実験５　ヘスの法則

- データはすべて、自分の所属する実験班のデータを用いて処理すること。
- 熱の仕事当量 J は、　J ＝ 4.186 J/cal とする。　（1 cal ≒ 4.186 J ）
- 固体の水酸化ナトリウムの純度は 96 %とする。(特級だが純度は 96 %です。)
- 質量は、1/1000 g 単位まで測定すること。例)秤量瓶込みで 6.805 g から 7.628 g になった。
- 有効数字は４桁で処理する。

16.83 ℃ の 0.03 は目分量になる。同様に
16.62 ℃ の 0.02 も、当然目分量になる。

- 温度計の目盛の 1/10 まで目分量で読む。

◆温度計の補正

例）　16.83 ℃ …… A 温度計
　－）16.62 ℃ …… B 温度計
　　0.21 …… 0.21 ℃の補正が必要となる。

A，Ｂのどちらの温度計を使ったのか確認しておくこと。
（どちらの温度計で何を測定したのか、間違わないようにすること。）

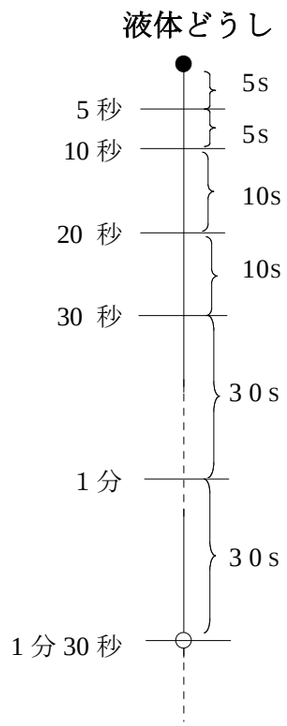
■ 実験プリント訂正事項

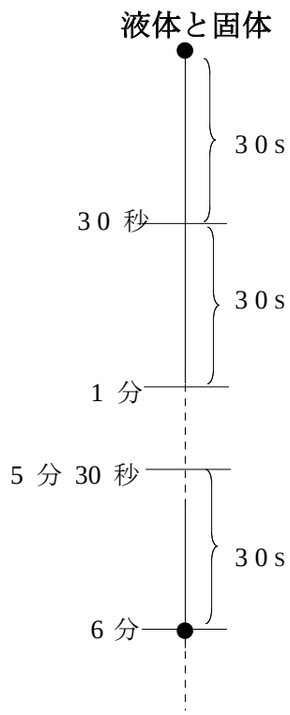
１．の４

５秒、10 秒、20 秒、30 秒、１分 30 秒、２分、２分 30 秒……、５分 30 秒、６分
（ ５～６分間）

30 秒 までに、できれば３回測定する。

なぜか？　液体同士の混合では、０～20 秒の間に急激に温度が上昇するから。
温度が上がりきってから２～３分、トータルで５～６分間は測定すること。





２．固体の水酸化ナトリウムと塩酸の中和熱の測定

反応熱に訂正

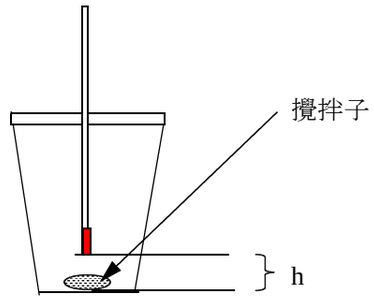
２．の（１）

粒状 ＮａＯＨ 約１ｇ（10 ～ 12 粒）

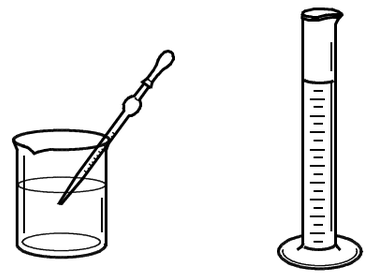
４～５粒に訂正（４～５粒で約１ｇ）

【注意事項】

- 秤量ビン（プラスチック）は、洗わないで次のクラスに引き継ぐ。
- 12 班の所にあるメスシリンダーは移動させないこと。(自分の班の所へは持って行かない)
- 攪拌子が温度計の先端部分にぶつからないように、高さｈを調整すること。



- 水酸化ナトリウム水溶液（or 塩酸）は、タンク（栓:コック付き)から少なめにメスシリンダーに取る。その後、ビーカー内の水酸化ナトリウム水溶液（or 塩酸）をピペットを用いて、メスシリンダーに追加して合わせる。(メニスカス)



液体を入れて液面のメニスカスの下縁がメスシリンダーの標線に一致したときの容量が所定の体積になる。

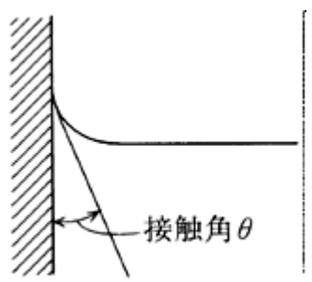
- 純水も同様に、タンクから少なめにメスシリンダーに取って、その後、洗ビンの純水を追加して合わせる。

メニスカス[meniscus]

毛細管などの中の液体の表面は，界面張力により管壁に沿う周囲が中央部にくらべて上がったりまたは下がったりして，一種の曲面を形成する。これをメニスカスという。液体が管を濡らすとき(接触角)はメニスカスは水平面に対して凹であり，濡らさないときは凸である。

接触角[contact angle]

静止液体の 自由表面が固体壁に接する場所で液面と固体面とのなす角(液の内部にある角をとる)をいう。液体分子間の凝集力と液体と固体壁間の付着力の大小関係によってきまり，液体が固体を濡らす(付着力が大きい)場合には鋭角，濡らさないときは鈍角で，たとえば水とガラスで 8°～9°，水銀とガラスで約 140°である。 毛管現象を支配する。

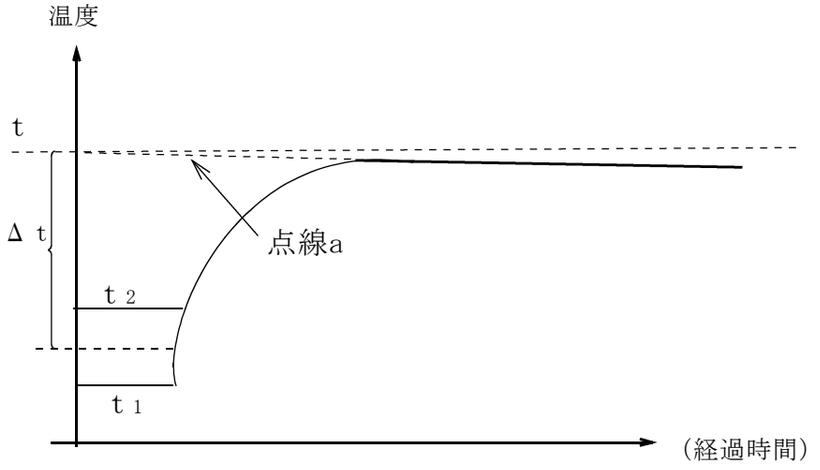


【グラフ化した後の考察について】

Δｔ：温度変化(Ｋ)は、 $\Delta t = t - \dfrac{t_2 - t_1}{2}$

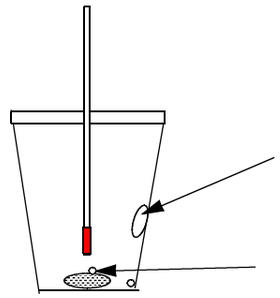
ｔ　：反応後の混合水溶液の液温
t_2：反応前の温度が高い方の水溶液の液温
t_1：反応後の温度が低いい方の水溶液の液温

ｔについて
２月に実験を行っていた時は、近くにストーブがあるか否かでも、影響があった。
今回は９月のまだまだ暑い日に実験を行っている。
よって、上昇温度の最高点で、そのまま処理しても妥当な値が得られるだろう。
つまり、一定温度が続いた場合、その一定温度をｔとみなしてよいだろう。
下記のグラフの点線ａは、実際はｘ軸に平行な直線に近いものとなろう。
ただし、混合溶液が局所的に熱くなっている所（２つの溶液がまさに混じり合っている所、あるいは固体の水酸化ナトリウムがまさに溶けている所）の温度を測定した場合は、予想値を超える温度になる。
これらのことを踏まえた上で、グラフを解析するためには液温が上がりきった後、温度が安定してから２、３分つまり、６分間以上のデータが必要となる。



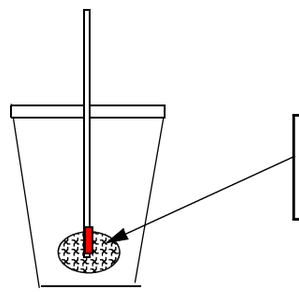
Ｑ　＝　ｍＣΔｔ	Ｑ：	熱量（ cal ）
熱量　＝　質量 × 比熱 × 温度変化	ｍ：	質量（ ｇ ）
cal　　ｇ　cal / g･K　K	Ｃ：	比熱（ cal / g･K ）
	Δｔ：	温度変化（ Ｋ ）

Ｊ＝4.186　J/cal　として cal(カロリー）単位を，Ｊ（ジュール）単位に変換すること。



水酸化ナトリウムが、容器の壁に付着したままになっている。こんなことがないように！

攪拌子に付着
（完全に溶解したことを確認すること）



２つの溶液（水酸化ナトリウム水溶液と塩酸）が、まさに混じり合っている所の液温は高くなっている。

平成１７年度のある班のデータで、下記の反応熱Ｑを求めてみよう。

ＮａＯＨ aq のモル濃度は、0.5275　mol/ℓ　，　液温 14.50 ℃
ＨＣｌ aq　のモル濃度は、0.5454　mol/ℓ　，　液温 14.30 ℃
中和反応後の混合水溶液の液温は、17.96 ℃

- 反応は、少ない物質量（モル数）の反応物質の方を基準にすればよいから、ＮａＯＨの量を基準にする。
- 有効数字４桁で処理をして、反応熱Ｑは有効数字３桁まで求める。
- 水および各水溶液の比重は１、また比熱も１として処理をする。

$$\mathrm{NaOH\,aq} + \mathrm{HCl\,aq} = \mathrm{NaCl\,aq} + \mathrm{H_2O} + Q \quad \mathrm{kJ}$$

$$\Delta t = t - \frac{t_2 + t_1}{2} = 17.96 - \frac{14.50 + 14.30}{2} = 3.560 \ (\mathrm{K})$$

Ｑ′　＝ｍｃΔｔに、Δｔを代入して
Ｑ′　＝ｍｃΔｔ＝（50＋50）× １× 3.560 ＝356.0　（□）
ジュール単位に変換すると

$$(356.0 \times 4.186)_{\mathrm{J}} \times \frac{1}{1000} \fallingdotseq 1.4902 \fallingdotseq 1.490 \ \mathrm{KJ}$$

0.5275　mol/ℓの 水酸化ナトリウム水溶液 50　中に、ＮａＯＨは
0.5275（mol/ℓ）　× 50/1000　（ℓ）　＝ 0.026375 ≒ 0.02638 mol 存在する。

よって、 $\dfrac{Q(\text{反応熱})_{\mathrm{KJ}}}{1} = \dfrac{Q'}{0.0268}$

$$\therefore Q = \frac{1.490}{0.02638} \fallingdotseq 56.482 \fallingdotseq 56.5 \ (\mathrm{KJ})$$

固体の水酸化ナトリウムと塩酸の反応熱Q_2を求め、これを熱化学方程式で示しなさい。

$$\mathrm{NaOH(固体)} + \mathrm{aq} + \mathrm{HCl\,aq} = \mathrm{NaCl\,aq} + \mathrm{H_2O} + Q_2\ \mathrm{kJ}$$

$$Q_2 = \frac{(m \cdot c \cdot \Delta t) \times 4.186 \times 10^{-3}\ \mathrm{KJ}}{\frac{m'}{40} \times 0.96\ \mathrm{mol}}$$

$$= \frac{(101 \times 1 \times \Delta t) \times 4.186 \times 10^{-3}\ \mathrm{KJ}}{\frac{m'}{40} \times 0.96\ \mathrm{mol}}$$

ｍ：水溶液の質量(塩酸100ｇに水酸化ナトリウム約１ｇ)101ｇ

ｍ′:固体の水酸化ナトリウムの質量（ｇ）、純度は９６％

Q_2 ＝ 100 kJ/mol

固体の水酸化ナトリウムの溶解熱を求め、これを熱化学方程式で示しなさい。

$$\mathrm{NaOH(固体)} + \mathrm{aq} = \mathrm{NaOH\,aq} + Q_3\ \mathrm{kJ}$$

$$Q_3 = \frac{(m \cdot c \cdot \Delta t) \times 4.186 \times 10^{-3}\ \mathrm{KJ}}{\frac{m''}{40} \times 0.96\ \mathrm{mol}}$$

$$= \frac{(101 \times 1 \times \Delta t) \times 4.186 \times 10^{-3}\ \mathrm{KJ}}{\frac{m''}{40} \times 0.96\ \mathrm{mol}}$$

ｍ:水溶液(純水100ｇに固体の水酸化ナトリウム約１ｇ)の質量約101ｇ

ｍ”:固体の水酸化ナトリウムの質量（ｇ）、純度は９６％

Q_3 ＝ 43.5 kJ/mol