

科学部に所属する中学生の晴美さんたちは、授業での実験をきっかけに、原子説に興味を持ち、実験を行いました。[三人の会話]と[実験]を読んで(1)～(12)に答えなさい。

[三人の会話]

晴美： 授業で銅粉を加熱して酸化銅にする実験をしたけど、一定質量の銅に化合する酸素の質量が決まっているというのがすごく不思議だったなあ。加熱すればいくらでも酸素が結合するんだと思っていたわ。

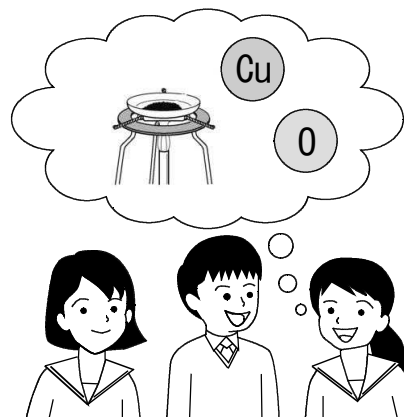
昭雄： 僕もそう思ったよ。良い意味で予想を裏切ってくれるところに理科の面白さがあるね。

奈津： 物質は原子でできていて、1個あたりの質量が決まっている原子どうしが決まった数の比で結合するからそうなるのね。でも、物質が原子という小さな粒でできているなんて、それ自体とても不思議だわ。

晴美： でも、原子なんて知らない昔の人は、原子が決まった質量をもっていて、それが決まった比で結合するなんてこと、どうやって考えついたんでしょうね。

奈津： たしかにそうね。でも、たぶん、いろいろな化学反応の結果から、原子1個あたりの質量を推測していったんだと思うわ。

昭雄： 目に見えない原子の質量を考えるなんて、ほんとうに昔の人はすごいや。



(1) 晴美さんたちの授業の実験では、銅粉0.8 gを加熱したとき、酸化銅が1.0 g生じた。

(a) このとき0.8 gの銅と反応した酸素は何gか、求めなさい。

(b) 酸化銅において、銅原子と酸素原子が結合するときの個数の比は1 : 1である。銅原子1個と酸素原子1個の質量の比はいくらか、求めなさい。

銅 : 酸素 =                      :

[三人の会話]

晴美： 銅と酸素の原子はなぜ1 : 1の個数の比で結合するのかなあ。

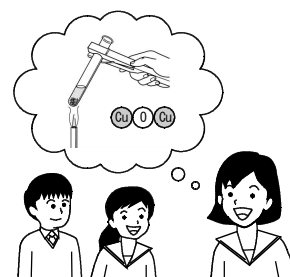
奈津： わたしも不思議に思って、先生に質問したら、実は違う比で結合する酸化銅もあるって教えてくださったの。

昭雄： へえ、でもそんなの中学生にわかるわけがないよ。

奈津： わたしもそう思ったの。でも、その別の酸化銅は教科書にのっているらしいのよ。ベネジクト液で糖を調べるときの赤い沈殿がその酸化銅なんですって。

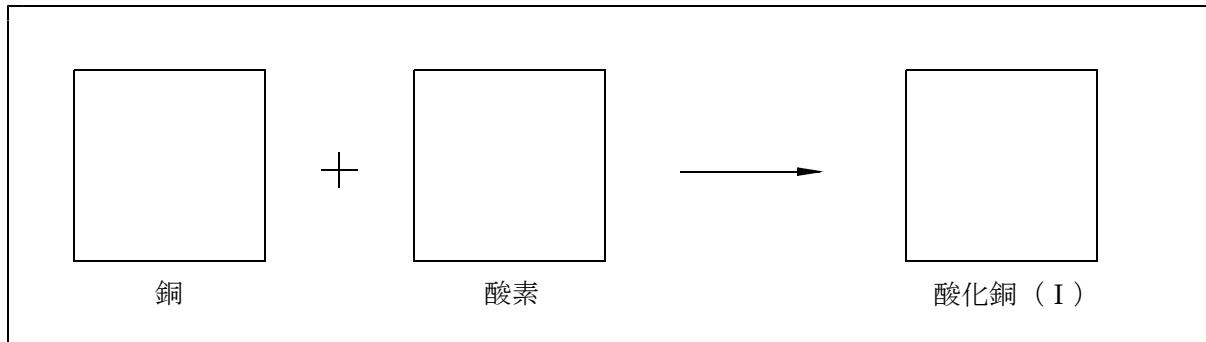
昭雄： ベネジクト液なら知っているよ。うわあ、またまた裏切られちゃったね。

晴美： 中学の教科書には、結構すごいことがのっているのね。



(2) 銅の酸化物には黒色の酸化銅 (Ⅱ) と赤色の酸化銅 (Ⅰ) の2種類がある。空気中で銅を加熱するとき、加熱温度が1000℃より低いときは酸化銅 (Ⅱ) ができるが、1000℃より高いと酸化銅 (Ⅰ) ができる。酸化銅 (Ⅰ) において、銅原子と酸素原子が結合するときの個数の比は2 : 1である。

(a) 銅と酸素が反応して酸化銅 (Ⅰ) ができるときのようすを、銅の原子を (Cu)、酸素の原子を (O)、酸化銅 (Ⅰ) を (CuO) で表したモデルでかきなさい。



(b) 銅と酸素がちょうど反応して酸化銅 (Ⅰ) が生成するときの、銅と酸素の質量の比を求めなさい。

計算	
	答え 銅 : 酸素 =

(c) 銅16.0 g をすべて酸化銅 (Ⅰ) にするために、1100℃でしばらく加熱したが、加熱が不十分であったため、酸化銅 (Ⅰ) と酸化銅 (Ⅱ) の混合物が18.5 g できた。この混合物にふくまれる酸化銅 (Ⅰ) と酸化銅 (Ⅱ) の質量はそれぞれ何 g か、求めなさい。ただし、このとき未反応の銅は残っていないものとする。

計算	
	酸化銅 (Ⅰ) 酸化銅 (Ⅱ)

[三人の会話]

昭雄： 原子説はイギリスのドルトンが1803年に発表したと教科書に書いてあるよ。ドルトンは独自の記号を使って原子の種類を表したんだって。今の原子の記号とずいぶん違うんだね。

晴美： ドルトンは、物質が原子という小さな粒が集まってできているということだけじゃなくて、物質をつくっている原子がその種類によって異なった質量と性質をもつところまで考えていたところがすごかったのね。

奈津： 実はわたし、このへんのことにすごく興味があったから本で調べてみたの。ドルトンは原子説を発表するときに、原子説の証拠として、「倍数比例の法則」というのを発表しているの。この法則は、

A、B 2種類の原子からなる化合物が2種類以上あるとき、これらの化合物を構成する一定質量のAと化合するBの質量の比は簡単な整数比になる。

というもののなの。

昭雄： なんだかむずかしいなあ。

奈津： わたしもよくわからなかったから、先生に相談してみたら、今度、科学部で実験してみようって言ってくださったの。2種類の酸化銅を使って、「倍数比例の法則」を確かめる実験だそうよ。

晴美： それは楽しみね。



[実験]

- ① 十分に乾燥した酸化銅 (I) を1.0 g はかりとり、薬包紙に包んだ。
- ② あらかじめ質量を測定したステンレス皿に、①の酸化銅 (I) をのせ、再び質量を測定した。このとき、薬包紙にはいくらかの試料が付着したままであった。
- ③ ②のステンレス皿を、図1のように燃焼管の中に入れた。
- ④ 気体発生器に亜鉛を入れ、塩酸を加えて水素を発生させた。発生した水素は、水中を通し、さらに、塩化カルシウム管を通して乾燥させた。
- ⑤ 水素を燃焼管の一方より送り込み、数分おいて、燃焼管内に残留空気がないことを確認してから、燃焼管のステンレス皿の部分をガスバーナーで加熱した。
- ⑥ 試料が完全に銅粉に変化したら加熱を止め、燃焼管が冷めるまで水素を通した。
- ⑦ ステンレス皿を燃焼管からとり出して質量を測定した。
- ⑧ 酸化銅 (I) の質量を2.0 g、3.0 g と変化させ、①～⑦の操作を行った。
- ⑨ 酸化銅 (II) について、酸化銅 (I) と同様に①～⑧の操作を行った。
- ⑩ 実験結果を表にまとめた。

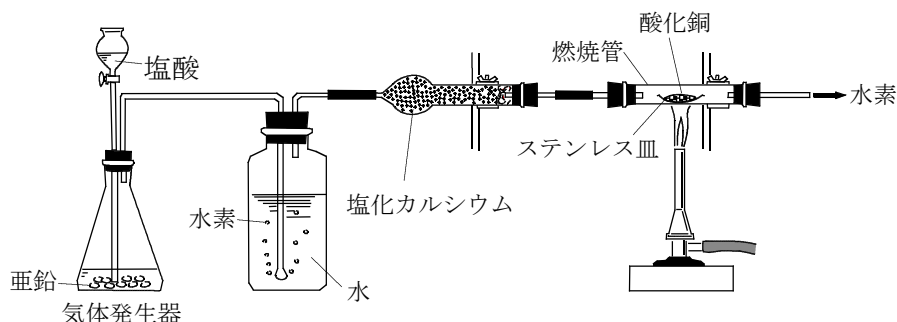


図1

表

試料	①のときの 質量 [g]	ステンレス皿 の質量 [g]	②のときの 質量 [g]	⑦のときの 質量 [g]
酸化銅 (I)	1.0	2.74	3.73	3.62
	2.0	2.72	4.73	4.51
	3.0	2.75	5.77	5.44
酸化銅 (II)	1.0	2.73	3.72	3.53
	2.0	2.76	4.77	4.37
	3.0	2.74	5.73	5.13

(3) 酸化銅 (I) や酸化銅 (II) から銅が生じるように、酸化物から酸素がとり除かれる化学変化を何というか、書きなさい。

(4) 発生した水素を水中に通すのはなぜか、正しいものをア～エより 1 つ選びなさい。

ア 発生した水素を冷却するため。

イ 発生した水素を水に溶かして蓄えておくため。

ウ 亜鉛の蒸気を水に反応させてとり除くため。

エ 塩酸から発生した塩化水素を水に溶かしてとり除くため。

(5) 実験⑤の下線部のように、装置中に残留空気がないことを確認してから加熱するのはなぜか、書きなさい。

(6) 実験結果の表から、酸素の質量 X、銅の質量 Y を求めるため、表の右側に下のような欄を追加した。X、Y を求めるにはどのような計算をすればよいか、表中の P ~ S を用いて (例) のように表しなさい。

表

試料	①のときの 質量 [g]	ステンレス皿 の質量 [g]	②のときの 質量 [g]	⑦のときの 質量 [g]	酸素の質量 [g]	銅の質量 [g]
	P	Q	R	S	X	Y

(例)  $X = P + Q + S$

X =	Y =
-----	-----

(7) 酸化銅 (I) と酸化銅 (II) のそれぞれについて、とり除かれた酸素の質量と生じた銅の質量との関係を表すグラフを、図 2 の方眼紙にかきなさい。

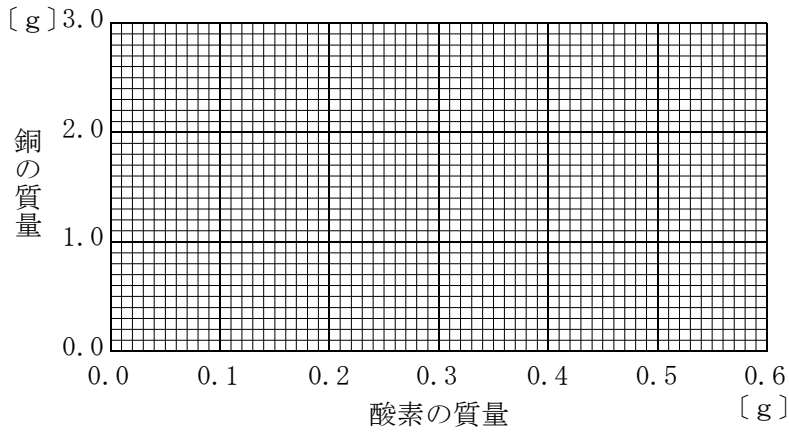


図 2

(8) このグラフの傾きは、何を表しているか、説明しなさい。

(9) 酸化銅 (I) と酸化銅 (II) について、それぞれのグラフの傾きを整数値で求めなさい。

酸化銅 (I)	酸化銅 (II)
---------	----------

(10) 酸化銅 (I) と酸化銅 (II) のグラフの傾きの比を最も簡単な整数比で求めなさい。

酸化銅 (I) : 酸化銅 (II) =                      :

(11) 次の文は、「倍数比例の法則」をこの実験にあてはめて述べた文である。正しい文となるように、文中の ( あ ) ~ ( か ) に適する語句または数値を書きなさい。

( あ ) と ( い ) の 2 種類の原子からなる化合物は、( う ) 及び ( え ) の 2 種類があるが、これらの化合物を構成する一定質量の ( あ ) と化合する ( い ) の質量の比は、簡単な整数比となり、( う ) : ( え ) = ( お ) : ( か ) である。

あ	い	う	え	お	か
---	---	---	---	---	---

[三人の会話]

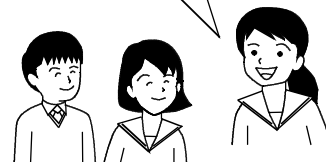
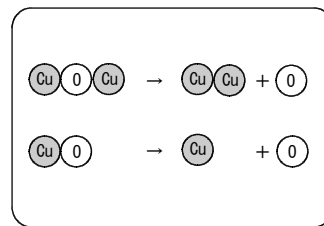
晴美： 「倍数比例の法則」って言葉だけで理解しようとする  
とむずかしいけど、銅と酸素で具体的に考えたらよくわかつ  
たわ。酸素と結びつく銅の質量の比が、2つの酸化物の間  
できれいな整数比になったのには驚いたわ。

奈津： 物質をつくっている小さな粒が決まった質量をもってい  
て、それが決まった割合で結びついたり、離れたりしてい  
るから、整数比になるのね。

昭雄： 教科書で原子について学んだときは、原子説のすごさが  
それほど感じられなかったけど、こうやって実験するとほ  
んとうにすごいと感じるね。

奈津： 原子を直接目で見ることにはできないけれど、化学反応を、ただぼんやりとながめるだけで  
なく、質量を精密に測定したり、反応の条件を整えたりして、科学的に分析すれば、原子が  
あるという証拠がきちんと得られるのね。

晴美： 酸化物がきれいな銅に変わっていくようすも感動的だったわ。



- (12) ドルトンが、倍数比例の法則を調べるために実際に用いた物質は、酸化銅ではなく、メタンとエチレンという気体であった。メタンとエチレンはともに、炭素と水素からなっているが、ドルトンは、一定質量の炭素に化合している水素の質量の比が、メタン：エチレン＝2：1となっていることを示した。メタンにふくまれる水素の質量の割合が25.0%であるとする、エチレンにふくまれる水素の質量の割合は何%か、小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで求めなさい。

計算

答え

%