

第3章	化学(3年)	高校入試過去問題	化学変化とイオン	2330
			酸・アルカリ	

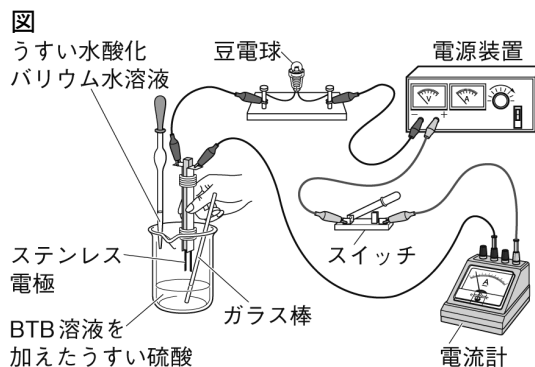
[問題 1] (宮崎 2022 年 2 月)

翔太さんは、中和について調べるために、次のような**実験**を行い、次のようにまとめた。

後の問 1～問 4 に答えなさい。

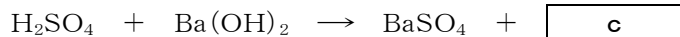
〔実験〕

- ① ビーカーにうすい硫酸 20cm^3 を入れ、緑色の BTB 溶液を 2, 3 滴加えた。
- ② 図のような装置をつくり、①のビーカーにステンレス電極を入れて 3 V の電圧を加え、電流の大きさを実験前の値として記録した。
- ③ うすい水酸化バリウム水溶液を 1cm^3 ずつ加え、電流の大きさと水溶液の色を記録した。



〔まとめ〕

うすい水酸化バリウム水溶液を 8cm^3 加えたときに、水溶液の色は緑色になり、電流は a になった。この水溶液にうすい水酸化バリウム水溶液をさらに加えていったときの電流の大きさは、水溶液の色が緑色のときと比べて b。また、2つの水溶液を混ぜたときにできた白い沈殿は硫酸バリウムであり、**実験**の化学変化は次の化学反応式で表すことができる。



問 1 a , b に入る適切な言葉の組み合わせを、次のア～エから 1 つ選び、記号で答えなさい。

- | | | |
|---|-----------------|-------------|
| ア | a : ほとんど流れなく | b : 大きくなった |
| イ | a : ほとんど流れなく | b : 変わらなかった |
| ウ | a : 実験前の値よりも大きく | b : 大きくなった |
| エ | a : 実験前の値よりも大きく | b : 変わらなかった |

問 2 まとめの化学反応式の c の部分を答えなさい。

問 3 **実験**に関する説明として、適切なものはどれか。次のア～エから 1 つ選び、記号で答えなさい。

- ア うすい水酸化バリウム水溶液を 4cm^3 加えたときには中和は起こっていない。
- イ 硫酸バリウムは水中でバリウムイオンと硫酸イオンに電離しやすい。
- ウ うすい水酸化バリウム水溶液を 10cm^3 加えたときと、 12cm^3 加えたときの硫酸バリウムの沈殿の量は同じである。
- エ うすい水酸化バリウム水溶液を 8cm^3 加えたときの水溶液は中性であり、 9cm^3 以上加えても水溶液は中性である。

問 4 翔太さんは、中和についてさらに調べるために、うすい塩酸にうすい水酸化ナトリウム水溶液を加えた水溶液を用意した。この水溶液に緑色のBTB溶液を2, 3滴加えたところ、水溶液の色が青色になった。このとき、水溶液中の塩化物イオン (Cl^-) とナトリウムイオン (Na^+) の数の関係として、適切なものはどれか。次のア～ウから1つ選び、記号で答えなさい。

- ア Cl^- より Na^+ の方が少ない。 イ Cl^- より Na^+ の方が多い。
 ウ Cl^- と Na^+ の数は同じである。

[解答欄]

問 1	ア
問 2	$2\text{H}_2\text{O}$
問 3	ウ
問 4	イ

[解説]

問 1, 2

この**実験**における化学変化は、 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ の化学反応式で表される中和反応である。矢印の前後で原子の総数が等しくなるので、水の分子は2つ生じる。

また、^{えん}塩として生じる硫酸バリウムは沈殿となり、水にとけにくいので、中和が進むとビーカー内からはイオンが減少する。このため、ちょうど中和して中性になると、ビーカー内にはイオンがほぼ存在しないので、電流はほとんど流れなく (a) なる。

中性となったことは、BTB溶液が緑色となったことから判別できる。

ここからさらにうすい水酸化バリウム水溶液を加えると、ビーカー内にはイオン (水酸化バリウムの電離によって生じた Ba^{2+} と OH^-) が増加するので、電流の大きさは大きくなる (b)。

問 3

ア…中和反応は、ちょうど中和するまではどの時点でも起こっているので誤り。

イ…硫酸バリウムは水にとけにくい沈殿となるため、電離しにくいといえるので誤り。

ウ…うすい水酸化バリウム水溶液 8 cm^3 を加えたときにBTB溶液は緑色となり、ちょうど中和したと考えられる。したがって、それ以上加えても、水溶液中には反応するうすい硫酸が残っておらず、ちょうど中和するまでにできた沈殿の量は変わらない。

エ…ちょうど中和した時点では水溶液は中性となるが、さらにうすい水酸化バリウム水溶液を加えると、 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^-$ のように電離してできた OH^- によって、水溶液はアルカリ性を示すので誤り。

問 4 混ぜ合わせた水溶液でBTB溶液が青色、すなわちアルカリ性を示すことから、混ぜ合わせる前のうすい塩酸中の H^+ と、うすい水酸化ナトリウム水溶液中の OH^- では、 OH^- の方が多い。塩酸が電離すると H^+ と Cl^- が1 : 1の数の比で同数生じ、また、水酸化ナトリウムが電離すると OH^- と Na^+ が1 : 1の数の比で同数生じるので、 H^+ より OH^- の方が多いとき、 Cl^- より Na^+ の方が多いといえる。

[問題 2] (熊本 2022 年 2 月)

次の各問いに答えなさい。

問 1 優子さんは、先生から「学校のオキシドールは購入後時間がたっているので、分解が進んでしまっていると思う」という話を聞き、どれくらい分解しているかを調べるため、次の**実験 I**、**II**を行った。

実験 I

過酸化水素 3.0%と表示されている購入後間もないオキシドールを、**図 16**のようにビーカーに 200.0 g はかり取り、1.0 g の二酸化マンガンを加えると、過酸化水素が分解し、気泡が発生し始めた。電子てんびんを用いて、ビーカー内の混合物の質量を 1 分ごとに 10 分間測定した。

気泡が発生しているビーカーの中に火のついた線香を入れると、激しく燃焼した。

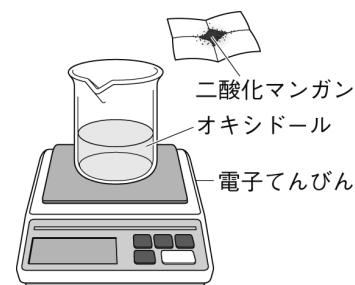
図 16

表 17 は、この実験での測定結果を示したものである。

なお、二酸化マンガンは、過酸化水素の分解を促すはたらきがあるが、二酸化マンガンは他の物質に変化することはない。

表 17

時間 [分]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
混合物の質量 [g]	201.0	199.8	199.3	198.9	198.6	198.5	198.4	198.3	198.2	198.2	198.2

実験 II

購入後時間がたったオキシドールを使用して、**実験 I**と同様の操作を行ったところ、**実験 I**と同じく気泡が発生した。**表 18** は、この実験での測定結果を示したものである。

表 18

時間 [分]	0	1	2		3	4	5	6	7	8	9	10
混合物の質量 [g]	201.0	200.1	199.7		199.5	199.4	199.3	199.3	199.3	199.3	199.3	199.3

(1) 実験を行うときの一般的な注意点として誤っているものを、次のア～エから一つ選び、記号で答えなさい。

ア 気泡が発生する実験は、換気扇を回すなど、換気のよい状態で行う。

イ 危険な試薬を使うときは、保護眼鏡を着用する。

ウ 試薬びんに入った溶液をビーカーに注ぐときは、ガラス棒を伝わせる。

エ 実験で使用した薬品は、実験後すぐに流しに捨てる。

(2) オキシドールは① (ア 溶質 イ 溶媒) である過酸化水素が水に溶けた水溶液である。3.0%の過酸化水素水 200.0 g に含まれる過酸化水素は ② g である。

①の () の中から正しいものを一つ選び、記号で答えなさい。また、②に適当な数字を入れなさい。

(3) **実験 I**、**II** で、過酸化水素の分解により発生した気体の化学式を答えなさい。また、この気体と同じ気体を、次のア～エから一つ選び、記号で答えなさい。

ア 塩酸の電気分解を行い、陽極に発生する気体

イ 塩酸の電気分解を行い、陰極に発生する気体

ウ 水の電気分解を行い、陽極に発生する気体

エ 水の電気分解を行い、陰極に発生する気体

- (4) 表 17 において、最も激しく反応しているのはどの時間か。次のア～ウから最も適当なものを一つ選び、記号で答えなさい。また、そう判断した理由を、**混合物の質量**という語を用いて書きなさい。

ア 0～1分 イ 3～4分 ウ 6～7分

- (5) 実験Ⅱで用いたオキシドールの過酸化水素の濃度は何%と考えられるか。表 17 と表 18 を使って計算し、小数第 2 位を四捨五入して答えなさい。

問 2 明雄さんは、レモンの汁で色が変わるハーブティーに興味を持ち、**実験Ⅰ**を行った。

実験Ⅰ

うすい塩酸を用意し、pHメーターでpHを測定した。

次に、図 19 のように、2 本の試験管に、うすい塩酸をそれぞれ 5 cm^3 ずつ入れ、一方にBTB液を、他方にハーブティーを加え、色の変化を観察した。食酢、食塩水、セッケン水、うすい水酸化ナトリウム水溶液についても同様の操作を行い、色の変化を観察した。表 20 は、その結果を示したものである。

図 19

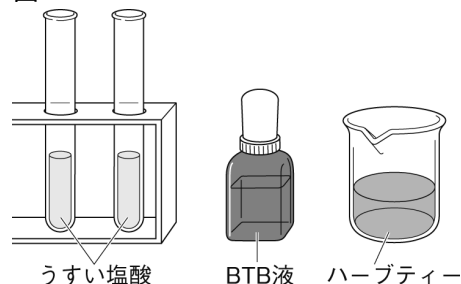


表 20

	うすい塩酸	食酢	食塩水	セッケン水	うすい水酸化ナトリウム水溶液
pH	1	3	7	9	13
BTB液	黄色	黄色	緑色	青色	青色
ハーブティー	赤色	ピンク色	青色	緑色	黄色

- (1) 表 20 からわかることについて、正しく説明しているものはどれか。次のア～エから正しいものを二つ選び、記号で答えなさい。

- ア うすい塩酸と食酢を比べると、食酢の方が酸性が弱い。
 イ ハーブティーが緑色になったセッケン水は、中性である。
 ウ BTB液を使うと、5種類の水溶液を判別できる。
 エ 同じ水溶液でも、BTB液とハーブティーでは変化後の色が異なる。

実験Ⅰから、ハーブティーもBTB液と同様に指示薬として利用できることがわかった。

そこで明雄さんは、ハーブティーを用いて**実験Ⅱ**を行った。

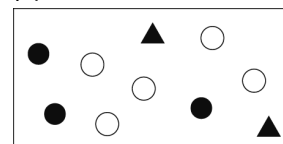
実験Ⅱ 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を、ビーカーA～Eにそれぞれ表 21 のように混合し、その後、ハーブティーを加え、色の変化を観察した。

表 21

	ビーカーA	ビーカーB	ビーカーC	ビーカーD	ビーカーE
塩酸 [cm^3]	5	10	15	20	25
水酸化ナトリウム水溶液 [cm^3]	25	20	15	10	5
ハーブティーを加えた水溶液の色	黄色	黄色	黄色	青色	赤色

- (2) 図 22 は、表 21 のビーカーA～Eのいずれかの水溶液のようすをモデルで表したものである。図 22 は、どのビーカーの水溶液を表したもののか、A～Eの記号で答えなさい。ただし、●は水素イオン、▲はナトリウムイオン、○は塩化物イオンを表している。

図 22



- (3) 表 21 のビーカー B の水溶液を中性にするには① (ア 塩酸 イ 水酸化ナトリウム水溶液) を、
あと ② cm³ 加えればよい。

①の () の中から正しいものを一つ選び、記号で答えなさい。また、② に適当な数字を入れなさい。

- (4) 表 21 のビーカー A ～ E のうち、水溶液に含まれる塩の量が等しいものをすべて選び、記号で答えなさい。

[解答欄]

問 1	(1)	エ			
	(2)	①	ア	②	6.0
	(3)	化学式	O ₂	記号	ウ
	(4)	記号	ア		
		理由	1 分間あたりの混合物の質量の減少量が最も大きいから。		
	(5)	1.8 %			

問 2	(1)	ア		エ	
	(2)	E			
	(3)	①	ア	②	30
	(4)	B , E			

【解説】

問 1 (2)

ポイント 質量パーセント濃度

$$\begin{aligned}\text{質量パーセント濃度} [\%] &= \frac{\text{溶質の質量} [\text{g}]}{\text{溶液の質量} [\text{g}]} \times 100 \\ &= \frac{\text{溶質の質量} [\text{g}]}{\text{溶媒の質量} [\text{g}] + \text{溶質の質量} [\text{g}]} \times 100\end{aligned}$$

オキシドール（うすい過酸化水素水）では、溶質（溶けている物質）は過酸化水素、溶媒（溶質を溶かしている液体）は水である。

3.0%の過酸化水素水 200.0 g 中の過酸化水素の質量を x とすると、 $3.0\% = \frac{x}{200.0 \text{ g}} \times 100$, $x = 6.0 \text{ g}$

(3) 実験 I の「気泡が発生しているビーカーの中に火のついた線香を入れると、激しく燃焼した」ことから、発生した気体は、ものを燃やすはたらきをもつ酸素であると考えられる。**ア**、**イ**…塩酸の電気分解では、陽極に塩素、陰極に水素が発生する。**ウ**、**エ**…水の電気分解では、陽極に酸素、陰極に水素が発生する。

(4) 実験 I で、混合物の質量は、発生した酸素が空気中へ出ていくため減少していく。したがって、「最も激しく反応している時間」は「混合物の質量が最も減少している時間」とほぼ一致すると考えられる。表 17 において、1 分間あたりの混合物の質量の減少量をまとめると、次のようになる。

時間 [分]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
混合物の質量 [g]	201.0	199.8	199.3	198.9	198.6	198.5	198.4	198.3	198.2	198.2	198.2
混合物の質量の減少量 [g]		1.2	0.5	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0

この表より、0～1 分のときが、1 分間あたりの混合物の質量の減少量が最も大きいので、最も激しく反応している時間は、0～1 分のときである。

(5) (2)より、実験 I で使用したオキシドール 200.0 g に含まれている過酸化水素は、6.0 g。混合物の質量の減少量（発生した気体の質量）は、それぞれ、実験 I … $201.0 - 198.2 = 2.8 \text{ g}$ 。実験 II … $201.0 - 199.3 = 1.7 \text{ g}$ 。過酸化水素 6.0 g が分解して発生する気体の質量が 2.8 g であることから、分解して気体 1.7 g を発生する過酸化水素の質量を x とすると、 $6.0 : 2.8 = x : 1.7$, $x = 3.642 \dots \text{ g}$ 。

したがって、実験 II で用いたオキシドールの過酸化水素の濃度は、 $\frac{3.64}{200.0} \times 100 = 1.82$ より、1.8% と考えられる。

問 2 (1) pH の値は 7 が中性で、7 よりも小さいほど酸性が強く、7 よりも大きいほどアルカリ性が強くなる。**ア**…表 20 より、うすい塩酸の pH の値は 1，食酢の pH の値は 3 なので、食酢の方が酸性が弱い。正しい。**イ**…表 20 より、セッケン水の pH の値は 9 であり、アルカリ性である。**ウ**…BTB 液による色の变化は、表 20 より、うすい塩酸と食酢がともに黄色、セッケン水とうすい水酸化ナトリウム水溶液がともに青色であることから、5 種類の水溶液を判別できるとはいえない。**エ**…表 20 より、例として、うすい塩酸は BTB 液では黄色、ハーブティーでは赤色に変化している。正しい。

(2) 図 22 は、ナトリウムイオン 2 個、塩化物イオン 5 個、水素イオン 3 個を表している。水素イオンがあることから、水溶液は酸性と考えられる。表 20 と表 21 より、ビーカー A～C はアルカリ性、ビーカー D は中性、ビーカー E は酸性とわかる。したがって図 22 はビーカー E の水溶液のモデルといえる。

(3) 表 21 で、ビーカー D（ハーブティーを加えた水溶液の色が青色（中性）になっている）の結果より、水酸化ナトリウム水溶液 10 cm^3 と過不足なく中和する塩酸の体積は 20 cm^3 である。ビーカー B の水酸化ナトリウム水溶液の体積はビーカー D の 2 倍の 20 cm^3 なので、中和する塩酸の体積もビーカー D の 2 倍で 40 cm^3 にすればよい。ビーカー B にはもともと塩酸が 10 cm^3 入っているの、塩酸をあと 30 cm^3 ($40 - 10 = 30 \text{ cm}^3$) 加える。

(4) 塩の量が等しいものを選ぶので、ビーカー D の結果（塩酸：水酸化ナトリウム = 2 : 1 で過不足なく反応する）を基準に、反応する塩酸と水酸化ナトリウムの体積の比が等しいものを選ばばよい。ビーカー A～C は水酸化ナトリウムの一部が反応せずに余り、ビーカー E は塩酸が反応せずに余るので、ビーカー A～C のうちから、反応する水酸化ナトリウム水溶液の体積がビーカー E と同じ (5.0 cm^3) ものを

選ぶ。

- ビーカー **A**…塩酸 5 cm^3 と反応する水酸化ナトリウム水溶液の体積は、 $5 \div 2 = 2.5$ より 2.5 cm^3
 - ビーカー **B**…塩酸 10 cm^3 と反応する水酸化ナトリウム水溶液の体積は、 $10 \div 2 = 5$ より 5 cm^3
 - ビーカー **C**…塩酸 15 cm^3 と反応する水酸化ナトリウムの体積は、 $15 \div 2 = 7.5$ より 7.5 cm^3
- したがって、水溶液に含まれる塩の量が等しいのは、ビーカー **B** と **E** である。

[問題 3] (山口 2022 年 2 月)

水溶液によって電流の流れやすさが異なることを学んだSさんは、次の〔仮説 1〕を立て、〔実験 1〕を行った。あとの問 1～問 3 に答えなさい。

〔仮説 1〕

電流が流れる水溶液どうしを混ぜると、混ぜる前の水溶液と比べて電流がもっと流れるようになる。

〔実験 1〕

- ① 2%の塩酸と2%の水酸化ナトリウム水溶液を用意した。
- ② ①の塩酸を4 mLずつ4個のビーカーにはかりとり、それぞれ液A₁～液A₄とした。
- ③ ①の水酸化ナトリウム水溶液を4 mLずつ4個のビーカーにはかりとり、それぞれ液B₁～液B₄とした。
- ④ 図1のように2つの液を混ぜ、8 mLの液C～液Eをつくった。
- ⑤ 図2のように、ビーカーに入った液A₁に、十分に洗浄した炭素電極を入れ、電源装置、電流計を直列につないだ。
- ⑥ 電源装置のスイッチを入れ、3 Vの電圧を加えた。
- ⑦ 10 秒後に電流計の値 [mA] を読みとり、電源装置のスイッチを切った。
- ⑧ ⑤の液A₁を、液B₁、液C、液D、液Eに変えて、⑤～⑦の操作を行った。
- ⑨ 実験の結果を、表1にまとめた。

図 1

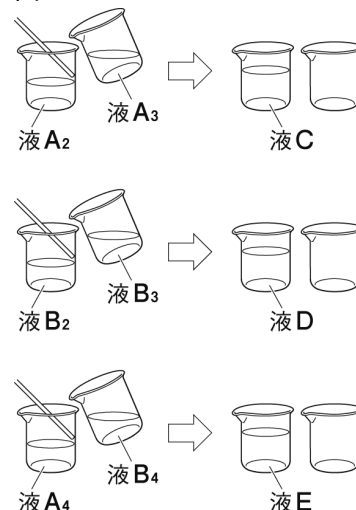


図 2

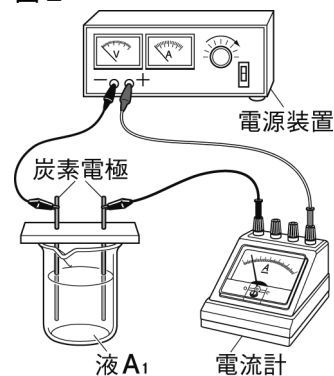


表 1

	液A ₁	液B ₁	液C	液D	液E
液の体積 [mL]	4	4	8	8	8
電流計の値 [mA]	22	12	22	12	5

問 1 水に溶けると水溶液に電流が流れる物質を何というか。書きなさい。

問 2 〔実験 1〕の⑥では、液A₁で塩化水素HClの電気分解が起こった。塩化水素の電気分解を、化学反応式で書きなさい。

問3 [実験1]を終えたSさんは、T先生と、次の□□□□のような会話をした。あとのア、イに答えなさい。

Sさん：混合後の液の電流計の値が、混合前の液の電流計の値よりも大きくなることはありませんでした。

T先生：同じ液どうしを混ぜた場合も、異なる液どうしを混ぜた場合も、[仮説1]が誤っていることがわかったのですね。

実験の結果をもとに、さらに調べてみたいことはありますか。

Sさん：はい。表1のように、液Eの電流計の値が、液A₁や液B₁の電流計の値と比べて小さくなったことに興味があります。いつも小さくなるのでしょうか。

T先生：それでは、新しい仮説を立てて、実験を行ってみましょう。

ア 下線部のように、液Eの電流計の値が小さくなったのは、液中のイオンの量が減少したことが関係している。液中のイオンの量が減少したのはなぜか。その理由を簡潔に述べなさい。

イ Sさんは、この会話の後、T先生のアドバイスをもとに、[仮説2]を立て、[仮説2]を適切に検証することができるよう[実験2]を計画した。□□□□に入る語句として最も適切なものを、次の1～4から選び、記号で答えなさい。

- | | |
|------------|-------------|
| 1 混合後の液の体積 | 2 混合前の塩酸の体積 |
| 3 混ぜる順序 | 4 混ぜる割合 |

[仮説2]

2%の塩酸と2%の水酸化ナトリウム水溶液の混合において、「□□□□」と「混合後の液の電流の流れにくさ」には関係がある。

[実験2]

① 2%の塩酸と2%の水酸化ナトリウム水溶液を、表2のように混ぜた液F～液Jをつくる。

表2

	液F	液G	液H	液I	液J
2%の塩酸の体積[mL]	2	3	4	5	6
2%の水酸化ナトリウム水溶液の体積[mL]	6	5	4	3	2

- ② [実験1]の図2のように、ビーカーに入れた液Fに、十分に洗浄した炭素電極を入れ、電源装置、電流計を直列につなぐ。
- ③ 電源装置のスイッチを入れ、3Vの電圧を加える。
- ④ 10秒後に電流計の値[mA]を読みとり、電源装置のスイッチを切る。
- ⑤ ②の液Fを、液G～液Jに変えて、②～④の操作を行う。
- ⑥ 実験の結果をまとめる。

[解答欄]

問 1	電解質	
問 2	$2\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2 + \text{Cl}_2$	
問 3	ア	水素イオンと水酸化物イオンが反応し、水になったから。
	イ	4

[解説]

問 2 塩化水素HClは塩酸の溶質であり、塩酸を電気分解すると、塩化水素が塩素と水素に分解される。化学反応式では矢印の前後で原子の総数は変わらないため、2分子の塩化水素から1分子ずつの塩素と水素が発生する。

問 3

ア 酸性の水溶液である塩酸と、アルカリ性の水溶液である水酸化ナトリウム水溶液を混ぜると、中和が起こり、混ぜる前にそれぞれの水溶液中でイオンとして存在していた水素イオンと水酸化物イオンが結びついて水の分子をつくる。中和反応が起こった液**E**では、結びついて水となった水素イオンと水酸化物イオンのぶん、液中からイオンの量が減少している。

イ **ポイント** 対照実験

調べたいことがらがあるとき、そのことがらの有無以外の条件をすべて同じにして行う実験。このようにして実験を行うことで、そのことがらが実験の結果に影響をおよぼしているか、いないかを定めることができる。

- 1…混合後の液の体積は、液**F**～**J**ですべて計8mLとなっており、この違いを調べる実験にはならない。
- 2…混合前の塩酸の体積は、液**F**～**J**の順に1mLずつ多くなっており、違いがみられる。しかし、この違いによる影響を調べるには、対照実験の考え方から、塩酸の体積以外の条件をすべて同じにした実験を行うのが適切である。[実験2]では水酸化ナトリウム水溶液の体積もそれぞれの液で変わっているので、混合前の塩酸の体積の違いによる影響のみを正しく調べることはできない。
- 3…混ぜる順序は実験の手順では示されていないが、仮にこれを調べる場合、対照実験の考え方から、「同じ体積の塩酸が入ったビーカー**K**₁と**K**₂、同じ体積の水酸化ナトリウム水溶液が入ったビーカー**L**₁と**L**₂を準備し、**K**₁に**L**₁を加えたものと、**L**₂に**K**₂を加えたものを比較する」といった実験とする必要がある。2と同様に、異なる体積の溶液の混合では、順序による影響のみを正しく調べることはできない。
- 4…混ぜた後の合計の体積が同じであるから、液**F**～**J**で異なるのは、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液のそれぞれの体積が占める割合のみとなり、これらの液の比較は、混ぜる割合の違いによる影響を調べる対照実験となる。

[問題 4] (静岡 2022 年 2 月)

身の回りの物質及び化学変化とイオンに関する問 1, 問 2 に答えなさい。

問 1 気体に関する①, ②の問いに答えなさい。

- ① 次のア～エの中から、二酸化マンガンを入れた試験管に過酸化水素水（オキシドール）を加えたときに発生する気体を 1 つ選び、記号で答えなさい。

ア 塩素

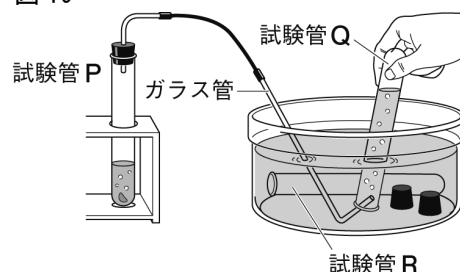
イ 酸素

ウ アンモニア

エ 水素

- ② 図 19 のように、石灰石を入れた試験管 P にうすい塩酸を加えると二酸化炭素が発生する。ガラス管から気体が出始めたところで、試験管 Q, R の順に試験管 2 本分の気体を集めた。

図 19



- a 試験管 R に集めた気体に比べて、試験管 Q に集めた気体は、二酸化炭素の性質を調べる実験には適さない。その理由を、簡単に書きなさい。

- b 二酸化炭素は、水上置換法のほかに、下方置換法でも集めることができる。二酸化炭素を集めるとき、下方置換法で集めることができる理由を、密度という言葉を用いて、簡単に書きなさい。

- c 二酸化炭素を水に溶かした溶液を青色リトマス紙につけると、青色リトマス紙の色が赤色に変化した。次のア～エの中から、二酸化炭素を水に溶かした溶液のように、青色リトマス紙の色を赤色に変化させるものを 1 つ選び、記号で答えなさい。

ア うすい硫酸

イ 食塩水

ウ エタノール

エ 水酸化バリウム水溶液

問2 塩酸に含まれている水素イオンの数と、水酸化ナトリウム水溶液に含まれている水酸化物イオンの数が等しいときに、この2つの溶液をすべて混ぜ合わせると、溶液は中性になる。

質量パーセント濃度が3%の水酸化ナトリウム水溶液が入ったビーカーXを用意する。また、ビーカーAを用意し、うすい塩酸20cm³を入れ、BTB溶液を数滴加える。図20のように、ビーカーAに、ビーカーXの水酸化ナトリウム水溶液を、ガラス棒でかき混ぜながらこまごめピペットで少しずつ加えていくと、8cm³加えたところで溶液は中性となり、このときの溶液の色は緑色であった。

図20

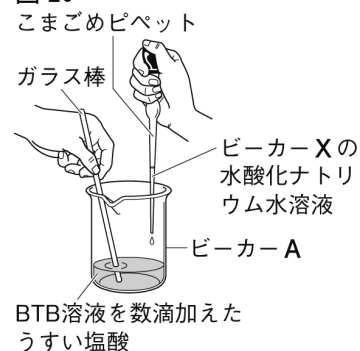
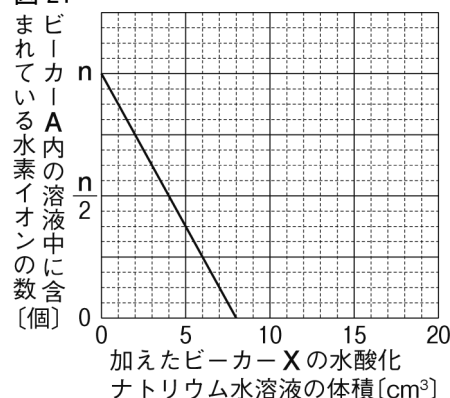


図21は、ビーカーAについて、加えたビーカーXの水酸化ナトリウム水溶液の体積と、ビーカーA内の溶液に含まれている水素イオンの数の関係を表したものである。ただし、水酸化ナトリウム水溶液を加える前のビーカーA内の溶液に含まれている水素イオンの数をn個とし、塩化水素と水酸化ナトリウムは、溶液中において、すべて電離しているものとする。

- ① 質量パーセント濃度が3%の水酸化ナトリウム水溶液が50gあるとき、この水溶液の溶質の質量は何gか。計算して答えなさい。
- ② 酸の水溶液とアルカリの水溶液を混ぜ合わせると、水素イオンと水酸化物イオンが結びついて水が生じ、酸とアルカリの性質を打ち消し合う反応が起こる。この反応は何とよばれるか。その名称を書きなさい。

図21



- ③ ビーカーA内の溶液が中性になった後、ビーカーXの水酸化ナトリウム水溶液をさらに6cm³加えたところ、溶液の色は青色になった。溶液が中性になった後、水酸化ナトリウム水溶液をさらに加えていくと、溶液中の水酸化物イオンの数は増加していく。ビーカーA内の溶液が中性になった後、ビーカーXの水酸化ナトリウム水溶液をさらに6cm³加えたときの、ビーカーA内の溶液に含まれている水酸化物イオンの数を、nを用いて表しなさい。

- ④ ビーカーXとは異なる濃度の水酸化ナトリウム水溶液が入ったビーカーYを用意する。また、ビーカーB、Cを用意し、それぞれに、ビーカーAに入れたものと同じ濃度のうすい塩酸20cm³を入れる。ビーカーBにはビーカーX、Yの両方の水酸化ナトリウム水溶液を、ビーカーCにはビーカーYの水酸化ナトリウム水溶液だけを、それぞれ加える。

ビーカーB、Cに、表1で示した体積の水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、ビーカーB、C内の溶液は、それぞれ中性になった。表1の㊸に適切な値を補いなさい。

表1

	X	Y
B	3 cm ³	15 cm ³
C	0	(㊸) cm ³

[解答欄]

問 1	①	イ	
	②	a	試験管 P の中にあった空気が含まれているから。
		b	空気よりも密度が大きいから。
		c	ア
問 2	①	1.5 g	
	②	中和	
	③	$\frac{3}{4}n$ 個	
	④	24	

[解説]

問 1

- ② a 図 19 のようにして気体を集めるときは、はじめのうちは試験管内の空気が出てくるので、1 本目に集めた試験管の気体は捨てる。
- b 下方置換法では、気体を集める容器の口を上にして気体を集める。容器の下方に集める気体（空気よりも密度が大きい気体）を入れることで、容器内にあった空気が容器の口から出ていくので、集める気体を容器内の空気と置きかえて集めることができる。
- c 青色リトマス紙につけたとき、青色リトマス紙が赤色に変化するのは、酸性の水溶液である。

問 2

- ① 質量パーセント濃度は、溶質の質量が溶液全体の何%にあたるかを表しているので、
 $50 \times \frac{3}{100} = 1.5$ より、1.5 g。
- ③ 図 21 で、加えたビーカー X の水酸化ナトリウム水溶液の体積が 6 cm^3 のとき、ビーカー A 内の水溶液に含まれている水素イオンの数は $\frac{1}{4}n$ で、水素イオンの数は n から $\frac{3}{4}n$ 減少した。水素イオンと水酸化物イオンは、1 : 1 の数の比で結びつくので、ビーカー X の水酸化ナトリウム水溶液 6 cm^3 中に含まれている水酸化物イオンの数は、 $\frac{3}{4}n$ である。中性になったときのビーカー A 内の水酸化物イオンの数は 0 であるので、ビーカー X の水酸化ナトリウム水溶液をさらに 6 cm^3 加えたときにビーカー A 内の溶液中に含まれている水酸化物イオンの数は、 $\frac{3}{4}n$ と考えられる。
- ④ 図 21 より、ビーカー X の水酸化ナトリウム水溶液 3 cm^3 中に含まれている水酸化物イオンの数は $\frac{3}{8}n$ 、したがって、ビーカー Y の水酸化ナトリウム水溶液 15 cm^3 中に含まれている水酸化物イオンの数は、 $n - \frac{3}{8}n = \frac{5}{8}n$ 。ビーカー C では、ビーカー Y の水酸化ナトリウムだけを入れて中性になっているので、ビーカー C に入れたビーカー Y の水酸化ナトリウムの体積を x とすると、 $15 : \frac{5}{8} = x : 1$ 、 $x = 24 \text{ cm}^3$ より、表 1 の ㉞ には 24 が当てはまる。

[問題 5] (兵庫 2022 年 2 月)

化学変化とイオンに関する次の問いに答えなさい。

問 1 電池について、次の実験を行った。

〈実験 1〉

図 1 のような電気分解装置にうすい水酸化ナトリウム水溶液を満し、電源装置につなぎ、電気分解を行った。その後、図 2 のように、電子オルゴールの⊕を電極 X に、⊖を電極 Y につなぐと電子オルゴールが鳴ったことから、図 2 の電気分解装置は電池としてはたらいっていることがわかった。

次に、容器内の水素と酸素の体積と電子オルゴールが鳴っている時間の関係調べるため、電気分解装置を 4 個用意した。その後、電気分解を行い、水素の体積を 4 cm^3 、酸素の体積を 1 cm^3 、 2 cm^3 、 3 cm^3 、 4 cm^3 とし、電子オルゴールにつないだ結果を表 1 にまとめた。

表 1

	電気分解装置			
	A	B	C	D
水素の体積 [cm^3]	4	4	4	4
酸素の体積 [cm^3]	1	2	3	4
残った気体の体積 [cm^3]	2	0	1	2
電子オルゴールが鳴っていた時間 [分]	10	20	20	20

図 1

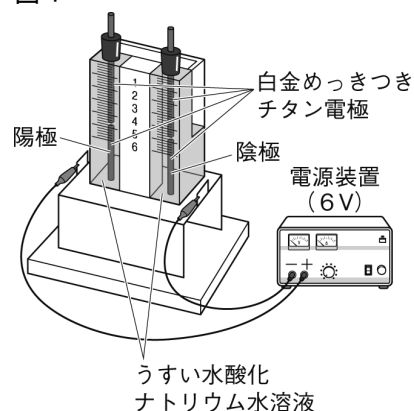
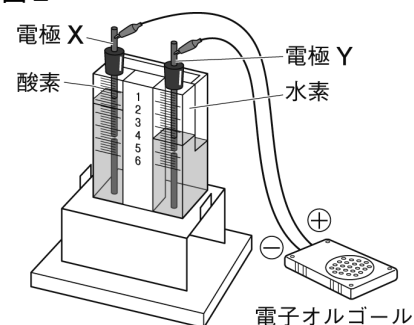


図 2



(1) 水酸化ナトリウム水溶液の性質として適切なものを、次のア～エから 1 つ選んで、その符号を書きなさい。

- ア 青色リトマス紙を赤色に変える。
- イ マグネシウムリボンを入れると、水素が発生する。
- ウ フェノールフタレイン溶液を赤色に変える。
- エ pH の値は 7 より小さい。

(2) 次の文の ① ～ ③ に入る語句の組み合わせとして適切なものを、あとのア～エから 1 つ選んで、その符号を書きなさい。

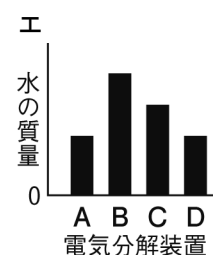
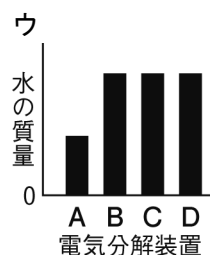
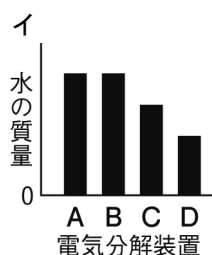
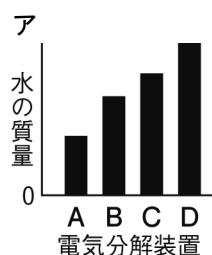
実験 1 において、電子オルゴールが鳴っているとき、電子は ① から ② へ移動する。また、図 2 の電池の一極で反応している気体は、③ と考えられる。

- | | | | | | |
|---------|-------|-----|---------|-------|-----|
| ア ①電極 X | ②電極 Y | ③酸素 | イ ①電極 Y | ②電極 X | ③酸素 |
| ウ ①電極 X | ②電極 Y | ③水素 | エ ①電極 Y | ②電極 X | ③水素 |

- (3) 図2の電池では、水の電気分解と逆の化学変化によって、水素と酸素から水が生じるとともに、エネルギーが変換される。エネルギーの変換と電池の利用について説明した次の文の ①, ② に入る語句の組み合わせとして適切なものを、あとのア～エから1つ選んで、その符号を書きなさい。
- また、③に入る電池として適切なものを、あとのア～エから1つ選んで、その符号を書きなさい。
- 図2の電池は、水素と酸素がもつ ① エネルギーを、② エネルギーとして直接取り出す装置であり、③ 電池と呼ばれる。③ 電池は、ビルや家庭用の電源、自動車の動力として使われている。

【①・②の語句の組み合わせ】	ア ①電気 ②音	イ ①化学 ②電気		
	ウ ①電気 ②化学	エ ①化学 ②音		
【③の電池】	ア 燃料	イ ニッケル水素	ウ 鉛蓄	エ リチウムイオン

- (4) 表1の結果から、電気分解装置A～Dで生じていた水の質量を比較したグラフとして適切なものを、次のア～エから1つ選んで、その符号を書きなさい。



- 問2 うすい硫酸とうすい水酸化バリウム水溶液を用いて、次の実験を行った。

〈実験2〉

うすい水酸化バリウム水溶液をそれぞれ 20cm³ ずつビーカーA～Eにとり、BTB溶液を2, 3滴ずつ加えた。その後、ビーカーA～Eに加えるうすい硫酸の体積を変化させて、(a)～(c)の手順で実験を行った。

- (a) うすい硫酸をメスシリンダーではかりとり、図3のように、ビーカーA～Eにそれぞれ加えて反応させた。

しばらくすると、ビーカーA～Eの底に白い沈殿ができた。

- (b) 図4のように、電源装置と電流計をつないだステンレス電極を用いて、ビーカーA～Eの液に流れる電流をはかった。
- (c) (a)でできた白い沈殿をろ過し、ろ紙に残ったものをじゅうぶんに乾燥させて質量をはかり、加えたうすい硫酸の体積とできた白い沈殿の質量を表2にまとめた。

図3



図4

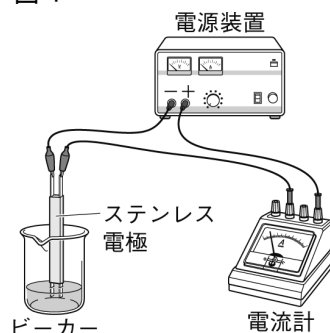


表2

	A	B	C	D	E
加えたうすい硫酸の体積 [cm ³]	10	20	30	40	50
できた白い沈殿の質量 [g]	0.24	0.48	0.72	0.82	0.82

- (1) 水酸化バリウム水溶液に含まれるバリウムイオンについて説明した文として適切なものを、次のア～エから1つ選んで、その符号を書きなさい。

ア バリウム原子が電子1個を失ってできた1価の陽イオンである。
 イ バリウム原子が電子2個を失ってできた2価の陽イオンである。
 ウ バリウム原子が電子1個を受け取ってできた1価の陰イオンである。
 エ バリウム原子が電子2個を受け取ってできた2価の陰イオンである。

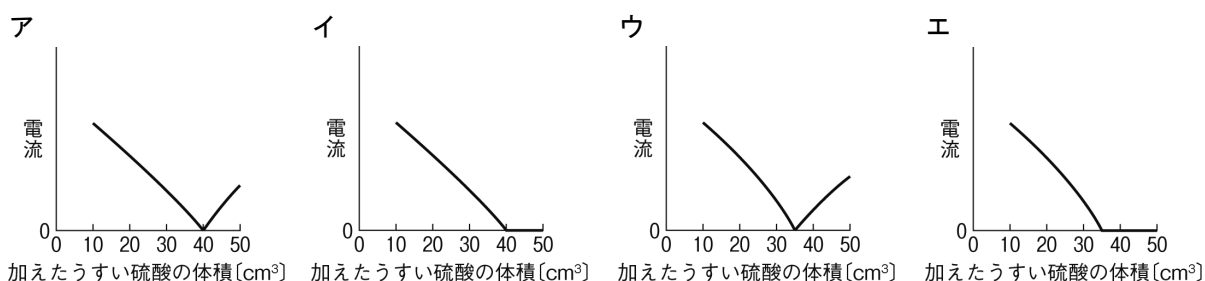
- (2) 次の文の ① , ② に入る色として適切なものを、あとのア～エからそれぞれ1つ選んで、その符号を書きなさい。

うすい水酸化バリウム水溶液が入ったビーカーEにBTB溶液を加えたとき、ビーカーEの液は

① になり、うすい硫酸 50cm³を加えると液は ② になる。

ア 赤色 イ 青色 ウ 緑色 エ 黄色

- (3) 実験2の結果から、加えたうすい硫酸の体積とビーカーA～Eの液に流れる電流の関係を模式的に表したグラフとして適切なものを、次のア～エから1つ選んで、その符号を書きなさい。



- (4) 実験2の後、ビーカーA、Eのろ過した後の液を全て混ぜ合わせて反応させたとき、この液に残る全てのイオンのうち、陰イオンの割合は何%か、四捨五入して整数で求めなさい。ただし、反応前のうすい硫酸 10cm³には水素イオンが 100 個、50cm³には水素イオンが 500 個、うすい水酸化バリウム水溶液 20cm³にはバリウムイオンが 200 個存在するものとする。

[解答欄]

問 1	(1)	ウ			
	(2)	エ			
	(3)	①・②	イ	③	ア
	(4)	ウ			
問 2	(1)	イ			
	(2)	①	イ	②	エ
	(3)	ウ			
	(4)	67 %			

【解説】

問 1

- (1) **ア**…青色リトマス紙を赤色に変える水溶液は酸性である。水酸化ナトリウム水溶液の性質はアルカリ性なので、赤色リトマス紙を青色に変える。
- イ**…うすい塩酸などの酸性の水溶液にマグネシウムなどの金属を入れたとき、水素が発生する。水酸化ナトリウム水溶液はアルカリ性の水溶液なので、水素は発生しない。
- ウ**…フェノールフタレイン溶液は、酸性の水溶液や中性の水溶液に入れたときは無色だが、アルカリ性の水溶液に入れると赤色に変わる。
- エ**…pHの値は7で中性、7より小さくなるほど酸性が強く、7より大きくなるほどアルカリ性が強い。
- (2) 図2の電池につないだ電子オルゴールが鳴っていることから、電子オルゴールの+端子をつないだ電極Xが+極、-端子をつないだ電極Yが-極と考えられる。電流は+極（電極X）から-極（電極Y）の向きに流れ、電子は-極（電極Y）から+極（電極X）の向きに移動する。

(3)

ポイント 燃料電池

水素や酸素がもつ化学エネルギーを電気エネルギーとして直接取り出す装置を燃料電池という。燃料電池では水しか生じないので、環境に与える影響が少ないと考えられる。

- (4) 燃料電池では、水素+酸素→水 ($2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$) という化学変化が起こっている。体積の割合は、水素2に対して酸素1が反応し、水が2できるといえる。したがって、**A**では水素2と酸素1が反応して水が2でき、**B**では水素4と酸素2が反応して水が4でき、**C**では水素4と酸素2が反応して水が4でき、**D**では水素4と酸素2が反応して水が4できる。したがって、水の質量のグラフは**ウ**のようになる。

問 2

- (1) 水に水酸化バリウムを溶かすと、水酸化バリウムは次のように電離する。
 水酸化バリウム→バリウムイオン+水酸化物イオン ($\text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^-$)
 「 Ba^{2+} 」より、バリウムイオンは2価の陽イオンである。2価の陽イオンは、原子が電子を2個失ってできる。
- (2) うすい水酸化バリウム水溶液はアルカリ性なので、BTB溶液を加えると青色になる（酸性では黄色、中性では緑色になる）。ここにうすい硫酸 50cm^3 を加えると、表2より、うすい硫酸の体積が 40cm^3 と 50cm^3 のとき、できた白い沈殿の質量は変わっていないことから、**E**の液では、はじめにあった水酸化物イオン OH^- は全て水となってなくなり、加えた硫酸の水素イオン H^+ が含まれていると考えられるので、酸性である。
- (3) 表2より、できた白い沈殿の質量は、うすい硫酸の体積が $0 \sim 10\text{cm}^3$ の間、 $10 \sim 20\text{cm}^3$ の間、 $20 \sim 30\text{cm}^3$ の間では、いずれも 0.24g ずつふえているが、 $30 \sim 40\text{cm}^3$ の間では、 0.10g となっている。したがって、うすい硫酸の体積が $30 \sim 40\text{cm}^3$ の間で、うすい水酸化バリウム水溶液とうすい硫酸が過不足なく反応して、中性の水溶液ができたと考えられる。この反応でちょうど中性となったときには水溶液に電流は流れないため、電流の大きさは過不足なく反応する $30 \sim 40\text{cm}^3$ の間で一度0となるが、それよりも多くのうすい硫酸を加えると、ふたたび電流は流れるようになる。水溶液中のイオンが多いほど流れる電流も大きくなるので、硫酸がちょうど中和する量となるときに電流は0で最小となり、この量との差が大きいほど、流れる電流も大きくなる。このようすが表されているグラフは、**ウ**となる。
- (4) 硫酸と水酸化バリウムは、次のように反応する。 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
 また、硫酸は $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ のように電離し、硫酸中の $\text{H}^+ : \text{SO}_4^{2-}$ の数の比は $2 : 1$ 、水酸化バリウムは $\text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^-$ のように電離し、水酸化バリウム水溶液中の $\text{Ba}^{2+} : \text{OH}^-$ の数の比は $1 : 2$ である。これらのことから、問題文を整理する。

Aの硫酸 $10\text{cm}^3 \rightarrow$ $\boxed{\text{H}^+ \cdots 100 \text{ 個}, \text{SO}_4^{2-} \cdots 50 \text{ 個}}$

Eの硫酸 $50\text{cm}^3 \rightarrow$ $\boxed{\text{H}^+ \cdots 500 \text{ 個}, \text{SO}_4^{2-} \cdots 250 \text{ 個}}$

AとEの水酸化バリウム水溶液の合計は 40cm^3 なので, $\boxed{\text{Ba}^{2+} \cdots 400 \text{ 個}, \text{OH}^- \cdots 800 \text{ 個}}$

$\boxed{}$ をすべて合わせると, H^+ が 1 個と OH^- が 1 個から H_2O , Ba^{2+} が 1 個と SO_4^{2-} が 1 個から BaSO_4 ができるので, 残るイオンは, OH^- が 200 個, Ba^{2+} が 100 個となる。よって, 陰イオンの

割合は, $\frac{200}{200+100} \times 100 = 66.6 \cdots \rightarrow 67\%$