

Preparatory Problems IChO 2012

Practical Problems

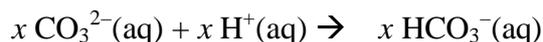
問題28. セスキ炭酸ナトリウム(トロナ石)の分析



トロナ石の写真

よく見られる鉱物であるトロナ石(セスキ炭酸ナトリウム)は、洗剤やガラス製造に用いられている。この鉱物は炭酸ナトリウム、炭酸水素ナトリウム、そして水からなっている ($x\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot y\text{NaHCO}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$)。本実験の目的は、この鉱物の組成を決定することである。

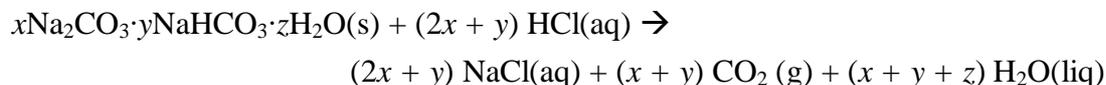
組成を決定するには、三つの実験を行なうことになる。まず初めに、この化合物の試料を滴定して炭酸イオンと炭酸水素イオンとの相対量を求める。



二つ目の実験では、試料を炭酸ナトリウム、二酸化炭素、水に熱分解する。



最後に三つ目の実験では、試料を塩酸と反応させる。



これら三つの実験の結果を組み合わせることで、 $x\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot y\text{NaHCO}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ における x 、 y 、 z の値が得られる。

注：この実験は、次の論文を参考にした。

N. Koga, T. Kimura, and K. Shigedomi, *J. Chem. Educ.*, **2011**, *88*, 1309.

薬品と試薬

- ・ セスキ炭酸ナトリウム(Sodium sesquicarbonate)
- ・ 塩酸 HCl (aq)
- ・ 滴定用の指示薬 (フェノールフタレインとメチルオレンジ, phenolphthalein and methyl orange)

薬品一覧

化合物	状態	<i>S-Phrase</i>	<i>R-Phrase</i>
セスキ炭酸 ナトリウム	固体, 5 g	2 22 26	36 37 38
滴定用の 塩酸	水溶液, 50 mL; ~0.10 M (標定済み)	26 36 37 39 45	23 25 34 38
分解反応用の 塩酸	水溶液, ~1 M, 100 mL	26 36 37 39 45	23 25 34 38

訳者注：この準備問題集の実験問題の前書きのページ (<http://icho.csj.jp/44/pre/P34.pdf>) および国際化学オリンピック大会 (IChO) 競技規則付録B (<http://icho.csj.jp/regulation.html#fB>) 参照のこと

設備とガラス器具

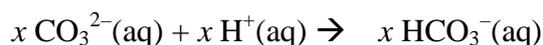
- ・ Analytical balance, 分析用天秤 (± 0.0001 g)
- ・ Volumetric flask, メスフラスコ 100 mL
- ・ Volumetric pipette, ホールピペット 10 mL
- ・ Pipette bulb or pump, 安全ピペッター
- ・ Erlenmeyer flask, 三角フラスコ (エーレンマイアーフラスコ) 100 mL 3個
- ・ Burette, ビュレット 50 mL
- ・ Burette stand, ビュレットたて
- ・ Hot plate, ホットプレート
- ・ Ice water bath, 氷水浴
- ・ Bunsen burner, ブンゼンバーナー
- ・ Crucible, るつぼ
- ・ Crucible tongs, るつぼばさみ
- ・ Beaker, ビーカー 100 mL 3個

実験法

A. セスキ炭酸ナトリウムの塩酸による滴定

全ての質量測定は、可能な限り最大の有効数字の桁数で行なうこと。

この実験では、セスキ炭酸ナトリウム試料の炭酸イオンと炭酸水素イオンとの相対量を決定する。まず試料を標定ずみの塩酸でフェノールフタレインを指示薬として滴定し、炭酸イオンが炭酸水素イオンに変換されたときの終点を求める。



滴定した溶液をそのまま用い、続いてメチルオレンジを指示薬としてさらに標定ずみ塩酸で滴定する。この滴定では、セスキ炭酸ナトリウムに初めから含まれていた炭酸水素イオンと前の滴定で炭酸イオンから生成した炭酸水素イオンの両方が滴定される。



1. 約2.5 gのセスキ炭酸ナトリウムを精秤し、蒸留水に溶かし、メスフラスコで100.0 mLに定容せよ。充分にかき混ぜた後に標線まで水を入れること。
2. ホールピペットを用いて、1.で調製したセスキ炭酸ナトリウム水溶液10.0 mLを三角フラスコに移せ。
3. 2.の滴定試料に、フェノールフタレイン溶液を数滴加えよ。
4. 標定ずみ塩酸(約0.1 M、正確な濃度が決定されている)で、試料を溶液が無色になるまで滴定せよ。滴定に要した標定ずみ塩酸の体積を、 V_1 mLとして記録せよ。
5. 4.の滴定を行なった溶液にメチルオレンジ指示薬を数滴加えよ。(溶液は明るい黄色になる。)
6. 5.の試料溶液を標定ずみ塩酸で、溶液の色が赤または赤みがかった橙色となるまで滴定せよ。(注：メチルオレンジ指示薬による終点の判断が困難なことがある。滴定実験を行なう前に、練習を行なっておくとよい。)
7. 滴定を終えた試料に沸騰石を入れ、溶液を1～2分煮沸した後、室温まで冷却(水浴を用いる)せよ。溶液の色が黄色に戻ったら、6.と7.の操作を再度行なえ。赤みがかった色が消えなかった場合は、この二番目の滴定に要した標定ずみ塩酸の体積を V_2 mLとして記録せよ。
8. 2.から7.の操作を繰り返し行なえ。

B. セスキ炭酸ナトリウムの熱分解

この実験では、セスキ炭酸ナトリウムの試料を加熱したときの重量減少の割合(%)を決定する。この熱分解の結果とA.で行なった滴定の結果とを組み合わせ、組成 $x\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot y\text{NaHCO}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ における x 、 y 、 z を決定する。

1. るつぼまたは小さな蒸発皿の質量を記録せよ。
2. 約1 gのセスキ炭酸ナトリウムを1.で質量を量ったるつぼまたは蒸発皿にとり、るつぼまたは蒸発皿ごと精秤せよ。
3. バーナーの炎により、るつぼまたは蒸発皿を3分間穏やかに加熱せよ。続いて火を強め、分解が完結するまで加熱せよ。(固体試料がるつぼや蒸発皿から飛び出さないように注意せよ。)
4. るつぼまたは蒸発皿を室温まで冷却した後、試料をるつぼまたは蒸発皿ごと精秤せよ。
5. 1.から4.の操作を繰り返し行なえ。

C. セスキ炭酸ナトリウムと酸との反応

三つ目の実験では、セスキ炭酸ナトリウム試料を酸で分解して、その際観察される質量減少の割合(%)を計算することにより、 $x\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot y\text{NaHCO}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ 中の z の値を決定する。

1. 約0.5 gのセスキ炭酸ナトリウムをとり、精秤せよ。
2. 約20 mLの1 M塩酸をビーカーにとり、その質量をビーカーごと精秤せよ。
3. 1.で精秤したセスキ炭酸ナトリウムを2.の希塩酸に少しずつ加えよ。溶液が飛び散らないように注意すること。
4. セスキ炭酸ナトリウムを加え終わったら、溶液を5分間程度放置せよ。
5. 反応後の溶液の質量をビーカーごと精秤せよ。
6. 1.から5.の操作を繰り返し行なえ。

データ処理

三つの実験の結果を用いて、 $x\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot y\text{NaHCO}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ における x 、 y 、 z の値を計算せよ。