

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	1ヶ月	1時間	30分

目的と内容

ペットボトルに銀めっきを行い、 金属の性質の一つである「金属光沢」を確認する

「金属結合は自由電子が介在した結合であることや、金属結合でできた物質の性質を理解させること」が主なねらいである。金属の性質としては、電気伝導性、熱伝導性、展性、延性、融点などを金属結合と関連付けて扱う。ここでは、金属の性質のうち、金属光沢について取り扱う。ペットボトルへの銀めっきを行い、金属光沢を確認するとともに、無色透明の水溶液から、銀が析出し、ペットボトルがめっきされていく様子を観察することで、化学への興味・関心を高める。



既習事項

- 小学校：3年生の「電気の通り道」「磁石の性質」
4年生の「金属、水、空気と温度」
- 中学校：1年生の「物質のすがた」「状態変化」「水溶液の性質」
2年生の「物質の成り立ち」「化学変化」
3年生の「水溶液とイオン」「酸とアルカリとイオン」

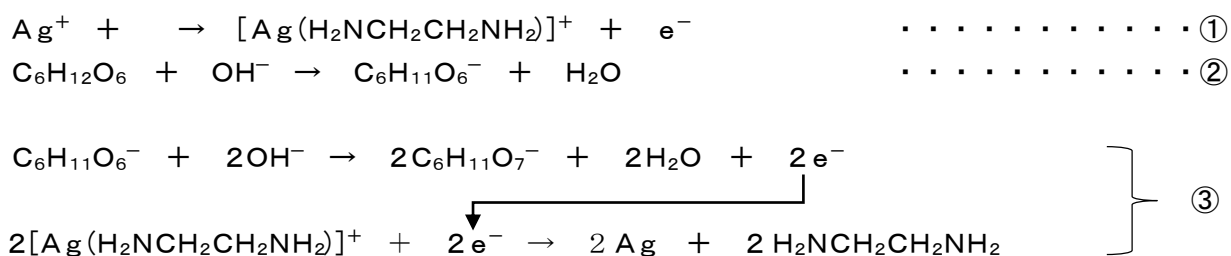
中学校1年生で、金属の性質を、電気を通すかどうかで調べる観察、実験を行っている。また、中学校でも、金属の性質として、「電気をよく通す」「金属光沢がある」「引っ張ると細くのびる」「叩くとすく広がる」のように、電気伝導性や展性、延性といった言葉は用いていないが、性質はほとんど学習している。展性・延性という言葉は、コラム欄には示されている。また、「磁石につくことは金属に共通した性質ではない」とも学習しているが、「金属は磁石につく」と考えている生徒もいるので注意が必要である。

留意点

【指導面】

- 金属の特性には金属光沢，電気伝導性（電気の良導体），熱伝導性（熱の良導体），展性，延性，融点（低いものから高いものまでである）などがある。これらの性質は自由電子に起因する。自由電子の存在を印象付けることで，金属結合について理解を深める。
- 金属原子は，一般にイオン化エネルギーが小さく，価電子を放出しやすい。また，金属原子が集まり，最外殻の電子殻は相互に重なり合い，全ての金属原子の電子殻がつながった状態になる。そこで，放出された価電子が，つながった電子殻に入り，特定の金属原子に固定されることなく金属内を自由に動き回ることができるようになる。このような電子を自由電子という。この自由電子によって，正の電荷をおびた金属原子のまわりを動き回ることによって，ばらばらになろうとする金属原子を結びつける働きをしている。このような結合を金属結合という。
- 金属光沢は，自由電子が入射した可視光のほとんどを反射してしまうために見られる。厳密に言うと，可視光を一度全て吸収し，直ちにその光のほとんどを再放出している。金，銀，銅で色が異なるのは，吸収する光が異なるためである。銀は可視光を全て反射するので銀白色，金は緑色より波長の短い光は吸収し，それより波長の長い黄色光を主に反射するので黄金色，銅は黄色より波長の短い光を吸収し，それより波長の長い赤色光を主に反射するので赤銅色の光沢となる。
- 今回の実験について。

硝酸銀にエチレンジアミンを加えると，安定な銀キレート錯体 $[\text{Ag}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)]^+$ が生じる①。グルコースは水酸化ナトリウムと反応し，還元性の高いグルコシドイオン $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_6^-$ になる②。グルコシドイオンは銀イオンを還元し自身は酸化されグルコン酸イオン $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7^-$ になる③。そのため，還元された銀が析出し，銀めっきができる。この際，ペットボトルの内壁が親水化（表面が水になじみやすい状態）していないと，銀がうまく付着しない。そのため，使用するペットボトルは，中身を消費後すぐに水道水ですすぎ，実験の直前まで水道水を満たしておく必要がある。



また，硝酸銀は高価であるため，全クラス全班で500mLのペットボトルで行うと，かなり費用がかかってしまう。演示実験で行うか，ペットボトルのサイズを小さくする必要がある。演示実験で行う場合は，1.5Lのペットボトルで行うと見やすい。

アルデヒド基の検出の代表的な反応の一つとして銀鏡反応がある。通常，銀鏡反応では，アンモニア性硝酸銀水溶液（トレンス試薬）を用い，アルデヒド基の還元性により，銀が析出する。このアンモニア性硝酸銀水溶液は，爆発性の物質（雷銀 Ag_3N と銀アミド AgNH_2 の混合物）が生成する恐れがあり，学校で負傷者が出る事故も起きている。一方，この実験で用いる溶液は，爆発性の物質を生じる心配は無く，安定であるため，作り置きもできる方法である。

【安全面】

- 保護メガネを着用させる。
- 硝酸銀は、服や皮膚に付着すると、茶色から黒色に変色する。これは、銀イオンが有機物である服や皮膚から電子を奪って、銀の微粒子を遊離するためである。このとき、接した物は軽く腐食されることになるので注意が必要である。しかし、皮膚への少量の付着による着色は 10 日程度するとなくなるなどし、大きな害はないが、服への着色はとれない。保護手袋を着用したり、白衣を着たりするとよい。

【後処理】

- ペットボトルに残った液は、銀廃液として回収し、再利用する。
- 全クラスの実験が終わったら、ピペット等使用した器具を洗う。

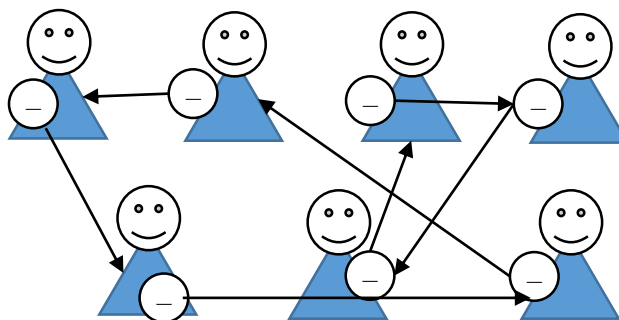
導 入

【ポイント】

- 金属の性質に興味・関心を高める。
- 金属結合の自由電子を印象づける。

【導入例】

- 生徒を粒子に見立てて金属結合のモデル化をする。生徒が金属イオンとなり、電子に見立てた物（型紙を丸く切って電子にしたり、教科書を電子に見立てたりする）を適当にぐるぐる回す。このとき、共有結合やイオン結合も同様に行い、性質の違いに着目させてもよい。



- 金属の性質の、電気伝導性、展性、延性について、なぜ、それらの性質があるのか、発問し、全て自由電子が関係していることを確認する。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- 材料の準備
- 実験室の備品確認

～前日

- 材料の確認
- 試薬の調製
- ペットボトルの確保および処理
- 器具・教材の分配

当日

- 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

[器具] ビーカー, メスシリンダー, ガラス棒, 薬さじ, 薬包紙, 電子天秤, 褐色試薬瓶

[薬品] 硝酸銀, エチレンジアミン, グルコース, 水酸化ナトリウム, 蒸留水

必要量 使用するペットボトルの大きさによって異なる。

硝酸銀水溶液+エチレンジアミン溶液:グルコース水溶液:水酸化ナトリウム水溶液
= 1 : 1 : 1 で用いる。

それぞれ, ペットボトルの容量の 1/100 程度 (500mL であれば 5mL) ずつ必要である。

例) 500mL ペットボトルを用いる場合

必要な硝酸銀水溶液=グルコース水溶液=水酸化ナトリウム水溶液

$$5 \text{ mL} \times (\quad) \text{ 班} = (\quad \text{ X} \quad) \text{ mL}$$

XmL の硝酸銀水溶液を作るために必要な硝酸銀

$$\text{X}/1000 \times 0.2 \text{ mol/L} \times 170 = (\quad) \text{ g}$$

必要なエチレンジアミン $2 \text{ mL}/50 \text{ mL} \times \text{XmL} = (\quad) \text{ mL}$

必要なグルコース $\text{XmL} \times 1.5/100 \times = (\quad) \text{ g}$

必要な水酸化ナトリウム $\text{X}/1000 \times 1 \text{ mol/L} \times 40 = (\quad) \text{ g}$

当日必要なもの

[器具] ペットボトル, 駒込ピペット

[薬品] 0.2mol/L 硝酸銀水溶液+エチレンジアミン溶液, 1.5%グルコース水溶液,
1.0mol/L 水酸化ナトリウム水溶液

☆教材の入手方法

①硝酸銀 AgNO_3

理科消耗品カタログなどで購入可能

時価で高額 25g で 8,500 円程度から

②エチレンジアミン $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$

化学薬品取扱店にて購入可能 25mL で 1,700 円程度

③水酸化ナトリウム NaOH

理科消耗品カタログなどで購入可能 500g で 1,500 円程度

④グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

理科消耗品カタログなどで購入可能 500g で 2,000 円程度

⑤ポリエチレン細口試薬瓶 (遮光)

理科消耗品カタログなどで購入可能 100mL で 130 円程度

⑥ペットボトル

生徒に持参させるか、スーパーマーケットのペットボトル回収箱から店員に断った上で入手するなどする。なるべく容量の小さい物がよい。ペットボトルで手に入りやすい小さい物は、飲むタイプのヨーグルト 112mL がある。

飲むヨーグルト 112mL スーパー等で購入可能

1本 130 円程度



⑤



⑥左 112mL 右 500mL

当日のセット

☆生徒用

[器具]

- 駒込ピペット 3本
- ペットボトル (ふたつき) 1個
- ポリエチレン細口遮光試薬瓶 (試薬用) 1個
- 試験管 (駒込ピペット用) 3本
- 試験管立て 1台
- 保護めがね 人数分
- 手袋 1組

[薬品]

- 0.2mol/L 硝酸銀水溶液 + エチレンジアミン溶液 1～5 mL
- 1.5% グルコース水溶液 1～5 mL
- 1.0mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 1～5 mL

★教員用

- 生徒用と同じもの

駒込ピペットは使用する各試薬の量に応じた容量の物にする。

ペットボトルは色つきでも無色でも透明であれば問題ない。サイズもどの大きさでもよいが、大きくなるほど溶液が必要になる。

調製した薬品はどれも保存可能であるが、エチレンジアミンはそのものをポリエチレン容器に保存すると、容器を腐食するので、ガラス瓶を用いる必要がある。生徒に調製させるために小分けにする場合はガラス製の容器を使用する。また、硝酸銀は光により分解しやすい感光性があるため、褐色容器に保存する。

試験管や試験管立ては、駒込ピペット立てに用いるものである。他のもので代用可。ただし、硝酸銀が作業台に垂れて気付かずに触ってしまうことのないように留意する。

手袋はゴムでもポリエチレンでもよい。

試薬の量は用いるペットボトルの大きさによって異なる。そのまま、保存できるので、多めに入れておき、はかりとらせるとよい。



(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

○ペットボトルを準備する。

ペットボトルは中身を飲み終わったら、すぐに水道水ですすいしてから水を満たし、使用するときまでその状態にしておく。留意点参照。

○試薬の調製をする。

下記の通り試薬を調製し、ポリエチレン細口遮光試薬瓶に分ける。このとき、試薬瓶と使用する駒込ピペットに同色のビニールテープ等で印を付けておくと、次のクラスでそのまま用いることができる。

【0.2mol/L 硝酸銀水溶液+エチレンジアミン溶液】

必要量の蒸留水をメスシリンダーではかりとりビーカーに移し、必要量の硝酸銀水溶液を加えて溶かす。そこに、エチレンジアミンを加えて混ぜ、褐色瓶に移す。

【1.5%グルコース水溶液】

必要量の蒸留水をメスシリンダーではかりとりビーカーに移し、必要量のグルコースを加えてガラス棒で混ぜて溶かし、保存瓶に移す。

【1.0mol/L 水酸化ナトリウム水溶液】

巻末資料参照。

例) 100mL ずつ調製する場合。※

【0.2mol/L 硝酸銀水溶液+エチレンジアミン溶液】

メスシリンダーで蒸留水 100mL をはかりとり、200mL ビーカーに移し、硝酸銀を 3.4 g 加え、よくかき混ぜて溶かす。そこに、エチレンジアミン溶液 4 mL を 5 mL 駒込ピペットではかりとり加え、よくかき混ぜる。

【1.5%グルコース水溶液】

電子天秤を用い、200mL ビーカーに蒸留水 98.5 g をはかりとる。そこに、グルコース 1.5 g を加え、よくかき混ぜて溶かす。

【1.0mol/L 水酸化ナトリウム水溶液】

メスシリンダーで蒸留水 100mL をはかりとり、200mL ビーカーに移し、水酸化ナトリウムを 4 g 加え、よくかき混ぜて溶かす。

○ピペットに試薬と同じ色のビニールテープを貼る。

(2) 実験当日

○材料や器具の分配を行う。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

- 導入（5分）
 - *導入のポイント及び例を参照
 - *目的を理解させる
- 観察，実験（15分）
 - *手順を指導する
 - ・溶液を混ぜ合わせてペットボトルをまわし，銀めっきを施す
 - *安全面を指導する（留意点の安全面を参照）
 - *この実験では，代表者が行うことになるので，他の生徒はよく観察するように注意する
 - *机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す
- 考察 まとめ（5分）
- 後片付け（5分）

手順 時間のめど（およそ10分）

※500mL ペットボトルの場合

- ① ペットボトルの水を捨て，0.2mol/L 硝酸銀水溶液+エチレンジアミン溶液 5mL と 1.5%グルコース水溶液を 5mL ずつ取り，ふたを閉めてよく振り混ぜる。

ポイント！このときよく混ぜないと，反応が起こらないことがあるので，よく振り混ぜること。

- ② ①に 1.0mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を加えてふたをして振り混ぜ，ペットボトルを横にして，ペットボトルの内壁に溶液がいきわたるように，くるくる回す。このとき，ふた側や底にもいきわたるように気を付ける。室温によって，反応の早さが異なる。



少しすると液が茶色に変わる



回しているうちに内壁に色がつき始める



銀めっきができる

- ③ 全体にめっきできたら，ペットボトルの中の溶液を廃液回収容器に捨て，ペットボトル内を水道水で軽くすすぐ。

ポイント！このとき，長時間廃液をペットボトル内に入れておくと，再び銀が溶液に溶けだし，液が触れていたところのめっきが取れるので，すぐに捨てる。

考 察

次の点などについて、考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

- ① この実験から分かる金属の性質は何か。
- ② 金属に①の性質があるのはなぜか。
- ③ ①以外の金属の性質には何があるか。

まとめ

「金属の性質は自由電子によるものであり、その一つが金属光沢であることが理解できた」などの視点から、まとめを行う。

後片付け

水酸化ナトリウム水溶液の駒込ピペットは軽く水洗いし、それ以外はすべてそのまま回収するよう指示する。

失敗例

- 状態1 銀が析出しなかった（溶液が黄色を帯びた灰色になり、黒色にはならなかった）。
原因 硝酸銀水溶液+チレンジアミン溶液にグルコース水溶液を加えたときに、よく振り混ぜなかった。
よく振り混ぜてから、水酸化ナトリウム水溶液を加える。
- 状態2 ペットボトルの内壁にきれいに銀が付着しなかった（黒色のぽつぽつが見える。よく見ると銀が付着していない部分が点々と見られるなど）。
原因 ペットボトルの内壁が親水化されていなかった。
ペットボトルの内容物がなくなったら、直ちに水道水ですすぎ、使用するまで水を満たしておく。

別 法

- 別法① 熱伝導性を調べる。
ビーカーに熱湯を入れ、ほぼ同じ太さ同じ長さの金属棒、ガラス棒、割りばし、プラスチックの棒などを入れ、暖まり方の違いを調べる。
- 別法② 展性・延性を調べる。
金床に鉛やスズを置き、ハンマーで叩いて、展性を調べる。
銅線の端を万力ではさみ固定し、もう一方の端をペンチではさみ、ゆっくり引っ張り、延性を調べる。
- 別法③ 電気伝導性を調べる。
いろいろな固体の電気伝導性を調べ、固体で電気を通すのは金属のみ（例外 炭素）であることを確認する。