

学 力 検 査 問 題

理 科

平成 30 年 2 月 25 日

(理科 1 科目受験者)	(理科 2 科目受験者)
自 12 時 30 分	自 12 時 30 分
至 13 時 30 分	至 14 時 30 分

答案作成上の注意

- 1 この問題冊子には，物理基礎・物理(3～14 ページ)，化学基礎・化学(15～28 ページ)，生物基礎・生物(29～48 ページ)，地学基礎・地学(49～56 ページ)の各問題があります。総ページは 56 ページです。
- 2 解答用紙は，生物基礎・生物，地学基礎・地学は 2 枚(表裏の計 3 ページ)です。物理基礎・物理，化学基礎・化学は，それぞれ 1 枚(表裏の 2 ページ)です。
- 3 下書き用紙は，各受験者に 1 枚あります。
- 4 受験番号は，解答用紙の所定の場所に，必ず記入しなさい。
- 5 解答は，解答用紙に記入しなさい。
出願の際に届け出た科目以外の科目について解答しても無効となります。
- 6 配付した解答用紙は，持ち出してはいけません。
- 7 試験終了後，問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ってください。

このページは白紙です。

化学基礎・化学（4 問）

注 意 事 項

- 1 計算に必要な場合には、次の原子量、定数および数値を用いよ。

H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Na : 23.0

S : 32.0 Cl : 35.5 Ca : 40.0 Fe : 56.0

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

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

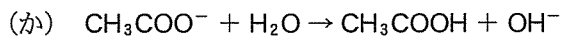
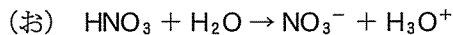
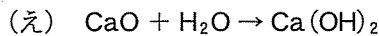
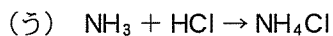
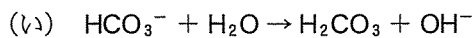
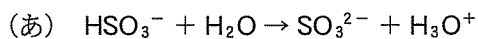
- 2 計算問題を解答する場合には有効数字に注意し、必要ならば四捨五入すること。
- 3 字数制限のある設問については、句読点も含めた字数で答えること。

〔Ⅰ〕 酸に関する次の文章を読み、問 1 ～問 5 の答えを解答欄に記入せよ。

アレニウスの定義によれば、酸とは、水に溶けて水素イオンを生じる物質である。生成した水素イオンは、水溶液中では水分子から ア を受け取り、配位結合を形成してオキソニウムイオンとなる。酸の定義としては、ブレンステッド・ローリーの定義やルイスの定義も知られている。工業的に利用される酸の一つである硫酸は、接触法と呼ばれる方法で合成される。現在は、主に石油の精製工程の イ により副産物として回収される硫黄が原料に用いられるが、かつては黄鉄鉱(FeS_2)が用いられていた。原料に黄鉄鉱を用いる場合、まず、黄鉄鉱を燃焼させて SO_2 を得る。次に、ウ を触媒に用いて、 SO_2 をさらに酸化し エ にする。エ を水に溶かすと硫酸が得られる。

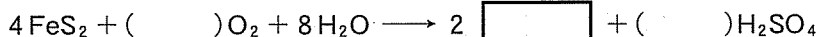
問 1 ア ～ エ にあてはまる最も適切な語句または化学式をそれぞれ記せ。

問 2 次の(あ)～(か)の反応のうち、下線をつけた物質が、ブレンステッド・ローリーの定義による酸としてはたらいっているものをすべて選び、記号で答えよ。



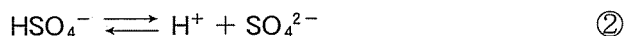
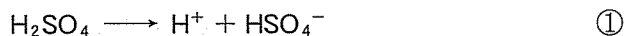
問 3 硫酸の合成に関する以下の(i)~(iii)の問いに答えよ。

- (i) 下線部(a)の三段階の反応を一つにまとめた以下の化学反応式について、
()に適当な係数を、に適当な化学式をそれぞれ入れて完成せよ。



- (ii) (i)の反応により、5.4 kg の FeS_2 を用いて硫酸を合成するときに必要な酸素の物質量[mol]はいくらか。有効数字2桁で求めよ。
- (iii) (ii)の反応で得られる質量パーセント濃度98%の濃硫酸の質量[kg]はいくらか。有効数字2桁で求めよ。

問 4 硫酸は2価の酸であり、水溶液中では次の式①および②のように二段階で電離している。



以下の(i)~(iii)の問いに答えよ。なお、温度にかかわらず、式①の電離度は1.0とする。

- (i) 硫酸水溶液中の全水素イオンのモル濃度 $[\text{H}^+]$ を、 HSO_4^- のモル濃度 $[\text{HSO}_4^-]$ と SO_4^{2-} のモル濃度 $[\text{SO}_4^{2-}]$ を用いて表せ。
- (ii) 25℃におけるモル濃度 $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の硫酸水溶液の第二段階の電離度を有効数字2桁で求めよ。なお、25℃における式②の電離定数は $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ とする。
- (iii) 25℃において $\text{pH} = 2.0$ となる硫酸水溶液のモル濃度[mol/L]を有効数字2桁で求めよ。なお、25℃における式②の電離定数は $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ とする。

問 5 酸 A～C は、過塩素酸、塩酸、フッ化水素酸、ヨウ化水素酸、リン酸、硫酸、硝酸のいずれかである。A～C を用いて、次の操作(1)～(4)を行った。以下の(i)～(iii)の問いに答えよ。

- (1) A～C を含むそれぞれの水溶液に硝酸銀水溶液を加えたところ、A と C の水溶液で白色沈殿が生じた。
 - (2) A～C を含むそれぞれの水溶液に塩化バリウム水溶液を加えたところ、A の水溶液のみで白色沈殿が生じた。
 - (3) A を含む水溶液に二クロム酸カリウム水溶液と還元剤を加えたところ、暗緑色になった。
 - (4) A と B の濃厚混合水溶液を木綿に作用させると火薬の原料が得られた。
-
- (i) A～C は何か。名称をそれぞれ記せ。
 - (ii) 操作(3)で生じた暗緑色を示すイオンを、イオン式で記せ。
 - (iii) 操作(4)で得られる物質の名称を記せ。

このページは白紙です。

〔Ⅱ〕 次の問 1 と問 2 の答えを解答欄に記入せよ。

問 1 次の文章を読み、以下の(i)~(iii)の問いに答えよ。

純溶媒の蒸気圧を p_0 [Pa]，不揮発性の溶質が溶解した希薄溶液の蒸気圧を p [Pa] とすると、以下の関係がある。

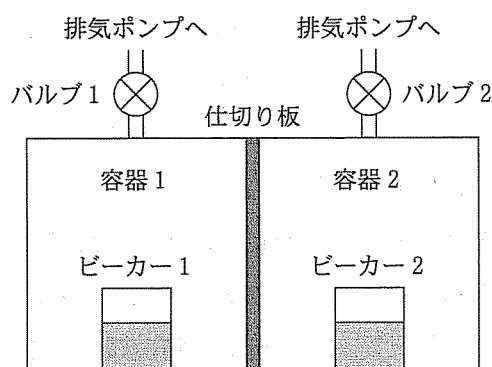
$$p = \frac{N}{N+n} \cdot p_0$$

N [mol] は溶媒の物質量， n [mol] は溶質の物質量である。

図の実験装置を用いて、以下の操作(1)~(3)を行った。

- (1) 仕切り板で区切られた、密閉された容器 1，容器 2 に、希薄なグルコース水溶液の入ったビーカー 1，ビーカー 2 を、それぞれ入れた。
- (2) 操作(1)のあと、バルブ 1，バルブ 2 を開けて各容器の気体を排気してから両方のバルブを閉じ、一定温度で十分長い時間放置した。このときの、ビーカー 1，ビーカー 2 内のグルコース水溶液の質量パーセント濃度をそれぞれ c_1 [%]， c_2 [%] とすると、 $c_1 < c_2$ であった。また、各ビーカー内の水溶液の質量はそれぞれ 100 g であった。
- (3) 操作(2)のあと、仕切り板を取り去り、十分長い時間放置した。

なお、純水の蒸気圧を p_0 [Pa] とし、グルコースのモル質量を M [g/mol]，水のモル質量を m [g/mol] とする。また、容器中の水蒸気の物質量は、ビーカー中の水の物質量に比べて、無視できるほど小さいものとする。



図

- (i) 操作(2)を行ったあと、容器 1 と容器 2 では、どちらの蒸気圧が高いか、あるいは等しいか、次の(あ)～(う)の中から正しいものを一つ選び、記号で答えよ。
- (あ) 容器 1 の方が高い
 - (い) 容器 2 の方が高い
 - (う) 容器 1 と容器 2 の蒸気圧は等しい
- (ii) 操作(2)を行ったあとの容器 1 の蒸気圧を p_1 [Pa] とするとき、 p_0 と p_1 の差 $\Delta p_1 = p_0 - p_1$ [Pa] を表す式を、 c_1 、 M 、 m 、 p_0 を用いて答えよ。
- (iii) 操作(3)により、一方のビーカーから他方のビーカーへ、 x [g] の水が移動した。水はどちらからどちらへ移動したか、次の(あ)と(い)のうち正しいものを一つ選び、記号で答えよ。また、この x [g] を表す式を、 c_1 、 c_2 を用いて答えよ。
- (あ) ビーカー 1 からビーカー 2 へ移動した
 - (い) ビーカー 2 からビーカー 1 へ移動した

問 2 次の文章を読み、以下の(i)~(iii)の問いに答えよ。

氷 27.0 g と水 63.0 g の混合物が容器に入っており、温度 0.00 °C、圧力 1.013×10^5 Pa において平衡状態になっている。この容器の内容物に対して以下に記す操作(1)~(3)を行った。

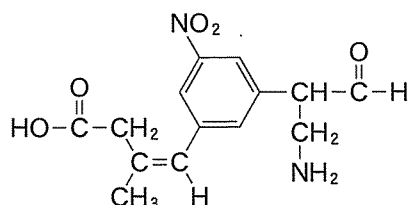
なお、氷の融解熱は 6.0 kJ/mol、氷の比熱は 2.1 J/(g・K)、水の比熱は 4.2 J/(g・K)であり、これらの値は温度、圧力によらず一定とする。また、容器の比熱は無視し、答えの数値は有効数字 2 桁で求めよ。

- (1) 圧力を 1.013×10^5 Pa に保ちながら容器を加熱し、内容物に 3.0 kJ の熱量を加えた。
 - (2) 操作(1)に続けて、圧力一定条件下で容器を加熱し、内容物に 9.8 kJ の熱量を加えた。
 - (3) 操作(2)に続けて、圧力一定条件下で容器を冷却し、内容物全体が -10.0 °C の氷になったとき冷却を停止した。
-
- (i) 操作(1)を行ったあとの、氷の質量[g]、水の質量[g]、および内容物の温度[°C]を求めよ。
 - (ii) 操作(2)を行ったあとの、氷の質量[g]、水の質量[g]、および内容物の温度[°C]を求めよ。
 - (iii) 操作(3)で内容物が放出した熱量[kJ]を求めよ。

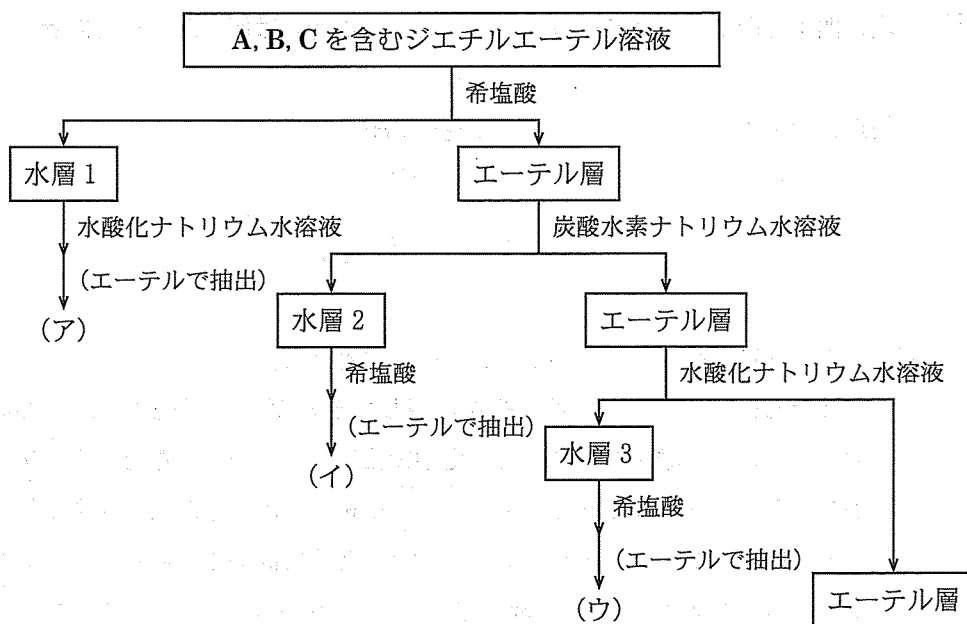
このページは白紙です。

- 〔Ⅲ〕 化合物 A～E はいずれもベンゼン環を一つもつ。これらの化合物に関する(1)～(5)の文章を読み、問 1～問 6 の答えを解答欄に記入せよ。ただし、構造式は例にならって記せ。光学異性体(鏡像異性体)が存在する場合、それらを区別する必要はない。

構造式の例：



- (1) 化合物 A は炭素、水素、酸素からなる。6.75 mg の化合物 A を、乾燥した酸素を通気させながら完全燃焼させた。そのとき発生した燃焼ガスを、塩化カルシウム^(a)を充填した管とソーダ石灰を充填した管の順に通過させたところ、塩化カルシウム管の質量が 4.50 mg、ソーダ石灰管の質量が 19.20 mg 増加した。また、別の方法で化合物 A の分子量を測定すると 108 であった。
- (2) 化合物 A を過マンガン酸カリウムで酸化すると、化合物 B が得られた。
- (3) 化合物 B は、FeCl₃ 水溶液を加えると呈色した。化合物 B にメタノールと濃硫酸を作用させると、特有の芳香をもち筋肉痛を和らげる塗り薬として使われる化合物 D が得られた。また、化合物 B に無水酢酸と濃硫酸を作用させると、解熱鎮痛剤として使われる化合物 E が得られた。
- (4) 化合物 C は分子式 C₈H₁₁N の一置換ベンゼンであった。さらに別の実験から、不斉炭素原子をもつことがわかった。
- (5) 化合物 A、B、C をジエチルエーテルに溶かした混合溶液がある。分液漏斗を用いて、図に示す順序に従って混合溶液に希塩酸、炭酸水素ナトリウム水溶液、および水酸化ナトリウム水溶液をそれぞれ加えてよく混ぜ、静置したのち、エーテル層と水層を分離^(b)し、化合物 A、B、C を分け取った。



図

問 1 下線部(a)において、燃焼ガスを、最初に塩化カルシウム管、次にソーダ石灰管の順に通過させなくてはならない。この理由を 25 字以内で説明せよ。

問 2 化合物 A の分子式を記せ。

問 3 化合物 A～E の構造式を記せ。

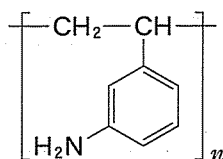
問 4 文章(5)において、ジエチルエーテルの代わりにエタノールを用いると、下線部(b)のような二層の分離は起きない。その理由を 20 字以内で説明せよ。

問 5 図中の(ア)～(ウ)は、それぞれ化合物 A～C のどれか、記号で答えよ。

問 6 図中の水層 1～3 中で、化合物 A, B, C が溶解している状態の構造式を、それぞれ記せ。

〔IV〕 次の問 1 と問 2 の答えを解答欄に記入せよ。構造式は例にならって記せ。

構造式の例：



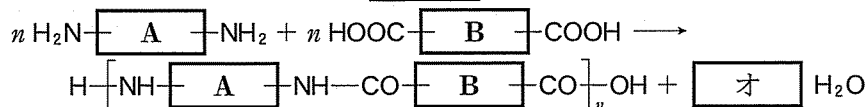
問 1 次の文章を読み、以下の(i)~(iv)の問いに答えよ。

私たちは、古くから天然繊維を使用してきたが、19 世紀以降、需要の増大により化学繊維が開発された。化学繊維には、レーヨンなどの ア 繊維、アセテート繊維などの イ 繊維、炭素繊維などの無機繊維、そして合成繊維がある。ナイロンは、世界で初めて商品化された、絹に似た風合いをもつ強度の高い合成繊維である。ナイロンには、ウ の エ ^(a) 重合により合成されるナイロン 6 やヘキサメチレンジアミンとアジピン酸との縮合重合 ^(b) により合成されるナイロン 66 などがある。

(i) 文章中の ア ~ エ にあてはまる最も適切な語句をそれぞれ記せ。

(ii) 下線部(a)について、ナイロンの強度が高い理由を、30 字以内で説明せよ。

(iii) 下線部(b)の重合は、以下の反応式で表される。 A , B には部分構造または化学式を、オ には数式を記せ。



(iv) ナイロン 66 一分子あたり、999 個のアミド結合があるとする、このナイロン 66 の分子量はいくらか。また、このナイロン 66 を 2.00 kg 得るために必要なアジピン酸の物質質量[mol]はいくらか。それぞれ有効数字 3 桁で求めよ。

問 2 次の文章を読み、以下の(i)~(iii)の問いに答えよ。

糖類は加水分解されるものとされないものに分けられる。グルコースのようにそれ以上加水分解されない糖類を一般に単糖という。天然の単糖には炭素原子が5個のものと6個のものが存在する。核酸は、炭素原子が5個の糖に塩基と ア が結合したヌクレオチド単位で構成されている。核酸には、DNA と RNA の二種類があり、そのうち DNA はアデニン(A)、グアニン(G)、シトシン(C)、チミン(T)の四種類の塩基^(a)からなり、2本の鎖が重なり合った二重らせん構造をとっている。水溶液中でグルコースは、 α -グルコース、 β -グルコース、イ 基をもつ鎖状構造の三種類の異性体が平衡状態で存在している。グルコースおよびフルクトースにそれぞれ^(b)フェーリング液を加えて加熱すると、還元反応が起き、いずれも赤色沈殿が生じる。しかし、スクロースにフェーリング液を加えて加熱しても、還元反応は起きない。

(i) 文章中の ア と イ にあてはまる最も適切な語句をそれぞれ記せ。

(ii) 下線部(a)に関して、以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 2本鎖 DNA を熱すると、1本鎖にほどける。以下の(あ)~(う)のうち、どの DNA 鎖が最もほどけやすいか、記号で答えよ。また、その理由を 30 字以内で説明せよ。

(あ)

```
A A T G T T A A T A
T T A C A A T T A T
```

(い)

```
C T C A T A G C T G
G A G T A T C G A C
```

(う)

```
C G C C C G T C G G
G C G G G C A G C C
```

(2) 1.0×10^3 個の塩基対からなる 2 本鎖 DNA 5.0×10^{-6} mol を加水分解したところ、グアニンとデオキシリボースが結合したヌクレオシドであるデオキシグアノシン(分子量 267)が 800 mg 得られた。このとき得られるデオキシアデノシン(アデニンとデオキシリボースが結合したヌクレオシド)の物質量[mol]を有効数字 2 桁で求めよ。

(iii) 下線部(b)のように、スクロースが還元反応を起こさない理由を 30 字以内で説明せよ。

このページは白紙です。