

携帯用カイロを使った実験を行った。(1)～(4)に答えなさい。

実験

① カイロをポリエチレンの袋からとり出し、すばやくカイロの質量を測定したところ10.00 gであった。その後すぐ、図1のように、カイロと温度計をメスシリンダー内の底のほうに固定し、メスシリンダーをさかさまにして立て、メスシリンダー内の水位を調整したところ、図2のように水位は cm³ の目盛りの線上にあった。

図1

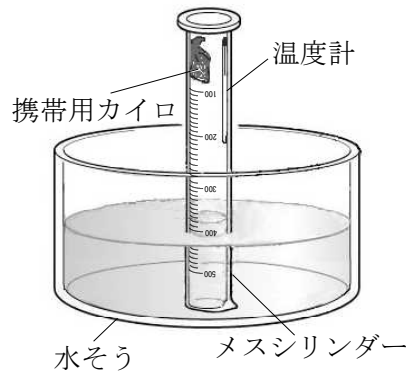
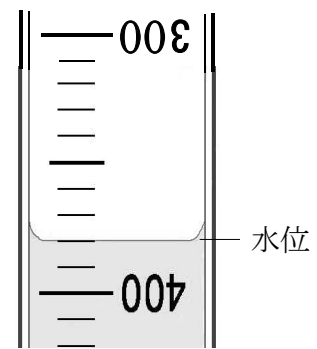
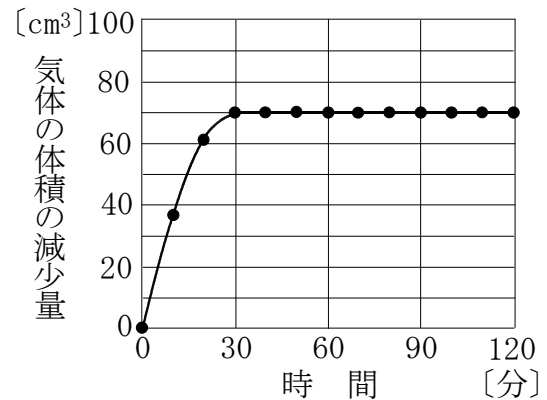


図2



② その後、カイロの中の鉄とメスシリンダー内の酸素が反応して熱が発生してきた。10分ごとに、メスシリンダー内の気体の体積の減少量を調べた。図3は、その結果を示したものである。

図3



③ 2時間後、メスシリンダー内の温度は、熱が発生する前の温度にもどっていたので、カイロをメスシリンダーからとり出し、すばやく質量を測定したところ10.10 gであった。

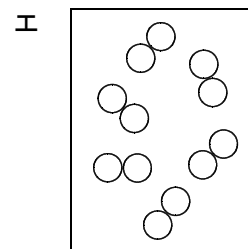
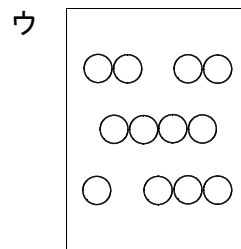
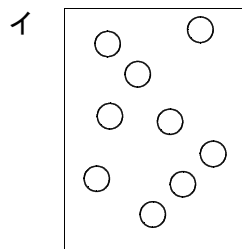
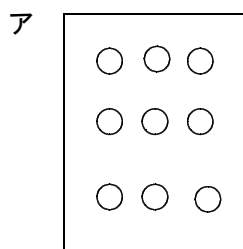
④ メスシリンダーからとり出したカイロを、そのまま置いておくとカイロの温度が再び上昇してきた。

⑤ メスシリンダーに入れていたカイロと温度計の体積を調べたところ、合計で20 cm³であった。

(1) **実験** ①で、 にあてはまるメスシリンダー内の水位はいくらか、書きなさい。

【解説】 メスシリンダーの目盛りを読むときは、液面のへこんだ面を真横から水平に見て、最小目盛りの10分の1まで目分量で読みとる。

(2) 空気中の酸素のようすを表したモデルとして適切なものはどれか、ア～エから1つ選びなさい。ただし、○は酸素原子を表すものとする。



【解説】 単体の酸素は、酸素原子2個が結びついた酸素分子の状態で存在している。また、気体の酸素は分子が自由に運動しているので「エ」が正しいモデルとなる。

- (3) 次は、**実験**の結果をもとに、反応前のメスシリンダー内において、空気にふくまれていた酸素の体積の割合を求めようと、花子さんが考えたものである。①～⑥の□には、あてはまる語句や言葉を、⑦の□には、あてはまる数値を書きなさい。ただし、⑦の□は、小数第1位を四捨五入して整数で書きなさい。

【花子さんの考え】

反応前のメスシリンダー内において、空気にふくまれていた酸素の体積の割合を求めるには、反応前のメスシリンダー内の空気の体積と酸素の体積がわかればよい。すると、

$$\begin{aligned} & \text{空気にふくまれていた酸素の体積の割合 [\%]} \\ &= \frac{\text{① 反応前のメスシリンダー内の酸素の体積}}{\text{② 反応前のメスシリンダー内の空気の体積}} \times 100 \end{aligned}$$

となり、酸素の体積の割合を求めることができる。

まず、反応前のメスシリンダー内の空気の体積を考えることにする。これは、図2のメスシリンダーの水位の値から、③ **カイロと温度計**の体積をひくことで求めることができる。

また、メスシリンダー内での化学反応は、カイロの中の④ **鉄**と空気中の⑤ **酸素**が結びつく反応なので、反応前のメスシリンダー内の酸素の体積は、図3の気体の体積の減少量から求めることができる。しかし、この場合、メスシリンダー内のすべての酸素が化学反応により消費されたということが必要であるが、このことは、⑥ **メスシリンダーからとり出したカイロを、そのまま置いておくとカイロの温度が再び上昇してきた**という結果から、メスシリンダー内のすべての酸素が化学反応によって消費されたと考えてもよいことがわかる。

このようにして求めた2つの値を、式に代入して求めたところ、反応前のメスシリンダー内において、空気にふくまれていた酸素の体積の割合は、⑦ **19** %となった。

【解説】

- ③ **実験** ①で、水位は380 cm³ であるが、メスシリンダー内には「カイロと温度計」が入っているので、380 cm³ からカイロと温度計の体積の20 cm³ をひく。
- ④⑤ 鉄粉は空気中の酸素と結びつき、そのときに熱を発生する。携帯用カイロはこの反応を利用したものである。
- ⑥ 「メスシリンダーからとり出したカイロを、そのまま置いておくとカイロの温度が再び上昇してきた」のは、カイロの中に酸素と反応していない鉄粉が残っていたためである。これは、カイロの中のすべての鉄粉が酸素と反応するまでに、メスシリンダー内の酸素が反応によって消費されたためであると考えられる。

- ⑦ 「反応前のメスシリンダー内の空気の体積」は 360 cm^3 、「反応前のメスシリンダー内の酸素の体積」は、図3の気体の減少量より 70 cm^3 である。よって、次の式により求められる。

$$\begin{aligned} \text{空気にくまれていた酸素の体積の割合} [\%] &= \frac{70}{360} \times 100 \\ &= 19.4 \end{aligned}$$

よって、19 [%] となる。

- (4) **実験** を行った実験室の空気の体積を 400 m^3 とすると、実験室内の空気にくまれている酸素の質量は何kgか、**実験** や(3)の結果をもとにして求めなさい。ただし、**実験** において、カイロの質量の増加は酸素によるものとし、実験室内の空気は反応前のメスシリンダー内の空気と同じ状態であるものとする。なお、小数第1位を四捨五入して整数で書きなさい。

109 kg

【解説】

$400 \text{ [m}^3\text{]} = 400000000 \text{ [cm}^3\text{]}$ であり、
この中にふくまれている酸素の体積は、(3)の結果から、
 $400000000 \times 0.19 = 76000000 \text{ [cm}^3\text{]}$ となる。
また、図3と**実験** ③から、酸素 $70 \text{ [cm}^3\text{]}$ の質量は 0.10 [g] である。
酸素 $76000000 \text{ [cm}^3\text{]}$ の質量を $A \text{ [g]}$ とすると、
 $0.10 \text{ [g]} : 70 \text{ [cm}^3\text{]} = A \text{ [g]} : 76000000 \text{ [cm}^3\text{]}$ となる。
 $A = 108571.4 \text{ [g]}$
 $= 108.5714 \text{ [kg]}$
よって、109 [kg] となる。