

科学部に所属する中学生の晴男さんたちは、酸とアルカリに興味をもち、実験を行った。

[三人の会話] と [実験 1]・[実験 2] を読んで(1)～(13)に答えなさい。

[三人の会話]

晴男さん：授業で酸性のもとになるものが水素イオンだって習ったけど、とても驚いたよ。酸性というくらいだから酸素原子が関係していると思っていたからね。

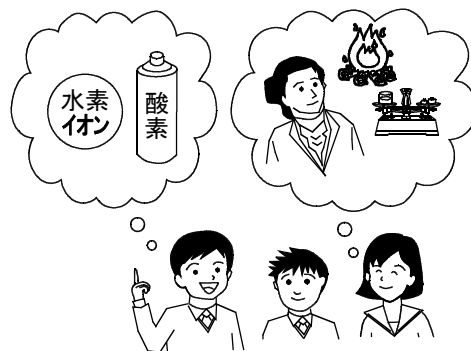
夏雄さん：そんなことを考えていたなんてすごいね。僕はあまり深く考えなかったよ。

亜季さん：「酸素」の名前は、フランスのラボアジエが、①金属以外の物質が気体の酸素と反応すると酸ができることから、この気体が酸のもとだと考えて名付けたんだって。

晴男さん：ラボアジエってどんな人だろう。僕と同じ間違いをした人だから気になるよ。

亜季さん：ラボアジエは、ものが燃えるのは酸素と化合することだという「燃焼理論」や化学反応の前後で質量の総和が変化しないという「質量保存の法則」を発見した、とても偉大な科学者なのよ。

夏雄さん：そんなすごい人と同じことを考えるなんてたいしたものだね。



(1) 水素イオンの化学式、酸素原子の原子の記号を書きなさい。

水素イオン	酸素原子
-------	------

(2) 次の文は、下線部①について述べたものである。正しい文になるように、文中の (あ)・(い) にあてはまる言葉を書きなさい。

木炭が燃焼して酸素と反応すると、気体の (あ) となる。これが水に溶けると、(い) 水となり、酸性を示す。

あ	い
---	---

[三人の会話]

晴男さん：ところで、どうして酸素ではなく水素イオンだってわかったんだろうね。

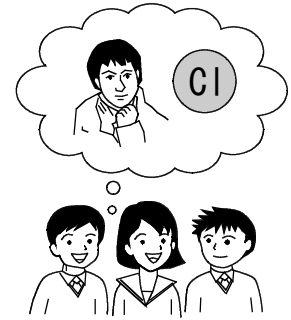
亜季さん：はっきりと水素イオンだとわかるのは、ラボアジエが酸素の命名をしてから100年くらい後になるのよ。でも、まずは、イギリスのデービーが塩酸に酸素がふくまれないことを示したことで、酸のもとが酸素ではないということがわかったの。

晴男さん：確かに塩酸には酸素はふくまれないね。僕たちは化学式を知っているからすぐにわかるけど、デービーはどうやって、そのことを調べたのだろう。

亜季さん：デービーは②塩酸を電気分解して、2種類の気体を取り出し、1つがすでに知られていた水素であり、もう1つが③塩素という酸素をふくまない単体だということを示したのよ。そのことで塩酸には酸素がふくまれないことがわかったの。

夏雄さん：塩酸の電気分解なら授業で実験したね。あのプールを消毒するときのにおいは忘れられないなあ。

亜季さん：デービーは、「イオン」を最初に考えたファラデーを育てた科学者でもあるのよ。



(3) 下線部②に関して、塩酸は塩化水素の水溶液であり、電気分解すると水素と塩素が得られる。表1は、塩化水素、塩素、水素、酸素についての性質をまとめたものである。(あ)～(え)にあてはまる言葉を書きなさい。

表1

気体名	色	におい	空気と比べた重さ	水への溶けやすさ
塩化水素	なし	(あ)	重い	非常に溶けやすい
水素	なし	なし	非常に軽い	(い)
塩素	(う)	刺激臭	重い	溶けやすい
酸素	なし	なし	(え)	溶けにくい

あ	い
う	え

(4) 下線部③に関して、気体として取り出したある純物質 X に酸素がふくまれることを示す実験結果として適切なものはどれか、ア～エから1つ選びなさい。

- ア 集気びんに入れた X 中に、加熱した銅を入れると激しく燃焼した。
- イ 試験管に X と B T B 溶液を加えた水を入れて振り混ぜると黄色くなった。
- ウ X と木炭が入った密閉容器を加熱し、発生した気体を石灰水に通すと白く濁った。
- エ X と水素の混合気体に点火すると爆発的に反応した。

[三人の会話]

晴男さん：ところで、アルカリ性のもとになるものが水酸化物イオンだということはどのようにしてわかったのかな。

亜季さん：酸性のもとになるのが水素イオン、アルカリ性のもとになるのが水酸化物イオンという考えは、スウェーデンの科学者アレーニウスが考えたのよ。アレーニウスは水溶液の中で電解質が電離してイオンになっているという「電離説」を提唱し、それと同じ頃にこの考えを発表したの。

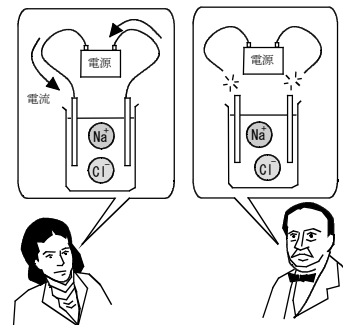
夏雄さん：あれ、イオンの考えはファラデーが考えついたんじゃないかな。

亜季さん：確かにそうだけど、ファラデーは電流を通したときだけイオンになると考えていたのよ。アレーニウスは電流を通していなくても電離してイオンになっていると考えたの。その考えはとても画期的なことだったので、最初は支持してもらえなかったの。

晴男さん：確かに溶けているだけで、電気をもった粒子になっているなんて、普通には考えられないよ。

亜季さん：この考えには、電離することにより溶質の粒子の個数が変化しているということが重要なヒントになったのよ。

夏雄さん：よし、今度の中和の実験では、できるだけイオンのような粒子の個数をイメージしながら実験してみよう。



(5) 下線部④について、塩酸と酢酸ではそれぞれの分子が水溶液中で電離する割合が異なっており、うすい水溶液中において、塩化水素ではすべての分子が電離するが、酢酸ではもとの酢酸分子の1.7%しか電離しない。塩化水素分子と酢酸分子が、それぞれ1000個ずつあり、うすい水溶液中で電離しているとしたとき、(a)・(b)に答えなさい。ただし、1個の酢酸分子は、電離すると水素イオン1個と酢酸イオン1個を生じる。

(a) それぞれの水溶液中にある水素イオンの個数は何個か、求めなさい。

塩酸	個	酢酸	個
----	---	----	---

(b) それぞれの水溶液中にある、溶質の粒子の合計の数は何個か、求めなさい。

塩酸 (考え方)	答え	個
酢酸 (考え方)	答え	個

【実験1】

- ① 図1のように、ビーカーに2.5%水酸化ナトリウム水溶液10.0cm³を入れ、フェノールフタレイン溶液を2、3滴加えた。
- ② 図2のように、こまごめピペットを用いて、①のビーカーに、2.5%塩酸を少しずつ注意深く、ビーカー内の水溶液の赤色がちょうど消えるまで加えた。
- ③ 図3のように、水溶液の一部をガラス棒でスライドガラスにとり、水分を蒸発させ、現れた結晶を顕微鏡で観察した。

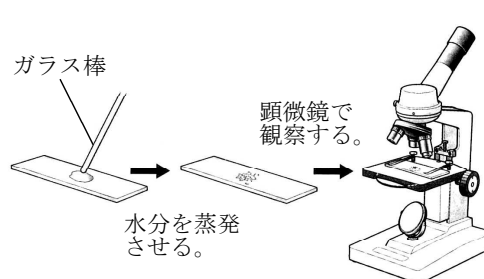
図1



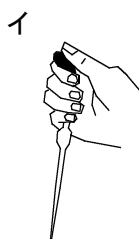
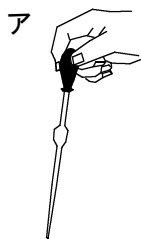
図2



図3



(6) こまごめピペットの持ち方として正しいものはどれか、ア～エから1つ選びなさい。



(7) 【実験1】②でフェノールフタレインの赤色が無色になったことから考えられることを、「水酸化ナトリウム」、「酸」、「アルカリの性質」という言葉を用いて説明しなさい。

(8) 【実験1】②での水酸化ナトリウムと塩酸の反応を化学反応式で表しなさい。

(9) [実験1] ①で水酸化ナトリウム水溶液にふくまれていたナトリウムイオンの個数をAとしたとき、[実験1] ②で、次の(a)、(b)のときのイオンの個数の合計をAを用いた式で表しなさい。

(a) 水溶液の赤色がちょうど消えたとき。

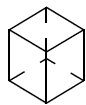
(考え方)	
	答え 個

(b) 水溶液の赤色がちょうど消えたときの2倍の量の塩酸を加えたとき。

(考え方)	
	答え 個

(10) [実験1] ③で観察された結晶の形として正しいものはどれか、ア～エから1つ選びなさい。

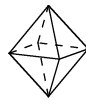
ア



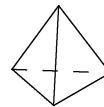
イ



ウ



エ



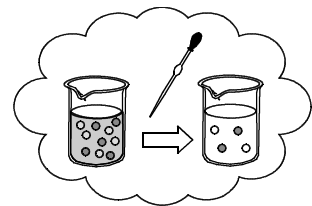
--

[三人の会話]

晴男さん：中和の実験は最初は単純だと思っていたけど、やってみると興味深かったよ。加えた塩酸がだんだんと多くなってくると、一度色が消えてから赤色に戻るのが遅くなっていき、水酸化物イオンの数が減っていることがよくわかったよ。

夏雄さん：僕は、最初、塩酸を一気に入れてしまって、すぐに透明になってしまったよ。

亜季さん：私は、クラスみんながほぼ同じ量の塩酸でちょうど中和することにとっても驚いたわ。中和をするときの、濃度や体積についてももう少し詳しく実験してみましよう。



[実験 2]

- ① 図4のように、試験管①～④に2.5%と5.0%の水酸化ナトリウム水溶液をそれぞれ5.0cm³と10.0cm³ずつとり、フェノールフタレイン溶液を2、3滴ずつ加えた。
- ② 図5のように、メスシリンダーに2.5%塩酸を20.0cm³入れ、この塩酸を試験管①に少しずつ加えた。フェノールフタレイン溶液の赤色がちょうど消えたとき、メスシリンダーに残っている塩酸の体積から必要だった塩酸の体積を求め、記録した。
- ③ 同様にして、試験管②～④についても調べた。表2はその結果をまとめたものである。

図4

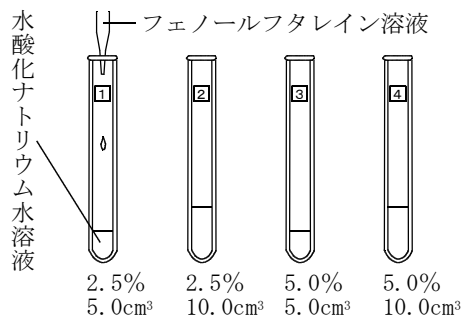
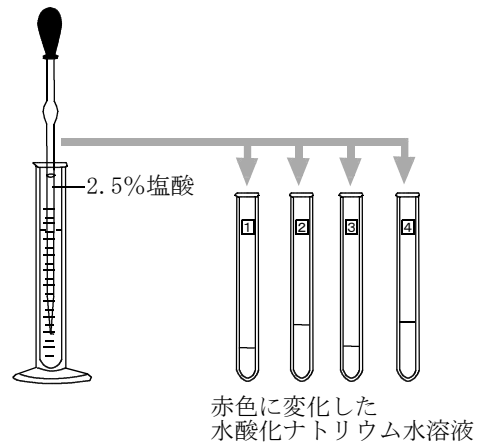


表2

試験管	水酸化ナトリウム水溶液の濃度と体積		水溶液を中性にするのに必要だった2.5%塩酸の体積 [cm ³]
	濃度 [%]	体積 [cm ³]	
①	2.5	5.0	4.4
②	2.5	10.0	8.8
③	5.0	5.0	8.8
④	5.0	10.0	17.6

図5



- (11) 次の文は、[実験 2]で、水酸化ナトリウム水溶液の濃度と体積の両方を①の2倍にした試験管④の結果について考察し、さらに、濃度をm倍、体積をn倍にしたときについて予想したものである。正しい文になるように、文中の (あ) ~ (く) にあてはまる言葉を書きなさい。

水酸化ナトリウム水溶液の濃度と体積の両方を2倍にしたときには、(あ) イオンの数が (い) 倍になり、それを中和するための (う) イオンの数は (え) 倍になるので、必要な塩酸の体積は (お) 倍になった。

水酸化ナトリウム水溶液の濃度をm倍、体積をn倍にしたときには、(あ) イオンの数が (か) 倍になり、それを中和するための (う) イオンの数は (き) 倍になるので、必要な塩酸の体積は (く) 倍になると予想される。

あ	い	う
え	お	か
き	く	

- (12) [三人の会話] 下線部⑤に関して、[実験2]の結果をもとに、[実験1]で夏雄さんが塩酸を加えすぎてしまった水溶液を2.5%水酸化ナトリウム水溶液を用いて中性にしようと考えた。夏雄さんが加えた2.5%塩酸が12.0cm³であったとすると、これを中性にするために加える2.5%水酸化ナトリウム水溶液は何cm³か、小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで求めなさい。

(考え方)

答え

cm³

- (13) 濃度のわからない水酸化ナトリウム水溶液15.0cm³をこの実験で用いた2.5%塩酸と反応させ、[実験2]と同様の操作を行うと、フェノールフタレイン溶液の赤色がちょうど消えるまでに必要だった塩酸の体積は14.0cm³であった。水酸化ナトリウム水溶液の濃度は何%か、小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで求めなさい。

(考え方)

答え

%

[三人の会話]

晴男さん：中和について粒子の個数をイメージしながら考えることで、濃度のことがよく理解できるようになったよ。何事もじっくり考えることが大切だね。

夏雄さん：質量パーセント濃度の計算が苦手だったけど、あの計算の意味がはじめてわかった気がしたよ。

亜季さん：みんなといっしょに話をしながら考えていると、昔の科学者になったような気がしたわ。中学校で習うことって、簡単そうだけど追究すると奥が深いってことをすごく感じたわ。

