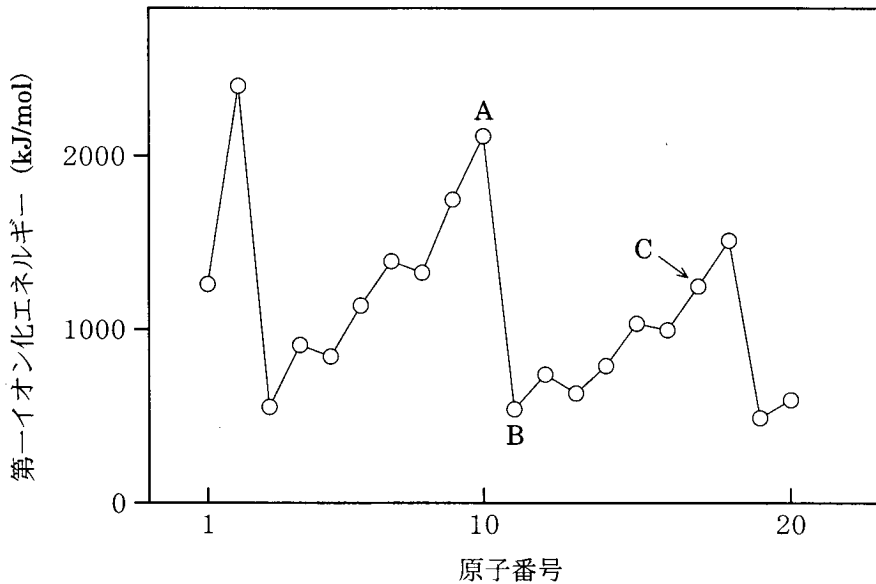


〔 1 〕 次の問 1 および問 2 に答えよ。(20 点)

問 1. 右図は原子番号が 1 から 20 までの元素の第一イオン化エネルギーを示したものである。文中の〔 (ア) 〕～〔 (ス) 〕に適した元素名、語句、記号または数字を入れよ。ただし、〔 (ウ) 〕,〔 (サ) 〕には元素名を、原子番号が 1 から 20 の元素の中から選んで入れよ。

安定でイオン化しにくい元素 A の元素記号は〔 (ア) 〕である。元素 A と似た性質を示す一群の元素は、一般に〔 (イ) 〕と呼ばれ、ヘリウムと元素〔 (ウ) 〕がこの一群に含まれる。元素 B を含む元素群は一般に〔 (エ) 〕と呼ばれ、水と激しく反応して気体の〔 (オ) 〕を発生する。この結果、元素 B はイオン式〔 (カ) 〕で表されるイオンになる。元素 C は、最外殻に〔 (キ) 〕個の電子を持つ。元素 C を含む元素群は、一般に〔 (ク) 〕と呼ばれ、〔 (ケ) 〕の値が大きく、陰イオンになりやすい。また、〔 (ク) 〕の単体は固体、液体あるいは気体の状態で存在し、元素 C の常温での状態は〔 (コ) 〕である。元素〔 (サ) 〕を含み炎色反応を示す元素群は一般に〔 (シ) 〕と呼ばれ、〔 (エ) 〕に次いで高い反応性を示す。元素〔 (サ) 〕は銀白色の軽金属であり、水溶液中でイオン式〔 (ス) 〕で表されるイオンとして存在する。



問 2. 次の問に答えよ。

- (1) 1気圧下、温度3 Kにおける理想気体の体積は、標準状態における体積の何分の1か、有効数字2桁で求めよ。
- (2) 質量10.0 gのヘリウムが標準状態において占める体積は何lか、有効数字2桁で求めよ。
- (3) ヘリウムは標準状態で気体であるが極低温で圧力を加えると液化する。ヘリウムが液体状態であるときに働く分子間力を何と呼ぶか。
- (4) 液体ヘリウムの体積は、標準状態における気体の体積の何分の1か、有効数字2桁で求めよ。ただし、液体ヘリウムの密度は 0.125 g/cm^3 である。
- (5) 液体ヘリウム中で、一つのヘリウム原子が占める体積を考える。この体積を持つ立方体の一辺の長さをメートル単位、有効数字1桁で求めよ。

〔2〕 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。(20点)

鉄、亜鉛、銅の3種類の金属板A、B、Cを用いて以下の実験を行った。

実験(1)：希硫酸溶液に各金属板を1枚ずつ浸したところ、金属板AおよびCで
気体が発生したが、金属板Bでは発生しなかった。

実験(2)：金属板AおよびCを図1のように希硫酸溶液に浸し、導線でつないだ
ところ、金属板Aの表面で気体が発生した。

実験(3)：金属板BとCを図2のように希硫酸に浸し、導線でつないだところ金
属板Bの表面で気体が発生した。次に、素焼き板で区切られた溶液の
金属板Bが入っている部分に少量の過マンガン酸カリウムを加えたと
ころ、金属板Bの表面で気体の発生が著しく低下した。

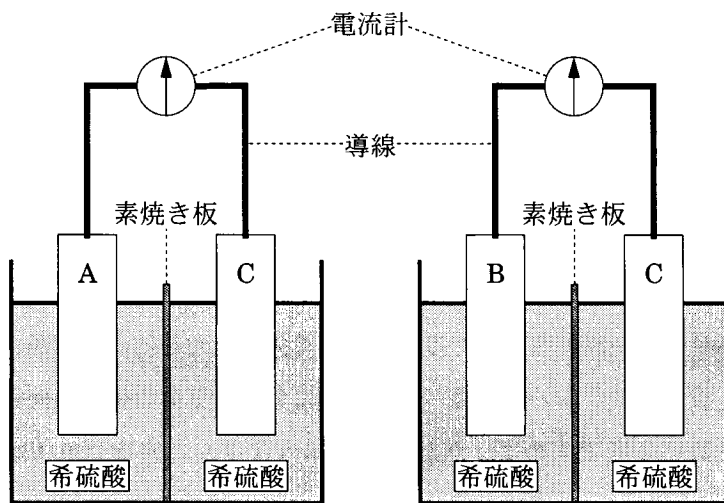


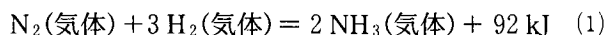
図1

図2

- 問 1. 金属板 A, B, C および発生する気体は何か。
- 問 2. 実験(1)で金属板 B の表面で気体が発生しなかった理由を 25 字以内で答えよ。
- 問 3. 実験(2)の場合, 金属板 A および C の表面でおこる変化を反応式で示せ。
また, 導線内を流れる電流の方向を矢印で示せ。
- 問 4. 次の文中の〔ア〕～〔オ〕に最も適した語句, 数字またはイオン式を入れよ。
実験(3)で金属板 B の表面で気体の発生が低下したのは, 金属板 B が〔ア〕極として作用し, 過マンガン酸イオンが〔イ〕され, イオン〔ウ〕になるためである。このときの〔ア〕極での反応式は次のように表わされる。
- $$\text{MnO}_4^- + \text{〔エ〕} + \text{〔オ〕}e^- \rightarrow \text{〔ウ〕} + 4\text{H}_2\text{O}$$
- 問 5. 実験(3)で, 過マンガン酸カリウムは 0.010 mol が反応した。過マンガン酸イオンの反応量に相当して溶出した金属 C の質量を g 単位, 有効数字 2 桁で求めよ。

〔3〕 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。(22点)

窒素と水素からアンモニアを合成する反応の熱化学方程式は式(1)で表される。



問 1. $\text{N}\equiv\text{N}$ の結合エネルギーを求めよ。ただし、 $\text{H}-\text{H}$ 、 $\text{N}-\text{H}$ の結合エネルギーをそれぞれ 432 kJ/mol 、 386 kJ/mol とする。

問 2. 窒素 $4a\text{ [mol]}$ と水素 $7a\text{ [mol]}$ を体積 $V\text{ [l]}$ の密閉容器に入れ、ある一定温度で反応させたところ、平衡状態でアンモニアが $4a\text{ [mol]}$ 生成した。式(1)の反応の平衡定数を a と V を用いて示せ。

問 3. 問 2 と同じ平衡状態において、平衡混合気体中のアンモニアの分圧は全圧力の何%を占めるか、有効数字 2 桁で求めよ。

問 4. 式(1)の反応が平衡状態にあるとき、次の(1)～(5)の変化を与えた場合、平衡はどのように移動するか。それぞれについて

- a. アンモニア生成の方向へ移動する
- b. アンモニア分解の方向へ移動する
- c. どちらへも移動しない

の中から適切なものを選び記号で答えよ。

- (1) 温度一定で、圧力を上げる
- (2) 温度・圧力一定で、アンモニアを加える
- (3) 温度・圧力一定で、鉄触媒を加える
- (4) 温度・圧力一定で、ヘリウムを加える
- (5) 温度・体積一定で、ヘリウムを加える

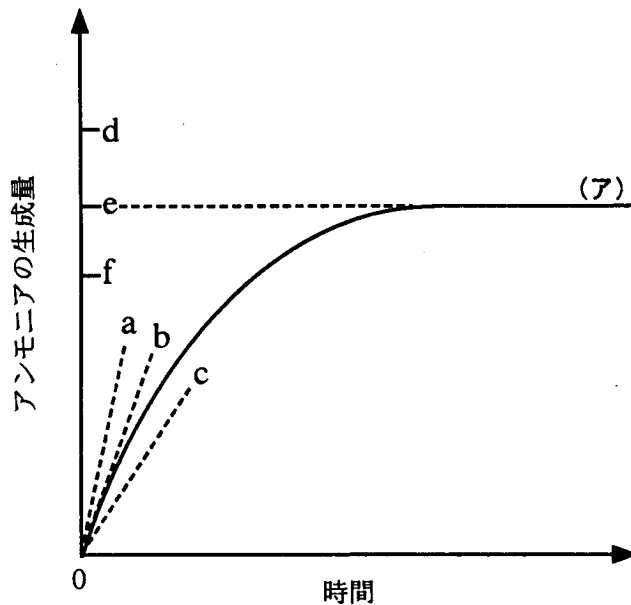
問 5. 下図の曲線(ア)は温度 T におけるアンモニアの生成量の時間変化を表す。

ここで、直線 b の傾きは反応開始直後における反応の速さ(単位時間あたりの生成量)を、値 e は平衡状態に達したときのアンモニアの生成量を示す。

この反応を、次の(1)と(2)の条件で行った場合、反応開始直後の反応の速さおよび平衡状態におけるアンモニアの生成量はどのように変化するか。それぞれの条件について、反応開始直後の反応の速さを a , b , c の中から、平衡状態におけるアンモニアの生成量を d , e , f の中から選び、最も適した組み合わせを記せ。

(1) 温度 T で鉄触媒を加え反応させたとき

(2) 温度 T より低い温度で反応させたとき



〔4〕 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。(24点)

ビニル化合物($\text{CH}_2 = \text{CHX}$, Xは原子団を表す)は高分子合成における単量体として用いられ、〔ア〕重合と呼ばれる反応により、高分子とすることができる。X = CH_3 のビニル化合物から得られる高分子は〔イ〕と呼ばれ、フィルムなどに用いられる。X = C_6H_5 (フェニル基)の場合、得られる高分子の名称は〔ウ〕である。また、X = OCOCH_3 の場合、得られる高分子は〔エ〕と呼ばれ、接着剤の材料などに用いられる。高分子〔エ〕を水酸化ナトリウム水溶液で加水分解すると水溶性高分子〔オ〕が得られる。高分子〔オ〕に対応する単量体は〔カ〕であるが、高分子〔オ〕を〔カ〕から直接合成することはできない。これは〔カ〕が不安定で、より安定な異性体〔キ〕として存在するためである。〔キ〕は刺激臭のある化合物であり、アンモニア性硝酸銀溶液に加えて温めると〔ク〕が析出する。この反応にともない、〔キ〕は〔ケ〕に変化する。

高分子〔オ〕の水溶液に〔コ〕と少量の塩酸を加えてアセタール化すると合成繊維である〔サ〕が得られる。一方、高分子〔オ〕の水溶液に四ホウ酸ナトリウムの飽和水溶液を加えてよくかき混ぜると、溶液は流動性を失う。このような物質状態を〔シ〕と呼ぶ。

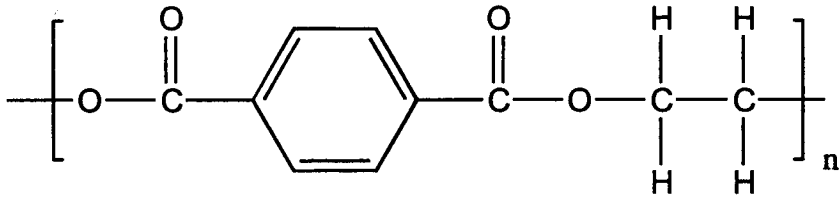
補足説明

一行目の「=」は二重結合を示す。

三、四、五行目の「=」は等号を示す。

問 1. 文中の〔ア〕～〔シ〕に最も適した語句を入れよ。

問 2. 高分子(エ)および(オ)の構造式を下の例にならって記せ。



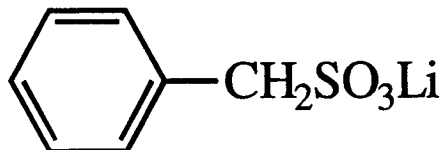
問 3. 化合物(カ)および(キ)の構造式を記せ。

問 4. 高分子(オ)の平均分子量は 11000 であった。この高分子の平均重合度はいくらか。

[5] 次の文章を読み、問 1 ～問 6 に答えよ。(18 点)

トルエンに濃硫酸と濃硝酸の混合物をかき混ぜながら加え、おだやかに加熱す
⁽ⁱ⁾ると分子式 $C_7H_7NO_2$ の化合物 A が生成する。化合物 A は、主にパラ異性体と
オルト異性体の混合物であるが、メタ異性体も少量含まれている。この混合物か
らパラ異性体を分離し、⁽ⁱⁱ⁾得られたパラ異性体を過マンガン酸カリウム溶液に加
⁽ⁱⁱⁱ⁾え、かくはんしながら煮沸して反応を完結させる。この溶液を酸性にすると分子
式 $C_7H_5NO_4$ の化合物 B が析出する。次に、化合物 B をスズと濃塩酸で還元す
^(iv)ると化合物 C が生成する。

構造式は下の例にならって記せ。ただし、ベンゼン環の水素は省略し、アルキ
ル基は CH_3 、官能基は SO_3H のように略記せよ。



問 1. 下線部(i)の置換反応は何と呼ばれるか。

問 2. 下線部(ii)のメタ異性体の構造式を記せ。

問 3. 下線部(iii)に関する以下の文中の〔ア〕～〔エ〕に最も適した語句を入れよ。

この反応は、過マンガン酸イオンの強い〔ア〕作用を利用し、トルエンのようなアルキルベンゼンを芳香族〔イ〕にする一般的な方法である。この方法を適用すれば、〔ウ〕からフタル酸が生成し、また〔エ〕からテレフタル酸が生成する。

問 4. 化合物Bの構造式を記せ。

問 5. 下線部(iv)に関する以下の文中の〔オ〕～〔ケ〕に最も適した語句を入れよ。

この反応過程では、化合物Bについている〔オ〕基は変化せず、〔カ〕基だけが還元されて〔キ〕性の〔ク〕基になる。したがって、化合物Cは塩酸、水酸化ナトリウムのどちらとも反応して塩をつくる〔ケ〕物質としての挙動を示す。

問 6. 化合物Cのナトリウム塩の構造式を記せ。

[6] 次の文章を読み、問 1～問 3 に答えよ。(21 点)

生物の体内では、さまざまな反応がおだやかな条件下でおこっている。これは、酵素と呼ばれる種々の触媒が存在しているためであり、その触媒作用は特定の化合物だけに働く。これを酵素の基質特異性という。酵素は反応の〔ア〕を低下させ、その結果、反応が促進する。しかし、酵素は、おもに〔イ〕からなる物質であるため、これを加熱したり、酵素を含む溶液の pH を大きく変化させると変性し、その触媒作用を失う。

酵素〔ウ〕はデンプンを加水分解し、二糖類〔エ〕を生成する。同様に、セルラーゼは多糖類〔オ〕を加水分解し、二糖類〔カ〕を生成する。二糖類〔エ〕、〔カ〕、〔キ〕の分子式はいずれも $C_{12}H_{22}O_{11}$ で示されることから、これらは互いに〔ク〕と呼ばれる。このうち、〔キ〕は還元性を示さないが、インペルターゼにより還元性を示す単糖類〔ケ〕と〔コ〕に加水分解される。また、二糖類〔エ〕は酵素〔サ〕により単糖類〔ケ〕に加水分解される。酵素〔シ〕は油脂を高級脂肪酸と〔ス〕に加水分解する。

問 1. 文中の〔ア〕～〔ス〕に最も適した語句を入れよ。

問 2. 下線部(i)において、単糖類(ケ)と(コ)は水溶液中で鎖状構造をとる。単糖類(ケ)と(コ)の不斉炭素原子数はそれぞれいくつか。

問 3. 下線部(ii)において、加水分解の結果、2種類の高級脂肪酸が得られる油脂の種類は、光学異性体を区別しないとき最大いくつか。また、それらの油脂の中で、光学異性体の存在する油脂は何種類か。ただし、高級脂肪酸中には不斉炭素原子は存在しないものとする。