

1 3 磁石で探る原子の世界

1 目 的

いろいろな化合物にどれくらいの磁性があるかを調べ、電子軌道と磁性の大小との関連性を探る。

2 準 備

- (1) 器具 電子天秤(0.1mg まで量れるもの)、ネオジウム磁石(直径 3 cm, 厚さ 1 cm), スタンド, アクリルパイプ(直径 5 ~ 6 cm, 長さ 35 ~ 40cm), シャーレ(ガラス製)
- (2) 薬品 モール塩($\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$), ヘキサシアノ鉄(II)酸カリウム($\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), 塩化鉄(III)(FeCl_3), 塩化銅(II)(CuCl_2), 結晶硫酸銅(II)($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), 硫酸ニッケル($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), 塩化ニッケル($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), 硫酸亜鉛($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 硫酸コバルト($\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 塩化ナトリウム(NaCl), 硫酸マンガン(MnSO_4), 二酸化マンガン(MnO_2), 過マンガン酸カリウム(KMnO_4), 硫酸アルミニウム($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), 三酸化モリブデン(MoO_3)

(3) 測定装置

ア 直径 5 ~ 6 cm, 長さ 35 ~ 40 cm のアクリルパイプを右図のように太線部分を切る。

イ アクリルパイプの上部にシャーレを接着する。

ウ アクリルパイプを、天秤に載せる。

エ 一方、幅 2.5 cm, 長さ 30 cm(くらい)の棒の端に、ネオジウム磁石(直径 3 cm, 厚さ 1 cm)を 3 個乗せる。磁石をセロテープで固定する。

オ 磁石を乗せた棒の磁石のない方を、スタンドに固定する。

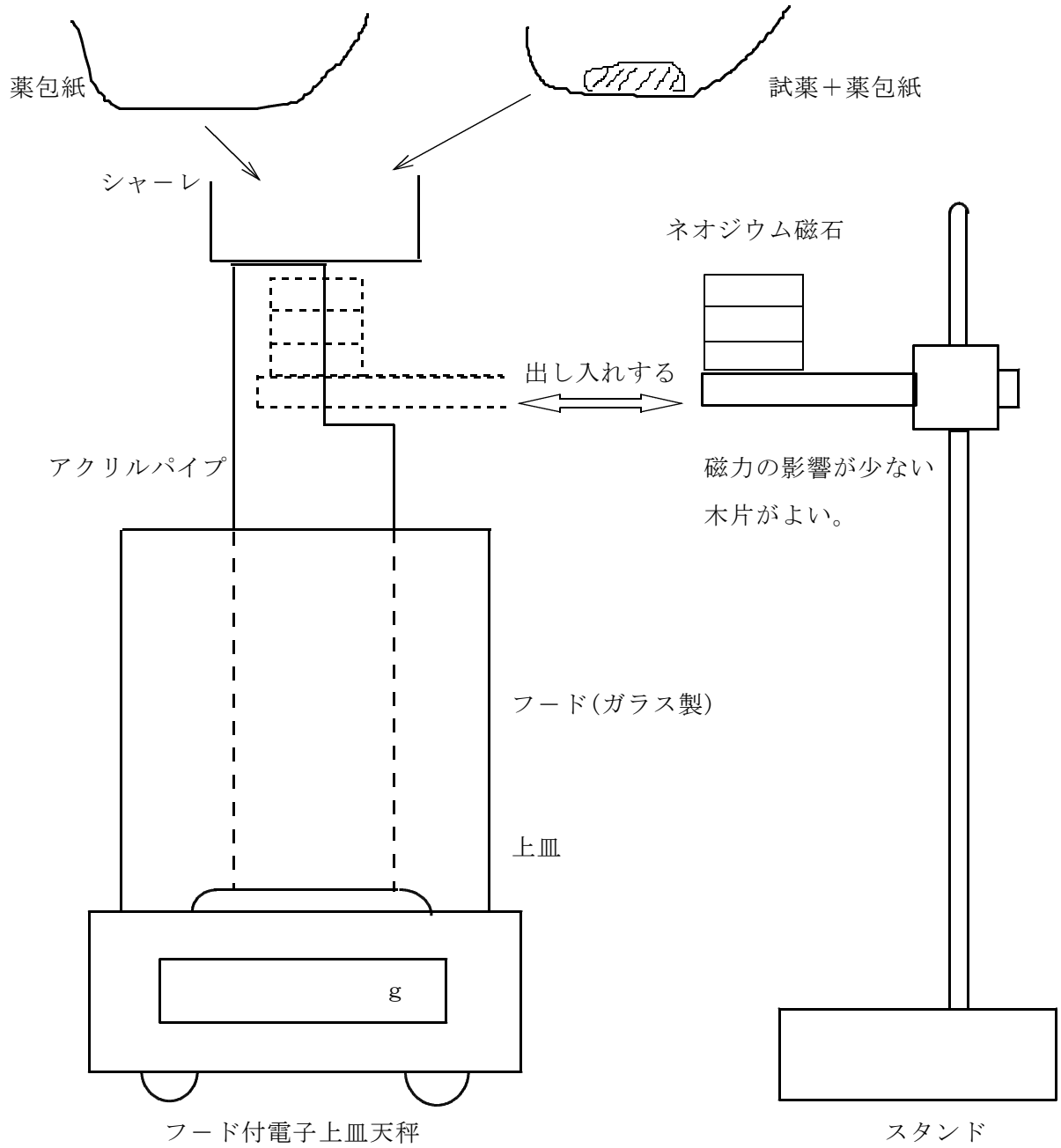
カ スタンドを移動して、磁石がシャーレのすぐ真下に来るように高さを調整し、磁石を載せた棒とアクリルパイプが触れないで固定できているか確認する。



3 方 法

- (1) シャーレ付きアクリルパイプを、0.1 mg まで量れる天秤に載せる。
- (2) 測定する化合物(全て固体)をそれぞれ 1.0 g ずつ薬包紙にとる。
- (3) 化合物の入った薬包紙をシャーレにのせてその重さを量る。
- (4) シャーレの真下に磁石を固定してそのときの電子天秤の目盛りの値を量り、前に量った重さとの差を計算する。
- (5) 化合物を交換して、同様に測定する。
- (6) 薬包紙だけ乗せたときの値を測定しておく。

実験器具概要図



4 結果

各化合物の質量変化値

化合物名	化学式	イオンの価数	d軌道スピン					不対電子	測定値補正值
モール塩	$\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	2	$\uparrow\downarrow$	\uparrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	4	0.0343
塩化鉄(Ⅲ)	FeCl_3	3	\uparrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	5	0.0740
ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム	$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	3	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	\uparrow	×	×	1	0.0095
ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム	$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	2	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	×	×	0	-0.0028
硫酸銅(Ⅱ)	CuSO_4	2	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	\uparrow	1	0.0055
塩化銅(Ⅱ)	CuCl_2	2	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	\uparrow	1	0.0132
塩化ニッケル	$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	2	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	\uparrow	1	0.0136
硫酸ニッケル	$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	2	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	\uparrow	1	0.0168
硫酸亜鉛	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	0	-0.0021
硫酸コバルト	$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	\uparrow	\uparrow	\uparrow	3	0.0255
塩化ナトリウム	NaCl	1	×	×	×	×	×	0	-0.0052
硫酸マンガン(Ⅱ)	MnSO_4	2	\uparrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow	5	0.1015
二酸化マンガン	MnO_2	4	\uparrow	\uparrow	\uparrow	×	×	3	0.0213
過マンガン酸カリウム	KMnO_4	7	×	×	×	×	×	0	0.0017
硫酸アルミニウム	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	2	×	×	×	×	×	0	-0.0002
三酸化モリブデン	MoO_3	6	×	×	×	×	×	0	-0.0158

(※) d軌道スピンとは…

M殻以上の電子殻の中にはs軌道、p軌道、d軌道といったエネルギーレベルの異なる軌道がある。

その電子軌道の中には、互いに逆回転を持つ2個の電子が入って安定する小軌道がある。その小軌道は、s軌道に1つ、p軌道に3つ、d軌道に5つある。つまり、s軌道には2個、p軌道には6個、d軌道には10個の電子が入って安定する。上の表では回転の異なる電子1つ1つを↑と↓で表し(このことを、d軌道スピンという)、電子のない小軌道を×で表した。

5 考察 (生徒のもの)

(1) 測定値について

化合物の入ったシャーレの下に磁石を近づけると、もし測定値がプラスならその化合物は磁石に引き付けられており、マイナスなら磁石と反発しあっているということである。

(2) 小軌道への電子の入り方

最初、各小軌道に、ある回転の向き(↑)で電子が入る。例えば、d軌道に電子が6個で

あれば、下のEx 5)のように5つの小軌道に1つずつ入り、1つの電子が逆回転(↓)で1つの小軌道に入っていく方法①と、5つのすべての小軌道に入らず、3つめの小軌道までに両回転の電子(↑↓)が入る方法②の2通りに分けられる。

Ex 1) d軌道に0個の電子がある場合

×	×	×	×	×
---	---	---	---	---

Ex 2) d軌道に2個の電子がある場合

↑	↑	×	×	×
---	---	---	---	---

Ex 3) d軌道に4個の電子がある場合

↑	↑	↑	↑	×
---	---	---	---	---

Ex 4) d軌道に5個の電子がある場合

①	↑	↑	↑	↑	↑	または	②	↑↓	↑↓	↑	×	×
---	---	---	---	---	---	-----	---	----	----	---	---	---

Ex 5) d軌道に6個の電子がある場合

①	↑↓	↑	↑	↓	↓	または	②	↑↓	↑↓	↑↓	×	×
---	----	---	---	---	---	-----	---	----	----	----	---	---

Ex 6) d軌道↓に7個の電子がある場合

①	↑↓	↑↓	↑	↑	↑	または	②	↑↓	↑↓	↑↓	↑	×
---	----	----	---	---	---	-----	---	----	----	----	---	---

Ex 7) d軌道に9個の電子がある場合

↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑
----	----	----	----	---

(3) 測定値と電子配置の関係を推測する

結果を見ると測定値とスピン軌道は関係があることが分かる。というのはスピン軌道(d軌道)の電子が、Ex4)の①に示すものに近いほど、測定値は大きくなる。逆にEx1)のように電子が不足スピン軌道(d軌道)に電子が入っていないなかったり、上↑と下↓が同数であれば、測定値はマイナスを示すことがわかる。どういうことか?…電気を帯びたもの(ここで言う電子)が移動すれば磁場が発生する。同じ方向の電子は同じ方向の磁力を作り出すので、同じ方向の電子の数が多ければより強い力で磁石と引き合い、↑と↓で向きが逆だと磁力を打ち消しあうということなのだろう。

6 まとめ(教諭)

スピン軌道に電子が1つだけ入っているものが不対電子であり、結果の表にあるように、不対電子の数が多いほど磁力の大きさが強くなるという関係が見られた。価電子数1~5のものは、引っ張られているので常磁性の物質である。価電子数0のものは、磁場を生じないためほとんど引力はない。「三酸化モリブデン」「塩化ナトリウム」は測定値が負になっていて、反磁性がみられる。