^7$ Pa程度の条件で合成されている。

近年アンモニアは燃料電池の(オ)としても注目されている。これはアンモニアが液化しやすいため運搬や輸送が容易でコストも大幅に削減できるからである。

- (1) アンモニア分子を電子式で示しなさい。
- (2) (ア)～(オ)に当てはまる適切な語を次の語群から選択し、記入しなさい。同じ語を複数回使用しても構わない。

語群： ボルン・ハーバー、アンモニアソーダ、ハーバー・ボッシュ、オストワルト、
高く、低く、凝固、吸着、凝縮、昇華、水素源、酸素源、肥料原料

- (3) 下線部(i)の化学反応式を書きなさい。
- (4) 下線部(ii)の化学反応式を書きなさい。
- (5) 500℃のとき、平衡時の濃度はそれぞれ、窒素が 1.5 mol/L、水素が 1.0 mol/L、アンモニアが 0.30 mol/Lであった。下線部(ii)の反応の平衡定数を求めなさい。答えだけでなく、平衡定数を求めるための式および計算過程も示すこと。
- (6) 右図は、圧力一定としたときのアンモニアの生成率に及ぼす温度等の影響を示している。3本の曲線(a)～(c)はそれぞれ、①300℃、②700℃、③下線部(iii)の条件、のいずれかである。曲線(a)、(b)はどれに対応するか、①～③の番号で示しなさい。
- (7) 下線部(iii)において、鉄触媒はどのように反応に影響を与えているのか。化学平衡と反応速度の両方の観点から答えなさい。

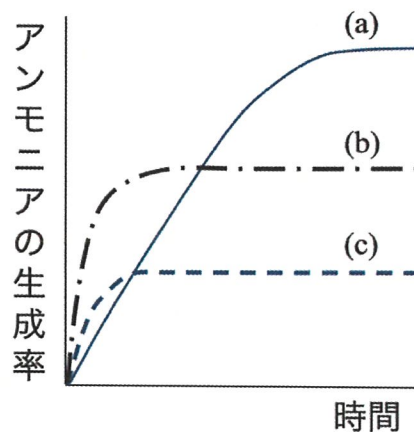


図 反応時間とアンモニアの生成率との関係

問題用紙

(化学基礎・化学)

問題3 以下の(1)～(8)の問いに答えなさい。

- (1) 次の文の(ア)，(イ)に当てはまる適切な語をそれぞれ下の語群(ア)，語群(イ)から選択し解答欄に記入しなさい。

「化学電池とは 反応を利用して， エネルギーを電気エネルギーに変換する仕組みである。」

語群(ア)：中和，吸熱，酸化還元，水和，加水分解

語群(イ)：物理，化学，生物，熱，光

- (2) 金属のイオン化列を，Liを左，Auを右として書き，その中から2種類の金属を選んで化学電池を作った。負極となるのはイオン化列の中で右側，左側どちらの金属になるか答えなさい。解答欄の「右側」または「左側」を○で囲み，理由も説明しなさい。
- (3) 「鉛電極」，「酸化鉛(IV)電極」，「希硫酸」を用いて鉛蓄電池を作ったときの電池式を書きなさい。
- (4) 鉛蓄電池の両極を導線でつなぐと，鉛電極，酸化鉛(IV)電極の表面ではそれぞれどのような反応が起こるか。反応式を書き，それぞれの反応にともなうPbの酸化数の変化を書きなさい。
- (5) 鉛蓄電池全体の反応式を書きなさい。
- (6) 解答欄の単位格子(立方体)の図を利用して体心立方構造を模式的に描きなさい。原子は○(まる)で表すこと。
- (7) 体心立方構造の単位格子中に入っている原子の数を答えなさい。
- (8) 体心立方構造の充填率(原子が結晶中で空間に占める体積の割合)を計算するために必要な原子半径 r と単位格子の一辺の長さ ℓ との関係について， $r = \text{ } \ell$ の式の形で示しなさい。(ウ)の数値は無理数のままで良い。

問題用紙

(化学基礎・化学)

問題4 米に関する次の文章を読み、以下の(1)～(6)の問いに答えなさい。

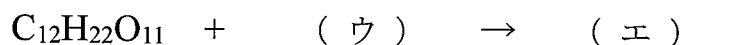
新潟県は日本有数の米の産地であり、食用米や酒米が栽培されている。精米した米に含まれる成分の80%程度はデンプンであり、その他にはタンパク質や脂質などが含まれている。デンプンは主に2種類の多糖であるアミロースと(ア)で構成されている。アミロースはグルコースが(A)グリコシド結合で結びついた直鎖状の高分子であり、熱水に溶解する。(ア)も同様にグルコースのみで構成される多糖であるが、(B)グリコシド結合を介した多数の枝分かれ構造をもつ。なお、もち米のデンプンは、ほぼ(ア)で構成されている。

炊いた米を口に含みよく噛むと甘味を感じる。これは米に含まれるデンプンが唾液中の酵素により加水分解されたことに由来する。酵素は生体内の化学反応の触媒として働いている。例えばアミラーゼの働きによりデンプンは二糖である(イ)に分解され、さらに、(イ)はマルターゼによりグルコースに分解される。

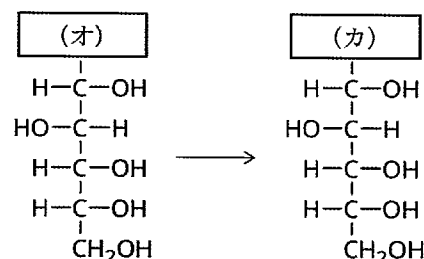
- (1) 文章内の(ア)と(イ)に当てはまる糖類の名称を答えなさい。
- (2) 文章内の(A)と(B)に当てはまる語句を次の【 】から一つずつ選び、①～⑥の番号で答えなさい。

【 ① α -1,2-, ② β -1,2-, ③ α -1,4-, ④ β -1,4-, ⑤ α -1,6-, ⑥ β -1,6- 】

- (3) 次の反応式は文章内の下線部の分解反応を示している。反応式中の(ウ)と(エ)に当てはまる分子式を答えなさい。必要に応じて係数も示すこと。



- (4) グルコースにフェーリング液を作用させると赤色の沈殿が生じた。この反応によりグルコースの構造はどのように変化したと考えられるか、右の反応式の(オ)と(カ)に当てはまる官能基の名称を答えなさい。



- (5) 玄米 100 g に含まれる窒素をすべてアンモニアに変換したところ、1.36 g のアンモニアが得られた。アンモニアの窒素はタンパク質から生じたものとして、この玄米のタンパク質含有率は何%か計算しなさい。タンパク質の窒素含有率は16%とする。途中の計算式も示すこと。
- (6) アルコール発酵により、質量パーセント濃度 12% のエタノール水溶液を 230 g 作るには何 g のデンプンが必要か計算しなさい。デンプンは完全な加水分解によりすべてグルコースに変換され、得られたグルコースのうち 90% がエタノールの生成に用いられたとする。途中の計算式も示すこと。