

演示実験をしよう！

東京都立青山高等学校 吉田 工

2014.08.07 立教大学池袋高等学校於

はじめに

皆さんは、演示実験をされていますか？ 教師の一方的な話やドリルの繰り返しの授業になっていませんか？

授業時数・器具・生徒の状況などにより、実験が難しい学校があるかもしれません。しかし、演示実験であれば、器具は教員分だけで済むはずで、段取りよく効率的に行えば、短時間でできます。演示実験から徐々に輪を広げて、生徒実験へとつなげていきましょう。

実験1. 酸素の同素体

同素体の実験には、S, C, O, Pそれぞれに実験があります。その中の酸素－オゾンの実験をご紹介します。大型で扱いにくかった、高圧電源装置が小さくなり、楽に実験ができるようになりました。

操作

- ① 図1のように装置を組む。
- ② 50 mL注射器に空気を取り、注射器から装置に空気を流して、装置中の酸化作用のある物質を出す。
- ③ 0.1 M-KIを試験管の1/3くらい入れ、1%デンプン水溶液を1滴加え、白い背景にしてセットする。
- ④ ボンベから50 mL注射器に酸素をとり、注射器から装置に酸素を15 mLくらい流し、デンプン水溶液が変色しないことを確認する。
- ⑥ 部屋を暗くして、高電圧発生装置用の電源をいれ、オゾン発生装置で放電が行われていることを確認する。しばらく放電すると、生徒にもオゾン臭が感じられるようになる。 $3O_2 \rightarrow 2O_3$
- ⑦ 部屋を明るくして、注射器から酸素を流す。デンプン水溶液が青変する。
 $O_3 + 2KI + H_2O \rightarrow O_2 + I_2 + 2KOH$
- ⑧ 試験管を0.1 M-KI+P.P.に取り替え、同様に注射器から酸素を流す。溶液が赤紫色になる。

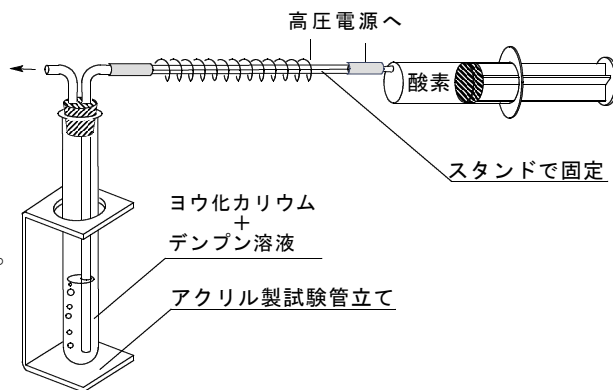


図1 オゾンの実験装置

実験2. アンモニアの噴水4重連

中学校の教科書に出ているアンモニアの噴水を4つ、つなげた実験です¹⁾。指示薬には、万能pH指示薬を用いました。また、噴水を水ではなく、酢酸水溶液に変えました。酢酸を使用したことにより、酸がたくさん通過したフラスコは酸性になり、少ないところは塩基性になります。酢酸とアンモニアとの反応で、pHがなだらかに変化して、フラスコごとにpHが程よく異なって、フラスコ1つ1つの色が異なります。

操作

- ① 装置を図2のようにセットする。スタンドに、フラスコを固定するのは大変なので、図3のような器具をつくり、鉄板に固定する。
- ② 水槽に水をくみ、緑色に見えるまで万能pH指示薬を入れる。

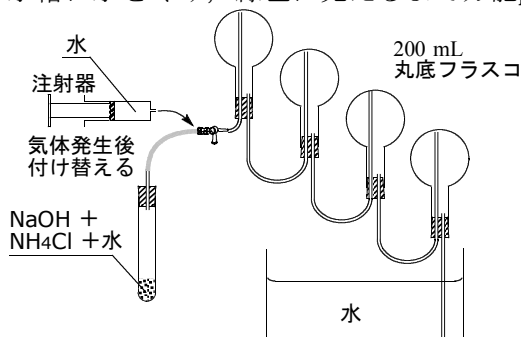


図2 アンモニアの噴水4重連装置

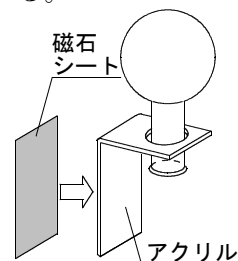


図3 フラスコの固定

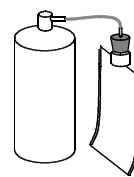
- ③ $\phi 24$ mm試験管に NH_3Cl 5 gと NaOH 5 gを入れ、ゴム栓をして試験管を振って混合する。注射器で水2 mLを加え、 NH_3 を発生させる。
- ④ 水槽がpH指示薬の色で11以上を示すようになったら、 NH_3 の発生装置をはずす。
- ⑤ 水槽に酢酸を加えて、水槽の溶液をpH 3くらいにし、注射器から5 mLの水を入れ、噴水にする。

実験3. 分子量測定

故山本進一先生(都立戸山高等学校)が考えられた、コーラで分子量測定の実験²⁾を発展させたものです。ボンベとマイティーパックをつなぎ、質量を2回測定するだけで分子量を測定することができます。ボンベに入っている気体なら、何でも測定できます。また、気体の量が多いので、分解能0.001 gの天秤の必要はありません。分解能0.01 gの天秤でも測定できます。

操作

- ① 右図のように、ボンベ (O_2 , He , C_4H_{10} , CHF_2CH_3 など) とマイティーパックをシリコン管でつなぎ、電子天秤にのせて、風袋除去ボタンを押す。
- ② ボンベから気体を出して、ボンベにつけた袋を膨らませます。
- ③ 袋が膨らんだままの状態、電子天秤に乗せ、質量を測定する。 w_1 g
- ④ ゴム栓をはずし、残りの気体はすべて捨てて、袋を平らにする。
- ⑤ 袋とボンベをつなぎ、電子天秤で質量を測定する。 w_2 g
- ⑥ 注射器の気体でシャボン玉をつくり、浮くか沈むかを観察する。(ボンベやマイティーパックでシャボン玉をつくるのは不可、液体が付着して誤差の原因になる)



計算方法

操作③で、天秤の表示はマイナスになる。袋が膨らんだことにより、浮力が大きくなり、天秤の値が小さく表示される。このことは、次のようにも説明できる³⁾。

電子天秤の上に、仮想の空気円柱を想定する(図1)。天秤の示す表示は、この空気円柱の質量まで、測っていると考える。図2では、袋が膨らみ円柱の空気が排除され、その空

気の方、表示が小さくなる。つまり、空気の質量 = $-w_1$ となる。

袋から気体を出した後の質量は、気体が出た分だけ小さく電子天秤には表示される。ポンベから出した気体の質量は、ポンベから出た気体の質量 = $-w_2$ となる (図3)。

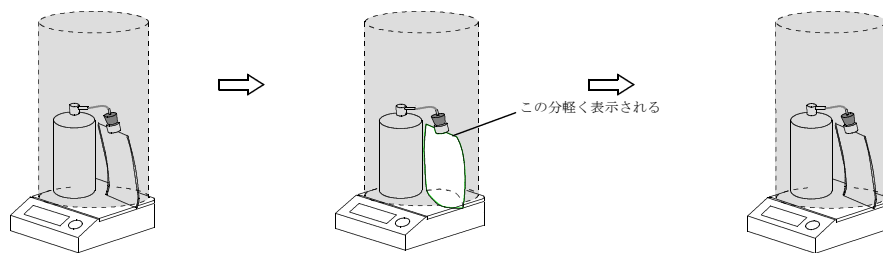


図 1

図 2

図 3

w_1 g

w_2 g

空気の平均分子量を29, 袋から出た気体の分子量 x とおくと, 次の式が成り立つ。

$$w_1 : w_2 = 29 : x$$

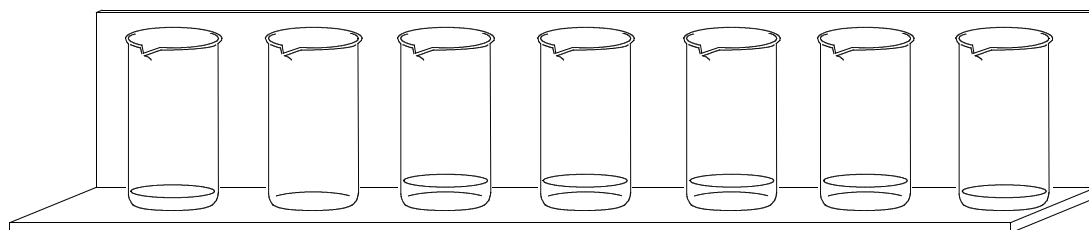
実験4. 七色の水

pHをコントロールして, 酸塩基指示薬で7色の溶液にする実験です。滴定曲線の導入実験や緩衝溶液の実験として行えます。

操作

- ① 2 Lカップに0.01 M-HCl 2 Lを入れ, 万能pH指示薬を加えて朱色にする。
- ② 生徒の目の前で, トールビーカーに次の試薬を30 mL注射器ではかり取り入れる。

| | | |
|--------|--|---------------------------------|
| ビーカー 1 | 2 M-HCl | 12 mL(適量で良い)+M.O数滴 |
| ビーカー 2 | 何も入れない | |
| ビーカー 3 | 0.2 M-フタル酸水素カリウム | 25 mL (0.2 mol/L×25 mL=5 mmol) |
| ビーカー 4 | 0.2 M-CH ₃ COONa | 25 mL (0.2 mol/L×25 mL=5 mmol) |
| ビーカー 5 | 0.2 M-Na ₂ HPO ₄ | 25 mL (0.2 mol/L×25 mL=5 mmol) |
| ビーカー 6 | 0.11 M-Na ₂ CO ₃ | 25 mL (0.11 mol/L×25 mL=3 mmol) |
| ビーカー 7 | 2 M-NaOH | 12 mL(適量で良い) |



HCl+M.O.

フタル酸HK

CH₃COONa

Na₂HPO₄

Na₂CO₃

NaOH

- ③ ①のHCl 250 mL (0.01 mol/L×250 mL=2.5 mmol)を勢いよくそれぞれのトールビーカーに注ぐ。溶液の色が赤, 橙, 黄, 黄緑, 緑, 青, 紫になる。
- ④ 生徒に①の溶液はHClで, その色の変化は万能pH指示薬であることを伝える。②で仕込んだ試薬がなにであるかを質問する。
多くの生徒は, 「塩基を仕込み, 中和させた」と答える。
- ⑤ 中和点付近では少量でpHの変化が大きくなり, このような実験が無理なことを理解させるために, 万能pH指示薬の中和滴定を見せる。

実験5. 滴定曲線

万能pH指示薬を使った、滴定曲線の実験です。大まかな曲線しか描けませんが、短時間でできます。

操作

- ① ビュレットに0.10 M-NaOHを入れる。
- ② 0.10 M-HCl 10 mLをホールピペットではかってコニカルビーカーに取り、万能pH指示薬を数滴加える。
- ③ 攪拌しながら、0.10 M-NaOHをビュレットから滴下し、表の値ごとの pHを記録する。pHの測定は、Britton-Robinsonの広域緩衝液⁴⁾ に万能pH指示薬を加えてつくった色見本との比較で行う。
- ④ 加えたNaOHの体積とpHの関係をグラフにする。

実験6. 1 molの気体はみんな22.4 L

アボガドロの法則の同温・同圧で、同数の気体分子なら、気体の種類に関わりなく、同じ体積になることを示す実験です。

操作

- ① 水槽に水上置換容器を入れ、注射器で空気を抜き、水を満たして三方活栓を閉じる。
- ② O₂を入れた炭酸飲料容器を電子天秤にのせ、風袋除去ボタンを押して、表示を0.000 gにする。
- ③ 注射器を使ってマイティーパックから炭酸飲料容器に酸素(分子量32)を0.01 mol (0.320 g)押し込む。
- ④ 炭酸飲料容器と水上置換容器をシリコーンゴム管で接続し、三方活栓をあける。押し込まれた分の酸素が、水上置換される。置換後は外さずにそのままにしておく。
- ⑤ 同様に、酸素に変えて、空気(平均分子量29)、都市ガス(平均分子量18)で行う。

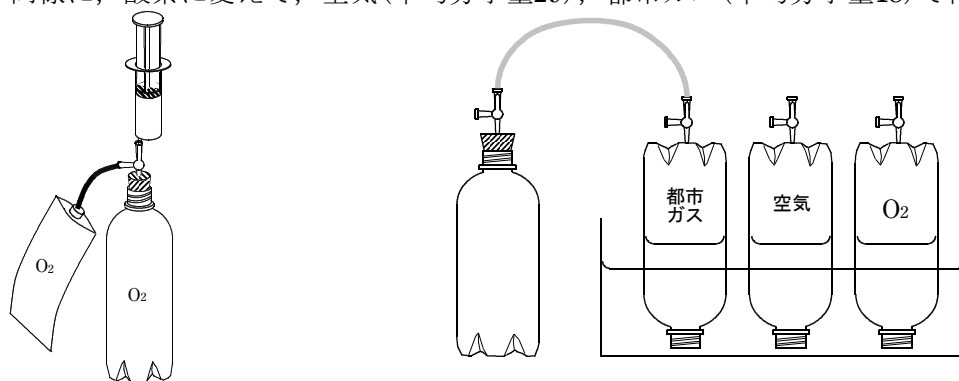


図 気体の水上置換

<参考文献>

- 1) Shakhshiri著,池本勲訳,教師のためのケミカルデモンストレーション4,丸善,p.p.99-102(1998)
- 2) 山本進一,"状態方程式を用いない気体の分子量測定",化学と教育,48,760(2000)
- 3) 岸田功,"アボガドロの法則を使った分子量測定",都理化研究発表集録,44,34(2004)
- 4) 日本化学会編,"化学便覧基礎編改訂 2版",丸善(1975),p.1490.