

令和2（2020）年度
広島大学一般入試 後期日程

理学部 化学科

（理科）

令和2年3月12日

自 9時00分

至 11時30分

答案作成上の注意

1. 試験開始の合図があるまでは、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子の総ページは、19ページです。
3. 解答用紙は4枚、下書き用紙は1枚です。解答は、すべて対応する番号の解答用紙の所定の解答欄（表面）に記入しなさい。
4. 受験番号は、すべての解答用紙と下書き用紙の所定の場所に、必ず記入しなさい。
5. 配付した解答用紙は、持ち出してはいけません。
6. 試験終了後、問題冊子および下書き用紙は持ち帰りなさい。
7. 計算に必要な場合には、次の値を用いること。
原子量
H:1.00 C:12.0 N:14.0 O:16.0 Al:27.0 K:39.0
気体定数： $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$
8. 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。
9. 字数制限のある設問については、句読点を含めた字数で答えること。

このページは白紙です。

このページは白紙です。

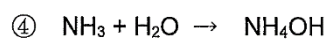
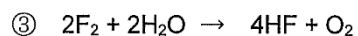
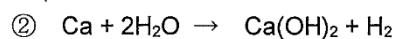
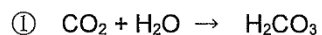
〔 I 〕 次の問 1 と問 2 の答えを解答欄に記入せよ。

問 1 化合物 X に関する次の文章を読み、以下の(1)～(4)の問いに答えよ。

化合物 X は 2 種類の元素からなり、無色で粘性のある沸点 151 °C の液体である。濃度の高い水溶液は皮膚を侵すが、3 % 水溶液はオキシドールとよばれ、殺菌消毒剤として使われている。化合物 X は、(a) 反応する相手の物質によって酸化剤あるいは還元剤としてはたらく。また、化合物 X 自体も不安定で分解しやすく、(b) 酸化マンガン(IV) を触媒に用いるとその分解が促進される。この分解反応によって生じる単体の気体には、同素体としてオゾンがある。

(1) 化合物 X の物質名を答えよ。

(2) 下線部(a)に関して、次の①～④の化学反応のうち、 H_2O が還元剤としてはたらいっているものをすべて選び数字で答えよ。



(3) 下線部(b)の分解反応の化学反応式を記せ。ただし、酸化マンガン(IV) は記す必要はない。

- (4) ある質量パーセント濃度の化合物 **X** の水溶液 100.0 g を用いて、下線部(b)の分解反応を完全に行った。生じた単体の気体のみをすべて体積可変の空の密封容器に捕集した。この容器に水素 0.240 g を加えて混合気体としたのち点火したところ、爆発的に反応し、水素の一部が反応せずに残った。容器を冷却して 3.00×10^2 K になったときの容器内の気体の圧力は 1.04×10^5 Pa、体積は 1.00 L であった。化合物 **X** の水溶液の質量パーセント濃度 [%] を有効数字 3 桁で求めよ。計算過程も記せ。ただし、すべての気体は理想気体とし、 3.00×10^2 K における水の蒸気圧を 4.00×10^3 Pa とする。また、水の体積は無視できるものとし、気体の水への溶解もないものとする。

問 2 次の文章を読み、以下の(1)～(5)の問いに答えよ。

有機化合物は、200年ほど前までは生物が作り出す化合物と考えられていた。しかし、現在は^(a)炭素を骨格とする化合物を広く有機化合物とよんでいる。ただし、二酸化炭素や炭酸塩は無機化合物として扱われる。無機化合物と比べた場合、多くの有機化合物には主に次のような特徴がある。

[1] 融点や^(b)沸点が低い。

[2] ^(c)水には溶けにくく、有機溶媒に溶けやすい。

[3] ^(d)異性体の数が多い。

有機化合物の構造を決める手順として、以下のようなものがある。混合物から目的の化合物を分離して精製する。成分元素の組成を決めた後、分子量を測定する。組成式と分子量から分子式を決めて、^(e)様々な反応を行ない、官能基を推定して構造式を決める。

(1) 下線部(a)に関して、次の①～⑤のうち、正しいものをすべて選び数字で答えよ。

正しいものがない場合は「なし」と答えよ。

- ① 黒鉛は、熱や電気をよく伝える金属結晶である。
- ② 液体のベンゼンは、電気をよく伝える。
- ③ 炭酸ナトリウムの工業的な製法の一つにアンモニアソーダ法がある。
- ④ メタンの沸点は、同族元素の水素化物の沸点より低い。
- ⑤ メタンは、0℃、 1.013×10^5 Pa(標準状態)では、空気よりも軽い。

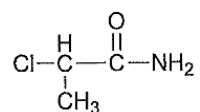
(2) 下線部(b)に関して、沸点の低い成分を蒸発させ、蒸気を冷やして液体とするなど沸点の差を利用して、目的の化合物を分離する方法の名称を答えよ。

(3) 下線部(c)に関して、水や有機溶媒への溶解度の差を利用して、目的の化合物だけを溶媒に溶かし出して分離する方法の名称を答えよ。

(4) 下線部(d)に関して、次の(i)と(ii)に答えよ。

- (i) 分子式 C_3H_8O で表される化合物について、すべての構造異性体の構造式を例にならってそれぞれ記せ。

構造式の例



- (ii) 分子式 C_3H_8O で表される構造異性体のうち、最も沸点が低いと考えられる化合物の名称を答えよ。また、そう考えた理由を50字以内で答えよ。

(5) 下線部(e)に関して、次の文章を読み、以下の(i)と(ii)に答えよ。

炭素、水素、酸素からなる有機化合物 **A** と **B** は常温で液体であり、分子量はどちらも 46 である。化合物 **A** と **B** それぞれに濃硫酸を加えて加熱すると、**A** からは気体 **C** が、**B** からは気体 **D** がそれぞれ発生する。触媒を用いて気体 **C** を重合させるとプラスチックになる。(f)赤鉄鉱に高温の気体 **D** を反応させると銑鉄が得られる。また、化合物 **B** にアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱すると、銀鏡が生じる。

- (i) 化合物 **A** と **B** および気体 **C** と **D** の化合物名をそれぞれ答えよ。
- (ii) 下線部(f)の化学反応式を記せ。

〔Ⅱ〕 次の問 1 と問 2 の答えを解答欄に記入せよ。

問 1 アルミニウムに関する次の文章を読み、以下の(1)～(4)の問いに答えよ。

アルミニウムは、地下 16 km までの地表付近を構成する元素の割合で 3 番目に多い元素である。アルミニウムの製錬では、まず原料のボーキサイトを純粋な酸化アルミニウム(アルミナ)に精製する。(a)この精製したアルミナに氷晶石 Na_3AlF_6 を加えて融解し、炭素を陽極として電気分解すると、陰極にはアルミニウムが熔融状態で析出する。一方、陽極で酸化物イオンは炭素電極と反応するので、陽極は気体の発生をともないながら消耗する。

アルミニウムは酸の水溶液にも強塩基の水溶液にも反応して水素を発生しながら溶けるが、(b)濃硝酸には溶けない。

- (1) 下線部(a)のような電気分解の名称を答えよ。また、この電気分解が水溶液では行えない理由を 50 字以内で答えよ。
- (2) $2.0 \times 10^4 \text{ A}$ の電流を流して電気分解するとき、アルミニウム 5.0 kg を析出させるために要する時間〔分〕を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。
- (3) (2)において、陽極から発生する気体を二酸化炭素のみとした場合に、陽極の減少量〔kg〕を有効数字 2 桁で求めよ。
- (4) 下線部(b)に関して、アルミニウムと同様に不動態となって濃硝酸に溶けない金属を、次の①～⑤からすべて選び数字で答えよ。

① Co ② Fe ③ Na ④ Ni ⑤ Pt

問 2 水素の同位体 ^2H を D で表す。次の(1)と(2)の問いに答えよ。

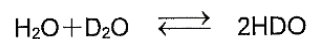
- (1) 次の文章を読み、以下の(i)～(iv)に答えよ。

重水 (D_2O) について、水 (H_2O) における pH と同様に、重水素イオン指数 pD ($= -\log_{10} [\text{D}^+]$) を定義する (この $[\text{D}^+]$ は、重水中における D^+ のモル濃度を表す)。ただし、温度はすべて 25°C で、 D_2O のイオン積を $1.6 \times 10^{-15} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ 、 D_2O

の密度を 1.10 g/cm^3 とする。D の原子量は、2.00 を用いよ。また、必要であれば $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 7 = 0.85$ を用いよ。

- (i) 純粋な重水の pD を有効数字2桁で求めよ。
- (ii) 100.0 mL の D_2O に $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$ の DCl を溶かしたときの pD を、有効数字2桁で求めよ。ただし、 DCl を加えたときの体積変化は無視できるものとし、 DCl は完全に電離するものとする。
- (iii) 100.0 mL の D_2O に $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$ の NaOD を溶かしたときの pD を、有効数字3桁で求めよ。ただし、 NaOD を加えたときの体積変化は無視できるものとし、 NaOD は完全に電離するものとする。
- (iv) D_2O の電離度を有効数字2桁で求めよ。
- (2) H と D の化学的性質が全く同じであるものとするとき、次の文章を読み、以下の(i)と(ii)に答えよ。

H_2O と D_2O を混合すると次の反応式のような H と D の交換が起こる。



この反応の平衡定数 K は次式で表される。

$$K = \frac{[\text{HDO}]^2}{[\text{H}_2\text{O}][\text{D}_2\text{O}]}$$

- (i) H_2O と D_2O を 1.0 mol ずつとって混合した。平衡状態に達したときの H_2O 、 D_2O 、 HDO の物質量 [mol] をそれぞれ有効数字2桁で求めよ。
- (ii) K を有効数字2桁で求めよ。

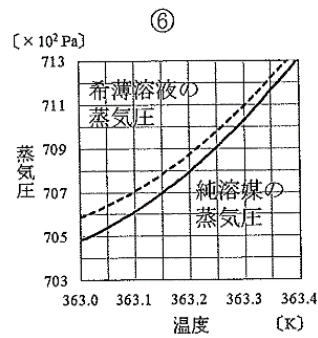
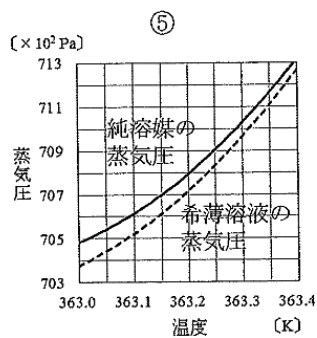
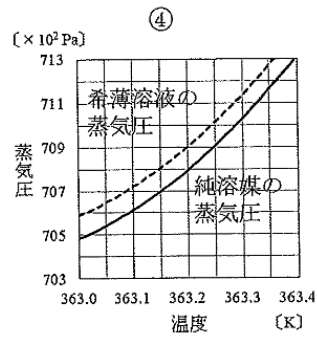
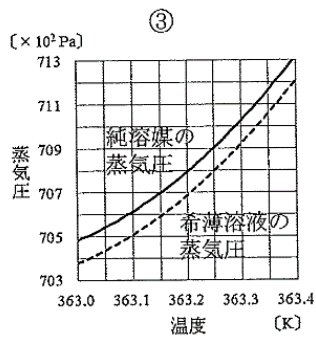
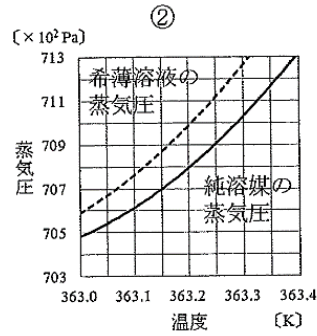
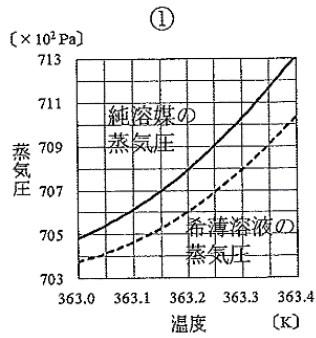
〔Ⅲ〕 次の文章を読み、問 1～4 の答えを解答欄に記入せよ。

一定の大気圧のもとで、不揮発性物質を純溶媒に溶かし希薄溶液を調製したところ、希薄溶液の沸点と凝固点がそれぞれ純溶媒の沸点と凝固点と異なった。

問1 ある1種類の不揮発性物質を純溶媒に溶かして調製した希薄溶液(s)の沸点を $T_b(s)$ [K]、凝固点を $T_m(s)$ [K] とし、純溶媒の沸点を $T_b(0)$ [K]、凝固点を $T_m(0)$ [K] とするとき、沸点と凝固点に関する記述として正しいものを、次の①～④からすべて選び数字で答えよ。

- ① 凝固点の変化量 $|T_m(0) - T_m(s)|$ は、濃度は変えずに溶媒を他の純溶媒に変えたとき、変化する。
- ② 沸点の変化量 $|T_b(0) - T_b(s)|$ は、溶液のモル濃度を変えたとき、その濃度に比例する。
- ③ 沸点の変化量 $|T_b(0) - T_b(s)|$ は、溶液の質量パーセント濃度を変えたとき、その濃度に比例する。
- ④ 溶かす物質の質量が同じ場合、非電解質の不揮発性物質の分子量が大きいほど凝固点の変化量 $|T_m(0) - T_m(s)|$ は大きい。

問2 不揮発性物質を純溶媒に溶かした希薄溶液と純溶媒のそれぞれの蒸気圧が、温度によってどのように変化するかを表したグラフとして最も適切なものを、次の①～⑥から一つ選び数字で答えよ。



問3 次の文章を読み、以下の(1)~(4)の問いに答えよ。

不揮発性物質の麦芽糖1.00 mol を純水に溶かした希薄水溶液(s1)の沸点は、 $T_b(s1)$ [K] であった。次に、無視できるほどわずかな量のマルターゼをその希薄水溶液に溶かし、マルターゼを作用させた。麦芽糖の量が当初溶かした量の半分になった時点でマルターゼの作用を一旦停止させた。このときの希薄水溶液(s2)の沸点は、 $T_b(s2)$ [K] であった。マルターゼの作用を再開させ、麦芽糖の量がさらに半分になった時点で、一価の強塩基と二価の強酸から調製した塩1.00 mol を溶解してマルターゼを沈殿させ、マルターゼの作用を停止させた。このときの希薄水溶液(s3)の沸点は $T_b(s3)$ [K] であった。なお、マルターゼの作用で消費する水の量は無視できるものとする。沈殿物は希薄水溶液に何ら影響を及ぼさないものとする。

- (1) マルターゼの作用で麦芽糖から生成する化合物がもつ性質として正しいものを、次の①~④からすべて選び数字で答えよ。正しいものがない場合は「なし」と答えよ。
 - ① ヒドロキシ基の数は6個である。
 - ② 水溶液ではチマーゼの作用で気体が発生する。
 - ③ 果糖は立体異性体である。
 - ④ 水溶液では還元作用を示す環状構造と示さない鎖状構造がある。
- (2) 希薄水溶液(s2)の溶質の総物質質量 [mol] を有効数字3桁で求めよ。
- (3) 沸点 $T_b(s1)$, $T_b(s2)$, $T_b(s3)$ の数値について、その大小関係を等号もしくは不等号を用いて表せ。
- (4) 純水の沸点を $T_b(0)$ [K] とするとき、沸点の変化量である $T_b(0) - T_b(s1)$ と $T_b(0) - T_b(s3)$ からなる $\frac{T_b(0) - T_b(s3)}{T_b(0) - T_b(s1)}$ を有効数字3桁で求めよ。

問4 次の文章を読み、以下の(1)~(3)の問いに答えよ。

同じ物質量の酢酸と酢酸メチルをそれぞれ一定体積で同一の純溶媒に完全に溶かし、2種類の希薄溶液を調製した。このとき、酢酸の希薄溶液、酢酸メチルの希薄溶液、純溶媒の凝固点はそれぞれ $T_m(\text{酢酸})$ [K]、 $T_m(\text{酢酸メチル})$ [K]、 $T_m(\text{純溶媒})$ [K]であった。ただし、酢酸と酢酸メチルの揮発性は無視できるものとする。

(1) 純溶媒として純水あるいはベンゼンを用いたときのそれぞれにおいて、 $T_m(\text{酢酸})$ 、 $T_m(\text{酢酸メチル})$ 、 $T_m(\text{純溶媒})$ の間の大小関係を最も適切に表しているものを、次の①~⑧から一つずつ選び数字で答えよ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

- ① $T_m(\text{酢酸}) = T_m(\text{酢酸メチル}) > T_m(\text{純溶媒})$
- ② $T_m(\text{純溶媒}) > T_m(\text{酢酸}) = T_m(\text{酢酸メチル})$
- ③ $T_m(\text{酢酸}) > T_m(\text{酢酸メチル}) > T_m(\text{純溶媒})$
- ④ $T_m(\text{酢酸}) > T_m(\text{純溶媒}) > T_m(\text{酢酸メチル})$
- ⑤ $T_m(\text{酢酸メチル}) > T_m(\text{酢酸}) > T_m(\text{純溶媒})$
- ⑥ $T_m(\text{酢酸メチル}) > T_m(\text{純溶媒}) > T_m(\text{酢酸})$
- ⑦ $T_m(\text{純溶媒}) > T_m(\text{酢酸}) > T_m(\text{酢酸メチル})$
- ⑧ $T_m(\text{純溶媒}) > T_m(\text{酢酸メチル}) > T_m(\text{酢酸})$

(2) 純水を用いたとき、(1)での解答を選んだ理由を40字以内で述べよ。

(3) ベンゼンを用いたとき、(1)での解答を選んだ理由を60字以内で述べよ。

〔IV〕 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、(1)～(4)の問いに答えよ。

油脂は、グリセリンと高級脂肪酸が〔ア〕結合でつながった化合物である。脂肪酸には炭化水素基が単結合のみからなる飽和脂肪酸と、一つまたは複数の二重結合を含む不飽和脂肪酸がある。二重結合には立体配置の異なる異性体が存在するが、天然物に由来する多くの不飽和脂肪酸の二重結合は、水素原子が二重結合の同じ側に結合した〔イ〕型になっている。^(a)油脂の性質は構成する脂肪酸の組成によっても変化する。常温で液体の大豆油に水素を付加させると固体のマーガリンになる。構成する脂肪酸に^(b)飽和脂肪酸を多く含む油脂は常温で固体になりやすく、不飽和脂肪酸の割合が増えると油脂は常温で液体になりやすい。

〔ア〕結合をアルカリで加水分解することをけん化という。油脂をけん化するとセッケンが得られる。^(c)セッケンや合成洗剤は水に溶けてその表面張力を低下させ、表面をぬれやすくする。このような作用をもつ物質を〔ウ〕剤という。セッケンの脂肪酸イオンは、水になじみにくい〔エ〕性を示す炭化水素基と、水になじみやすい〔オ〕性を示すイオン部分の -COO^- からできている。水中では多数の脂肪酸イオンが〔オ〕性の部分を外側にして集まって、〔カ〕とよばれるコロイド粒子を形成している。

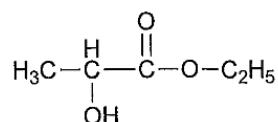
(1) 空欄〔ア〕～〔カ〕に当てはまる最も適切な語句をそれぞれ答えよ。

(2) 下線部(a)に関して、次の文章を読み、以下の(i)～(iv)に答えよ。

単一の分子式で示される油脂 A 44.3 g に含まれるすべての炭素原子間多重結合に水素を付加させたところ、0.100 mol の水素が消費され、油脂 B 44.5 g になった。この油脂 B 44.5 g を完全にけん化するためには水酸化カリウム 8.40 g が必要だった。油脂 B を完全にけん化して得られた混合液を酸性にすると、1 種類の直鎖状の飽和脂肪酸 C のみが得られた。一方、1.00 mol の油脂 A をけん化したのち酸性にすると、2 種類の脂肪酸 C と D がそれぞれ 1.00 mol と 2.00 mol 得られた。ただし、油脂 A に含まれる炭化水素基中に枝分かれはなく、炭素原子間の不飽和結合は二重結合のみであり、油脂 A には四つの異なる原子または原子団と結合した炭素原子が一つある。

- (i) 油脂 **B** の分子量を有効数字3桁で求めよ。
- (ii) 脂肪酸 **D** の示性式を答えよ。ただし、脂肪酸 **D** の炭化水素基は C_mH_n の形式とし、 m と n には数字を入れること。
- (iii) 油脂 **A** の構造を例にならって化学構造式で記せ。ただし、脂肪酸 **C**、**D** の炭化水素基は C_mH_n の形式とし、 m と n には、それぞれの脂肪酸に適切な数字を入れること。また、二重結合の立体配置の異なる立体異性体および鏡像異性体は区別しなくてよい。

構造式の例



- (iv) 脂肪酸 **D** とその二重結合の立体配置の異なる脂肪酸、および脂肪酸 **C** の3種の脂肪酸を考える。これらの脂肪酸を組み合わせることで油脂をつくった場合、油脂 **A** の異性体はいくつできるか。油脂 **A** も含めた異性体の数を答えよ。ただし、鏡像異性体は区別しなくてよい。
- (3) 下線部(b)の理由を答えよ。ただし、構成する脂肪酸の構造の違いに基づいて、「炭化水素基」と「分子間力」の2語を用いて75字以内で答えよ。
- (4) 下線部(c)に関して、次の(i)と(ii)に答えよ。
- (i) 合成洗剤のアルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム (ABS) は石油などを原料にして、次の反応で合成されている。図1の空欄「あ」および「い」に当てはまる適切な化学式をそれぞれ記せ。

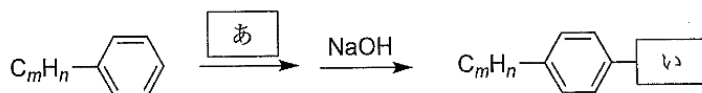


図1

- (ii) セッケンの水溶液はアルカリ性である。一方、合成洗剤 (ABS) の水溶液は中性である。この理由をそれぞれの官能基の特徴に基づいて75字以内で答えよ。

問2 次の(1)~(3)の問いに答えよ。

(1) アミノ酸に関する次の(i)と(ii)に答えよ。

(i) グリシン以外の天然に存在する α -アミノ酸はすべて鏡像異性体をもっている。図2において(a)と同じ鏡像異性体である α -アミノ酸を(b)~(d)からすべて選び記号で答えよ。

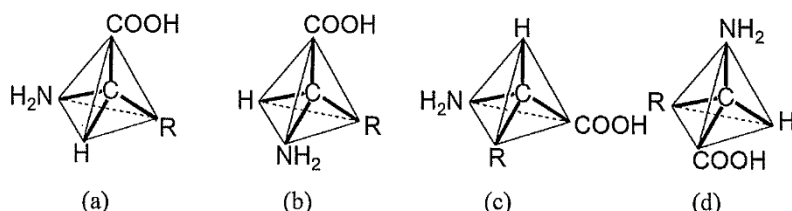


図2 (Rは同一のアミノ酸側鎖を表す。)

(ii) 分子量が同程度のカルボン酸やアミンに比べて、アミノ酸の結晶の融点は比較的高く、また有機溶媒に溶けにくく水に溶けやすいものが多い。この理由を30字以内で述べよ。

(2) グリシン以外の天然に存在する α -アミノ酸においては、その溶液に偏光を透過させると偏光面が右か左に回転する(図3)。このときの回転角度 θ [°]は、鏡像異性体どうしでは同じ大きさで符号が逆になり、それぞれ濃度に比例する。また混合物においてはそれぞれの成分の回転角度の和が混合物の回転角度になる。たとえば、L-セリンとその鏡像異性体であるD-セリンを1:1の割合で含む混合物の塩酸溶液に、偏光を透過させると回転角度は0°になる。L-セリンM [g]の塩酸溶液に偏光を透過させたところ、偏光面の回転角度は+3.2°であった。

混合比が不明なL-セリンとD-セリンの混合物M [g]を上と同じ条件で回転角度の測定を行ったところ、回転角度は-1.6°であった。この混合物に含まれるL-セリンの質量パーセント [%]を有効数字2桁で答えよ。

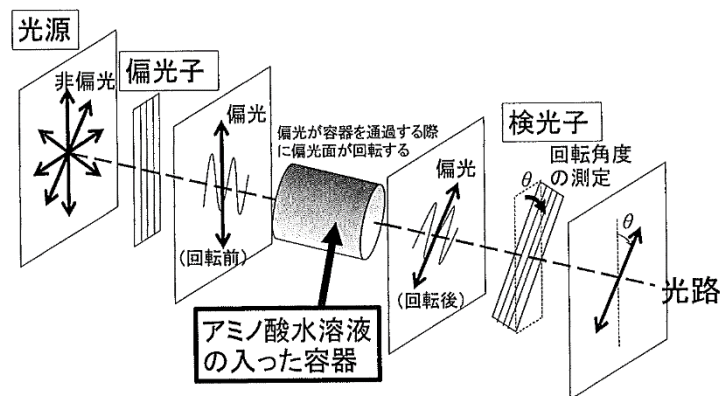


図 3

(3) 次の文章を読み、以下の(i)と(ii)に答えよ。

食品 X に含まれるタンパク質を定量するために、以下の実験を行った。食品 X 10.0 g に適当な触媒とともに濃硫酸を加えながら煮沸して、食品 X に含まれる窒素成分をすべて硫酸アンモニウムとした。この硫酸アンモニウムに十分な量の水酸化ナトリウム水溶液を加えて、完全に反応するまで加熱し、発生したアンモニアを 0.50 mol/L の希硫酸 60.0 mL に完全に吸収させた。その後、未反応の硫酸を 1.00 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ、20.0 mL で中和点に達した。

- (i) 食品 X が分解して発生したアンモニアの物質質量 [mol] を、有効数字2桁で求めよ。
- (ii) 食品 X に含まれるタンパク質の質量パーセント [%] を、有効数字2桁で求めよ。ただし、窒素はタンパク質中に質量パーセントで16%含まれるものとし、また窒素はタンパク質以外の成分には含まれていないものとする。

このページは白紙です。

このページは白紙です。