

22 B

理 科

理科は 物 理 化 学 生 物 のうち 2 科目を選択受験のこと。

物 理 …… 1 頁 (化 学) ……14 頁 生 物 ……28 頁

解答はマークシート及び解答用紙に記入すること。

〔注 意 事 項〕

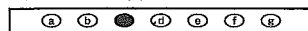
1. 監督者の指示があるまでは、この問題冊子を開かないこと。
2. マークシートは、コンピュータで処理するので、折り曲げたり汚したりしないこと。
3. マークシートに、氏名・受験番号を記入し、科目選択・受験番号をマークする。
マークがない場合や誤って記入した場合の答案は無効となる。

受験番号のマーク例(13015の場合)

受 験 番 号				
1	3	0	1	5
万位	千位	百位	十位	一位
○	○	●	○	○
●	①	①	●	①
②	②	②	②	②
③	●	③	③	③
④	④	④	④	④
⑤	⑤	⑤	⑤	●
⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
⑦	⑦	⑦	⑦	⑦
⑧	⑧	⑧	⑧	⑧
⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

4. マークシートにマークするときは、HBまたはBの黒鉛筆を用いること。誤ってマークした場合には、消しゴムで丁寧に消し、消しゴムを完全に^{ていねい}取り除いたうえで、新たにマークし直すこと。
5. 下記の例に従い、正しくマークすること。
(例えばcと答えたいとき)

正しいマーク例



誤ったマーク例

○	○	○	○	○	○	○を Vを 完全 枠か はみ 出す
○	○	○	○	○	○	
○	○	○	○	○	○	
○	○	○	○	○	○	

6. 各科目とも基本的に正解は一つであるが、科目によっては二つ以上解答を求めている場合があるので設問をよく読み解答すること。
7. 解答用紙は所定の位置に記入すること。

化 学

必要なら次の値を用いなさい。原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, Al = 27, S = 32, Cl = 35.5, Cu = 63.5, Ag = 108, Au = 197, アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数： $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 。全ての気体は理想気体として扱うものとする。なお、 $1 \text{ hPa} = 1 \times 10^2 \text{ Pa}$ である。

I 以下の問題(第1問～第4問)の答えをマークシートに記しなさい。

第1問 次の各問いに答えなさい。[解答番号 ～]

問 1 次の文章について問い(a)～(d)に答えなさい。

元素の周期表で第 周期以降の3～11族の元素を 元素といい、それ以外の元素を 元素と呼ぶ。同じ族の 元素は 電子の数が同じで、その性質が似ている。一方、 元素は同じ周期の隣り合う元素で性質が似ている。

(a) 空欄 に当てはまる数字を①～⑤の中から一つ選びなさい。

① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6

(b) 空欄 に当てはまる語句を①～⑤の中から一つ選びなさい。

① 金属 ② 非金属 ③ 同位 ④ 典型 ⑤ 遷移

(c) 空欄 に当てはまる語句を①～⑤の中から一つ選びなさい。

① 金属 ② 非金属 ③ 同位 ④ 典型 ⑤ 遷移

(d) 空欄 に当てはまる語句を①～⑤の中から一つ選びなさい。

- ① 価 ② 共有 ③ 非共有 ④ 不對 ⑤ 内殻

問 2 次の文章のうち正しいものはどれか。①～⑤の中から一つ選びなさい。

- ① 希ガス元素の原子の中で最もイオン化エネルギーの大きいものはヘリウムである。
② ヘリウムは希ガスの中で最も高い沸点を持つ。
③ 希ガス元素の単体は二原子分子だが、他の原子とは化合物を作りにくい。
④ ヘリウムガスの密度は同温・同圧で水素ガスの密度の半分であり、爆発の危険性がないので気球で安全に使うことが出来る。
⑤ 希ガスの中で同温・同圧で気体の密度が最も大きいものはヘリウムである。

問 3 金属では一定半径の球(原子)が密着して積み重なり結晶をつくっていると考える。アルミニウム、銅、金の密度(g/cm^3)はそれぞれ 2.70, 8.96, 19.32 であり、いずれも面心立方格子の結晶である。次の問い(a), (b) に答えなさい。

(a) これら金属の結晶内では 1 つの原子に接触している原子はいくつか。

①～⑧の中から一つ選びなさい。

- ① 3 ② 4 ③ 6 ④ 8
⑤ 10 ⑥ 12 ⑦ 14 ⑧ 16

(b) アルミニウム、銅、金の単位格子の体積をそれぞれ V_{Al} , V_{Cu} , V_{Au} とすれば、それらの比 $V_{\text{Al}} : V_{\text{Cu}} : V_{\text{Au}}$ はどれに最も近いか。①～⑧の中から一つ選びなさい。

- ① 1 : 0.3 : 0.6 ② 1 : 0.7 : 1 ③ 1 : 0.5 : 1.7
④ 1 : 1 : 1 ⑤ 1 : 1 : 2 ⑥ 1 : 1.3 : 2.4
⑦ 1 : 2 : 2.4 ⑧ 1 : 1.3 : 3

問 4 元素 A の原子は化合物の種類によって異なる酸化数を持ち、+3 の酸化数の酸化物は質量パーセントで 70 % の A を含んでいる。A の単体 16.8 g が過剰の塩酸と完全に反応した時には酸化数+2 のイオンとなる。この時発生する気体は標準状態(0℃, 1013 hPa)で何 L か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 L

- ① 2.94 ② 3.36 ③ 5.88
 ④ 6.72 ⑤ 13.9 ⑥ 20.9

問 5 次の文章の中で誤りを含むものの組み合わせを①～⑩の中から一つ選びなさい。

- (イ) エチレン、二酸化炭素、テトラクロロメタン(四塩化炭素)はいずれも無極性分子である。
 (ロ) Mg^{2+} , F^- , Ne はいずれも同じ電子数をもつ。
 (ハ) 二酸化ケイ素は SiO_2 という組成式で表わされる共有結合性結晶である。
 (ニ) 塩化銅(II)の水溶液を一定電流で電気分解したところ、析出した銅の質量と電気分解に要した電気量が測定できた。このとき、銅の原子量の値のみ知ることが出来ればアボガドロ定数を計算できる。
 (ホ) ある元素 X には 2 種類の同位体がありその存在比は 3 : 1 である。その元素の分子 X_2 は異なる質量のものが 3 種類存在し、その存在比は 9 : 3 : 1 となる。

①	(イ) (ロ)	⑥	(ロ) (ニ)
②	(イ) (ハ)	⑦	(ロ) (ホ)
③	(イ) (ニ)	⑧	(ハ) (ニ)
④	(イ) (ホ)	⑨	(ハ) (ホ)
⑤	(ロ) (ハ)	⑩	(ニ) (ホ)

第2問 濃塩酸、濃硝酸、濃硫酸のいずれかが入ったラベルのない試薬ビンがある。仮に各々のビンに入った酸をA、B、Cとし、それぞれの酸に対していくつかの実験を行った。次の各問いに答えなさい。

[解答番号 ~]

A を用いた実験

- ・ A を炭素粉末と共に加熱すると A の酸化作用により 2 種類の気体が発生した。一方の気体は水によく溶け、他方の気体を石灰水に通じると白濁した。また発生した混合気体を水に溶かした水溶液に、硫化水素を通じると白濁した。
- ・ 12.0 mg の炭素粉末を充分量の A と共に加熱し、発生した混合気体を 0.05 mol/L のヨウ素溶液 50 mL に通じると、脱色され色は薄くなった。さらにこの溶液を 0.1 mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定した。

B を用いた実験

- ・ 銀の粉末 2.7 g に純水で薄めた B を加えていくと、銅の場合と同様に反応して溶解し、銀溶液となり、同時に無色の気体を水上置換によって回収することができた。 反応が完全に終了した後、この銀溶液の体積を測定したところ 25 mL であった。

C を用いた実験

- ・ ガラス棒の先端に C をつけ、濃アンモニア水を入れた試験管の口に近づけると白煙が生じた。
- ・ 100 g の C に純水を加えて 1 L とし、そのうち 30 mL をとり、B を用いた実験で得られた銀溶液を滴下すると白色沈殿を生じた。この白色沈殿の生成が完全に終了するまでに要した銀溶液はちょうど全量 25 mL であった。

問 1 A を用いた実験に関して; 次の問い(a)~(d)に答えなさい。

- (a) 下線部の反応は次の化学反応式で表すことができる。化学反応式中の [イ] には化学式が, (ロ) には係数が入る。[イ], (ロ) に入る化学式および係数として最も適したものをそれぞれ①~⑥の中から一つずつ選びなさい。

[イ]	(ロ)
1	2

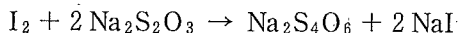


- ① Cl₂ ② NO₂ ③ SO₂ ④ 2 ⑤ 3 ⑥ 4

- (b) ヨウ素溶液が脱色されたのは発生した混合気体のどのような作用によるものか。最も適当なものを①~⑥の中から一つ選びなさい。 3

- ① 緩衝作用 ② 酸化作用 ③ 脱水作用
④ 還元作用 ⑤ 吸着作用 ⑥ 中和作用

- (c) 滴定に要したチオ硫酸ナトリウム水溶液は何 mL か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし、ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムは以下のように反応する。 4 mL



- ① 1.0 ② 5.0 ③ 10 ④ 15 ⑤ 20 ⑥ 30

- (d) この滴定反応が終了する点を決めるために用いられる指示薬として最も適当なものを①~⑥の中から一つ選びなさい。 5

- ① アンモニア水 ② フェーリング液
③ グルコース溶液 ④ フェノールフタレイン溶液
⑤ デンプン溶液 ⑥ メチルオレンジ溶液

第3問 安息香酸に関する次の各問いに答えなさい。ただし、安息香酸の電離定数は $6.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、水のイオン積は $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。また必要なら $\log 2 = 0.301$, $\log 3 = 0.477$, $\log 5.2 = 0.716$, $\sqrt{27} = 5.20$, $\sqrt{30} = 5.48$, $\sqrt{50} = 7.07$, $\sqrt{60} = 7.74$ を用いなさい。

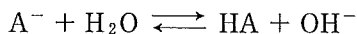
[解答番号 ~]

問1 濃度 $4.5 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ の安息香酸水溶液の pH はいくらになるか。最も近い値を①~⑧の中から一つ選びなさい。

- ① 5.3 ② 5.1 ③ 4.9 ④ 4.7
 ⑤ 4.5 ⑥ 3.9 ⑦ 3.6 ⑧ 3.4

問2 次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) 弱酸 HA と NaOH の塩と考えることができる化合物 NaA の濃度 $C \text{ mol/L}$ の水溶液がある。NaA は水溶液中で完全に電離しているが、生じた A^- イオンは次のような平衡状態にある。



$K_h = [HA][OH^-]/[A^-]$ としたとき、どのような関係式が成り立つか。①~⑨の中から一つ選びなさい。ただし、 K_a は弱酸 HA の電離定数、 K_w は水のイオン積である。

- ① $K_h = C(K_a - K_w)$ ② $K_h = CK_a K_w$ ③ $K_h = CK_a / K_w$
 ④ $K_h = CK_w / K_a$ ⑤ $K_h = K_a - K_w$ ⑥ $K_h = K_a + K_w$
 ⑦ $K_h = K_a K_w$ ⑧ $K_h = K_a / K_w$ ⑨ $K_h = K_w / K_a$

(b) 濃度 $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の安息香酸水溶液 10 mL と、濃度 $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の NaOH 水溶液 10 mL を混合してできる水溶液の水素イオン濃度 $[H^+]$ はいくらになるか。最も近い値を①~⑨の中から一つ選びなさい。

mol/L

- ① 1.0×10^{-7} ② 5.5×10^{-7} ③ 7.7×10^{-7}
 ④ 1.0×10^{-8} ⑤ 5.5×10^{-8} ⑥ 7.7×10^{-8}
 ⑦ 1.0×10^{-9} ⑧ 5.5×10^{-9} ⑨ 7.7×10^{-9}

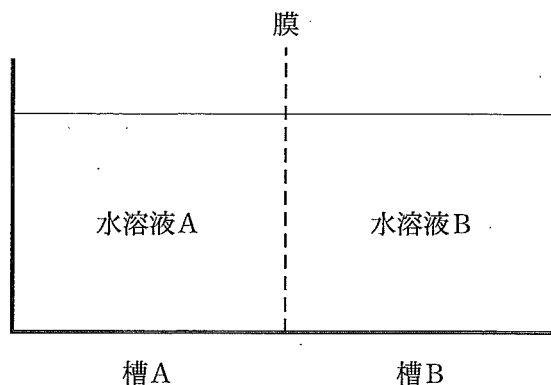
問 3 安息香酸ナトリウムの水溶液に酸を加えていくと、電離していない分子形の C_6H_5COOH が増加する方向に平衡が移動するが、増加した分子形の C_6H_5COOH はある濃度に達すると固体として析出するのでその濃度は一定に保たれる様になる。その濃度 $[C_6H_5COOH]$ は $2.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ である。

$1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の安息香酸ナトリウム水溶液がある。ここに酸を加えていくと、やがて安息香酸が析出し始める。このときの H^+ イオンの濃度はいくらになるか。最も近い値を①～⑨の中から一つ選びなさい。ただし、酸を加えることにともなう体積の増加は無視できるものとする。

mol/L

- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① 2.5×10^{-2} | ② 6.3×10^{-3} | ③ 1.7×10^{-3} |
| ④ 6.3×10^{-4} | ⑤ 2.5×10^{-4} | ⑥ 1.0×10^{-4} |
| ⑦ 6.3×10^{-5} | ⑧ 2.0×10^{-5} | ⑨ 1.0×10^{-5} |

問 4 膜によって容積が等しい二つの部分(槽 A, 槽 B)に分けられた容器がある(図参照)。どちらの槽にも pH を調整した水溶液が入れてあり、それぞれを水溶液 A, 水溶液 B とする。水溶液 A と水溶液 B は体積が等しい。また、水溶液 A の $[H^+]$ は 6×10^{-3} mol/L, 水溶液 B の $[H^+]$ は 6×10^{-7} mol/L である。膜は分子形の安息香酸 C_6H_5COOH のみが自由に通過できる。すなわち、安息香酸イオンや水素イオンは通過できない。



いま、ある量の安息香酸を水溶液 A に完全に溶かした。水溶液 A 中の C_6H_5COOH が移動することにより、水溶液 B 中にも安息香酸が存在するようになる。時間が充分に経過して平衡に達したとき、水溶液 A 中の安息香酸 (C_6H_5COOH と $C_6H_5COO^-$) の物質質量 n_a と水溶液 B 中のそれ n_b との比 $n_a : n_b$ を求めなさい。解答は①～⑨の中から最も近い値を一つ選びなさい。なお平衡に達したときには両溶液中の $[C_6H_5COOH]$ は等しい。また水溶液 A, B の pH は最初と最後で変化せず、安息香酸の溶解にともなう水溶液の体積変化は無視できるものとする。 5

- | | | |
|-------------|------------|-------------|
| ① 10000 : 1 | ② 1000 : 1 | ③ 100 : 1 |
| ④ 10 : 1 | ⑤ 1 : 1 | ⑥ 1 : 10 |
| ⑦ 1 : 100 | ⑧ 1 : 1000 | ⑨ 1 : 10000 |

第4問 次の各問いに答えなさい。[解答番号 ~]

問1 次の文章を読み、以下の問い(a)~(d)に答えなさい。

炭素数が同じで鎖状の炭化水素AとBの混合気体Cがある。炭化水素A 1分子には2分子の臭素が付加する。また、炭化水素Bは同じ炭素数の1価アルコールから分子内での脱水反応で得ることができる。

この混合気体Cを標準状態(0℃, 1013 hPa)で200 mLの容器に詰めた。その容器に0℃で3039 hPaになるまで水素を加え、触媒により完全に反応させたところ、0℃で1317 hPaを示した。生成物はすべて気体であった。また、混合気体Cを0℃, 1013 hPaで200 mLの容器に詰め、酸素を加え0℃で7091 hPaとし、その後完全燃焼させた。残った酸素の体積を測ったところ、0℃, 1013 hPaで70 mLであった。

(a) 混合気体Cにおいて、炭化水素AとBの体積比(a:b)に最も近いものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 8 : 2 ② 7 : 3 ③ 6 : 4
④ 4 : 6 ⑤ 3 : 7 ⑥ 2 : 8

(b) 炭化水素Aの炭素数をnとすると、1 molの炭化水素Aが完全燃焼するときに酸素は何mol必要か。①~⑥の中から一つ選びなさい。

mol

- ① $\frac{(2n-1)}{2}$ ② $2n-1$ ③ $3n$
④ $\frac{(3n-2)}{2}$ ⑤ $\frac{(3n-1)}{2}$ ⑥ $\frac{3n}{2}$

(c) 炭化水素AとBの炭素数を①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6 ⑥ 7

(d) 炭化水素Bにはいくつの鎖状の異性体が考えられるか。①~⑥の中から一つ選びなさい。存在すれば、幾何異性体、光学異性体も区別しなさい。

- ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6 ⑥ 7

問 2 ある直鎖状のトリペプチド A (分子量 217) Xg を完全に加水分解することで、 α -アミノ酸 B 8.90 g およびグリシン 3.75 g を得た。以下の問い(a)~(d) に答えなさい。

(a) 用いたトリペプチド A の質量 (Xg) に最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 g

- ① 9.95 ② 10.9 ③ 11.8
④ 12.7 ⑤ 13.5 ⑥ 14.5

(b) 適当な条件で反応させると、トリペプチド A のアミノ酸間の結合と同じ結合をもつ生成物を生じる化合物またはその組み合わせを①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① エチレン
② アニリン, 亜硝酸ナトリウム, ナトリウムフェノキシド
③ アジピン酸, ヘキサメチレンジアミン
④ サリチル酸, 無水酢酸
⑤ サリチル酸, メタノール
⑥ エチレングリコール, テレフタル酸

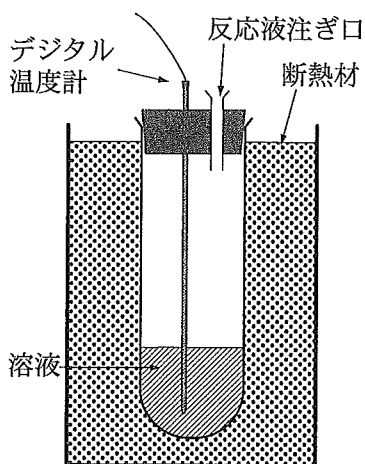
(c) α -アミノ酸 B には光学異性体が一組存在する。トリペプチド A の異性体の数を次の①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 4 ② 6 ③ 8 ④ 9 ⑤ 12 ⑥ 15

(d) α -アミノ酸 B を一般式 $\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ で表す。このアミノ酸が酸性水溶液中に溶けている時のイオン式または示性式として最もふさわしいものを①~⑦の中から一つ選びなさい。ただし、R に関しては考えなくて良い。

- ① $\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ② $\text{RCH}(\text{NH}_3^+)\text{COOH}$
③ $\text{RCH}(\text{NH}_3^+)\text{COO}^-$ ④ $\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COO}^-$
⑤ $\text{RCH}(\text{NH}_3^-)\text{COOH}$ ⑥ $\text{RCH}(\text{NH}_3^-)\text{COO}^+$
⑦ $\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COO}^+$

Ⅱ 水溶液の温度変化を測って反応熱を求める実験を行った。実験では直径約 3 cm の試験管に温度計と反応溶液を加えるガラス管を付けたコルク栓をはめて、発泡スチロールで包んだものを簡易型熱量計として用いた(図)。温度計は 1/100 °C まで読めるデジタル温度計を使い、用いる溶液はあらかじめ作っておき、室温と同じ温度になるまで放置しておいた。



【実験A】 試験管に 0.10 mol/L の塩酸 55 mL をメスシリンダーで測り取り、栓をした。温度が安定したところで液温を測り、反応前(0分)の温度とした。次に 1.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 5.0 mL をホールピペットで測り取り、ガラス管から直接注いだ。直ちに装置全体をよく揺すって溶液を混ぜてから温度を測定した。水酸化ナトリウム水溶液を加えるとともに温度が上昇して、その後徐々に温度が下がってくる。各時間での測定値は表のようになった。

時間(分)	0.0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
温度(°C)	28.00	28.70	28.85	28.90	28.85	28.80	28.75

【実験B】 実験Aと同じ装置を用いて、硫酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和熱を求めた。

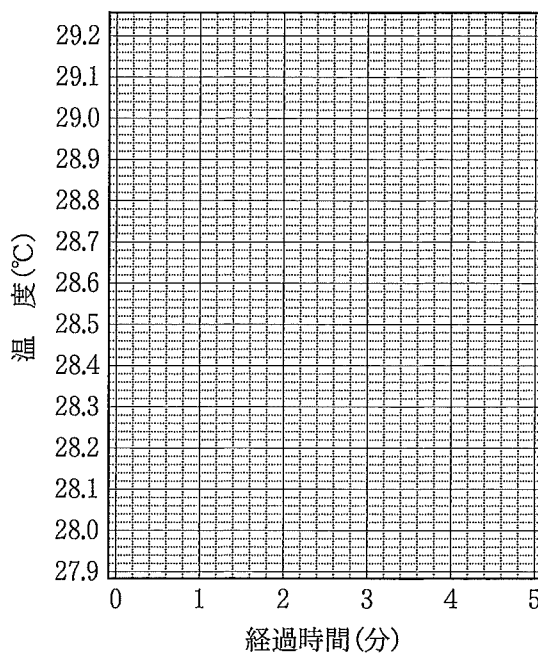
0.050 mol/L の硫酸 55 mL を試験管に入れて、実験Aと同じようにして 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 5.0 mL を加えて溶液の温度変化を測定した。

【実験 C】 実験 A と同じ装置を用いて、硫酸に固体の水酸化ナトリウムを加えたときに発生する熱量を求めた。

0.050 mol/L の硫酸 55 mL を試験管に入れて、さらに水 5.0 mL を加えて良くかき混ぜ、室温とほぼ同じ温度になるまで放置しておいた。次に、水酸化ナトリウムの固体 0.20 g を手早く秤量して試験管中に加え、直ちに混合して溶解、反応させて温度変化を測った。

水溶液の比熱(物質 1 g の温度を 1 K 変化させるのに必要な熱量)はすべて 4.2 J/(g·K) とし、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和反応の反応熱を 57 kJ/mol とし、以下の問 1～4 に答えよ。ただし、溶液の密度はすべて 1.0 g/cm³ とし、反応前後の体積変化は無視できるものとする。

問 1 実験 A で、容器の外に熱が逃げなかった場合に到達すると考えられる温度(°C)は測定結果のグラフからどのようにして求められるか。解答は求めた温度ではなく、求め方を 60 字以内の文章で記述すること。ただし、理由を説明する必要はない。



- 問 2 この実験で用いた簡易型熱量計では、発生した熱は溶液と反応容器に吸収されて温度が変化する。反応容器の熱容量(反応容器の温度を 1 K 変化させるのに必要な熱量)、 H [J/K] を実験 A から求めなさい。答えは、反応前の温度(0 分での温度)と問 1 で求められる温度の差を ΔT として表しなさい。
- 問 3 実験 B で、容器の外に熱が逃げなかった場合の温度変化量を求めたところ 1.1 K であった。この実験から、硫酸と水酸化ナトリウム水溶液との中和熱 Q_1 [kJ/mol] を求めなさい。答えは、反応容器の熱容量を H [J/K] として表しなさい。
- 問 4 実験 C で、容器の外に熱が逃げなかった場合の温度変化量を求めたところ 2.0 K であった。固体の水酸化ナトリウムの溶解熱 Q_2 [kJ/mol] を求めなさい。答えは、反応容器の熱容量を H [J/K] とし、必要なら硫酸と水酸化ナトリウム水溶液との中和熱は Q_1 [kJ/mol] として表しなさい。