

氣壓位迄は耐へ得る。故に nil-method に依る壓力測定のみならず、直ちに精密壓力計としても使用し得る。更に材料を撰擇し又は内部に適當な鍍金を施せば諸種の瓦斯にも溶液に就いても實驗し得る譯である。

参 考 書

- 1) Bone, Newitt and Townend, *Gaseous Combustion at high pressure*, Longmans (1929).
- 2) Tongue, *The design and construction of high pressure chemical plant*, Chapman & Hall (1934).
- 3) 内田俊一著, 高壓裝置の理論と實際.

第七章 溫度測定並に溫度調節

§ 24 溫度測定法

参 考 書

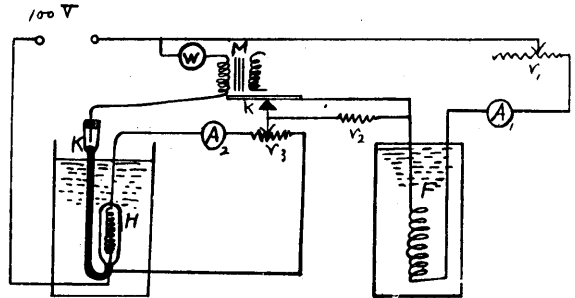
- 大石二郎, 溫度測定法(昭和12年). 山田光雄, 山本正一, 溫度と其測定法 (1927)

§ 25 恒 溫 槽

A) 高 溫 恒 溫 槽

此處では主として電氣爐の溫度調節に就て述べる。熱源としては他にガスがあるが電氣の方が調節に便利なのと、均一に加熱し得る利點があるので主として之に就て述べる。此中で或物はガスの場合にもリレーを變へると適用せられるわけである。

1) 電壓調節式 電氣爐の溫度調節方法として電壓の變動に應じてリレーを働かす方法では室温の變化、即ち爐の外部表面の放熱狀態の變化に對しては調節することは出来ぬが、裝置が簡單なのと、室温の變化の小さい場合には随分よい恒温が得られる。

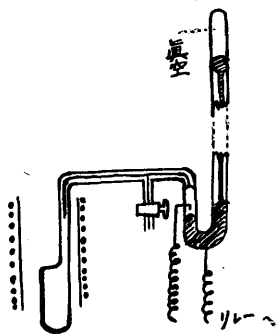


第 九 圖

その裝置の一つに第九圖の如きものがある。爐の電熱線 F を通る電流を二つに分け、その片方の電流が常に H を通つて此の中に入つたトルエンを加熱する様になつてゐる。此の H は水槽(之を恒温槽にして置くとよいが水道の水を通してよい)に浸つて居る(直接入れずに油の入つた槽に入れ之を水槽に浸す方がよい。) A_1, A_2 は電流計, r_1, r_2, r_3 は抵抗(r_2 のみは固定抵抗でよし), W はネオンランプでパイロット並びに抵抗用として用ふ。 M はソレノイドであるがラヂオ用のトランス(プライマリーが切れて居るものでよし)を利用する。 K は接觸片(ブリキ製)である。水銀の接觸部 K がスパークで汚れるのを防ぐ爲めには色々方法があるが W をシリーズに入れると充分目的が達せられる。調節法の原理は圖で判る如く電源の電壓が高くなると H を通る電流も從つて大となり、 K 部が接觸し、 W が點り K の接觸部が離れる。從つて F を通る電流は抵抗 r_2 を通ることになつて落ちるから爐の溫度は上らぬ。 r_3 を二つに分けたのは H に主電流の一部分を通す爲と r_1 を動かして主電流を大體調節すれば主電流を變へる事なく、 r_3 によつて溫度を細かく調節し得る爲とである。

2) 氣體の膨脹を利用せるもの

之は誰しも最初に考へる簡単な方法であるが、大きな場所を取る事と(小さければ感度悪い)氣壓の影響を受ける事によつて面白くない。然し氣壓の影響を避けるには第十圖の如く水銀の一端を閉管にして真空にすればよい。或は又此端を真空とせず氣體(空氣でよし)を入れて之を室溫或は氷の恒溫槽に入れてもよい。リレーは前記の如くネオンランプとトランスの古物を利用するとよい。爐内の容積を 300 cc としても尙水銀の毛管現象によつて $\pm 1.5^\circ$ 以上の恒溫は却々得られない。



第十圖

3) 電熱體の抵抗變化を利用せるもの

加熱用のニクロム線、白金線の溫度が變れば抵抗が變るから此抵抗を一定ならしむれば恒溫が得られる。即ち加熱線をホキートン橋のアームの一つとしてガルバーの動きに従つてリレーが働く様にすればよい (永井, 原, 工化 **31**, 754 (1928), White & Adams, *Phys. Rev.*, **14**, 44 (1919), Roberts, *Rev. Sci. Inst.* **11**,

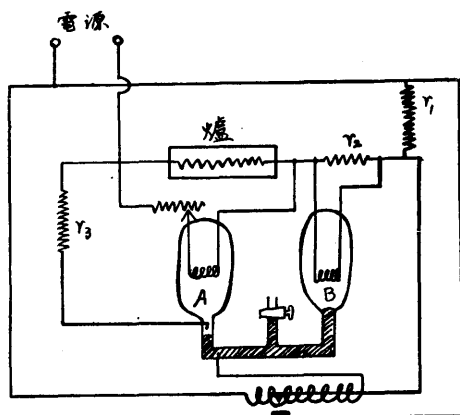
No. 2 (1925)). 此の方法は中々精密に行くし又装置の特殊な部分に針金を巻いて恒溫にする事が出来て便利であるが、装置が厄介である。

次に觸媒等に用ふる加熱白金線の溫度を一定ならしめるには上記の如き自働装置を用ふれば世話はないが、簡単に手動調節が出来る。夫は $R = \frac{V}{I}$ であるから R を一定ならしむる爲には $\frac{V}{I}$ を一定ならしむればよい。之にはボルトメーターの讀みを一定の大なる抵抗によつてドロップせしめて、實驗中常にアムメーターの讀みとボルトメーターの讀みとが同一になる様に主電流を調節すればよい。

窪川, 物理化學の進歩 **5**, 86 (1931)

Schwab u. Schmidt, *Z. Phys.Chem.*, [B] **3**, 340 (1929).

尙此部に入るものに第十一圖の如き装置がある。即ち電氣爐の溫度上れば抵抗が増すから分路の電流が増す。之を利用したものである (Hibleen, *Rev. Sci. Inst.*, **1** No. 5 (1930), **2**, No. 2 (1932), Proctor & Douglas, *J. Sic. Inst.*, **9**, 192 (1932). 分路 A 及び B は閉管中に封入されてゐるから兩者の加熱狀態の差によつてリレーが働く譯である。 r_2 は速に熱が奪はれるから、此装置は電壓の變化に對しても動作することは圖によつて明らかである。



第十一圖

4) 溫度測定器又は指示針を利用せるもの

此式のものはすべて溫度計自身を利用するのであるから他に溫度計を必要とせず且つ任意の溫度に持來することが出来る利點を有する。

a) 光電管を利用せるもの

之は熱電對使用の場合又は抵抗寒暖計使用の場合、ガルバー或は檢電器に對して光を反射又は照射し光電管によつてリレーを動かすものであるが、スケールアウトする惧れがあるし、構

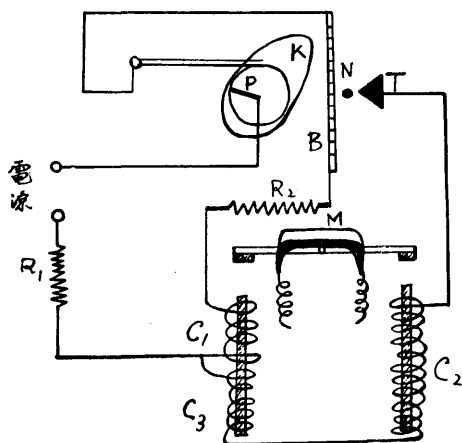
造上取扱ひが難しいと思はれるので詳細は略する。

b) 指針の接觸によるもの

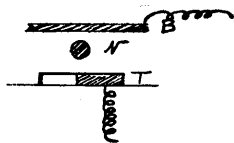
之はミリボルトメーターの指針の兩側に接觸片を置き、之に自然接觸することによつてリレーが働く様にしたものである。装置が簡単なので市販品が色々出来てゐるが、構造上温度のコンスタンシイが悪くなるのは止むを得ない。

c) チョツパー型のもの

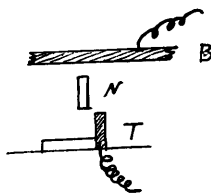
之はミリボルトメーターの指針の下に接觸板を置き、バーを以て周期的に指針を押へて指針の位置がずれるとリレーが働く様にしてある。第十二圖はその一例であつて、M は電氣爐の電流を切る水銀スイッチ、K はシンクロナスマーターによつて動くカムであつてバー B によつて指針 N を周期的に押へ、接觸板 T に接觸せしめる。C₁, C₂, C₃ は鉄心に巻いたコイルであつて C₁ と C₃ とは反對向きに巻いてあるから C₁ と C₃ として同時に電流が流れた時はスイッチを引かない。指針の所でスパークが飛ばぬ様にする爲カムが廻ると指針を押へてらか P



第十二圖



第十三圖



第十四圖

の處で電流が通り、次に P で電流が切れて後バーと指針とが離れる如き構造になつてゐる。此の時 N と T とが接觸すれば電流は C₂ 及び C₃ にも通るから結局 C₂ のみが働いてスイッチを切る譯である。B で押へても N と T とが接觸してゐない時には C₁ のみ通るからスイッチを元に戻して爐に電流が通る。K の廻轉は30秒に1回位がよい。此方法では接觸板 T の構造如何によつて感度が左右される譯であるが、之には色々な型がある。森口氏（日化，54, 862 (1933)）は第十三圖の如き接觸板を工夫した。即ち板の半部分が絶縁體となつて居り、此の境界を所要温度のスケールの處に置けばよい。之により $\pm \frac{1}{30}^{\circ}$ の恒温が得られたと云ふ。然し此方法では指針に電流が通るから往々針が接觸板に引付くことがある。そこで筆者は第十四圖の如く改良した。即ち指針には薄く絶縁塗料を塗つて不導體とし、T の右に付いた白金板と B とが接觸する如くした。N が白金板の右肩より右に行けば接觸し、其他の場合は絶縁されてゐる譯であるから、T の右端を所要温度のスケールの處に置けばよい。我々は此方法で 100°~600° に於て 0.5°C 以内の恒温を得た。

5) 放射光を利用せるもの

加熱體より發する放射エネルギーは絶對温度の4乗に比例するし、1500° に於ては可視光線

に就いて云へば、温度の15乗にも比例するから熱源から放射される光によつてリレーを働かす方法は却々鋭敏な方法と云へる。光電管を使用すること勿論である。Koller, *Ind. Eng. Chem.*, 23, 1379.

尙其他に就ては R. Griffiths, *Thermostats*, London C. Griffin & Co. (1934) を参照されたい。

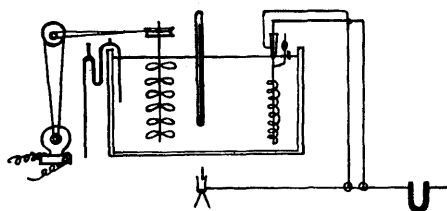
B) 中温恒温槽 (附. 簡單なるカロリメーター)

1) 中温恒温槽に就て

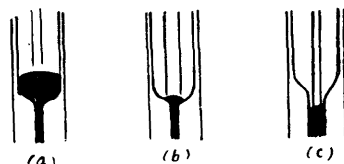
實驗室で用ひられる恒温槽にも種々のものがある。用途により空氣恒温槽又は水恒温槽を選ぶべきである。加熱に瓦斯を用ひる場合と電氣を用ひる場合とに分れる。以下では主としてカロリメーター用として適當と思はれる瓦斯加熱による水恒温槽に關して注意をすべき點を述べる。電氣加熱よりよい點は簡單なる事と調節が細かく従つて鋭敏である事である。詳細は参考書を見られたい。

瓦斯加熱水恒温槽は第十五圖の如く攪拌器、瓦斯自動調節裝置及び加熱裝置より成る。非常に鋭敏であつて Beckmann に感じない程度の恒温が得られる。

攪拌器：一金属棒に金属羽と滑車を附けたもので結構である金属として鐵を用ひる時は必ず塗料を塗つて置かぬと暫時にして水アカを生じ氣持が悪い。



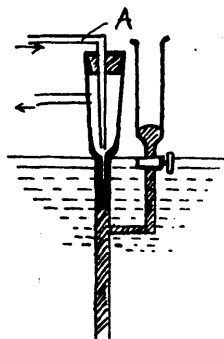
第十五圖



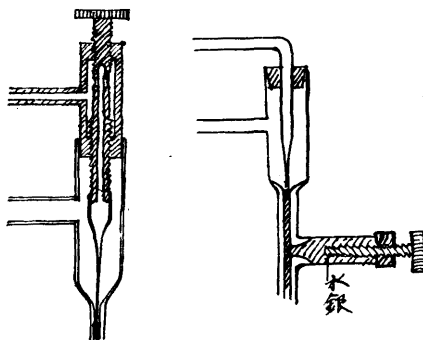
第十六圖

小モーターに依り出来るだけ軽く滑かに廻轉する様に据えつける。攪拌は相當重要で出来るだけ充分にしないと場所により温度を異にし恒温槽の意味がなくなる。それには攪拌器を大にする事と廻轉を少し速いと思ふ程廻す事である。

自動調節裝置：一Toluene の量はなるべく多く、しかも表面積が大であるようにする。瓦斯により水銀面の汚れを少くする爲に瓦斯を一度醋酸鉛の管を通すとよい。水銀面の汚れは大した



第十七圖



第十八圖

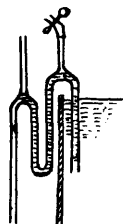
影響が無いからゴム布で覆ふ式より capillary 式の方が良いと思ふ。capillary の部分は第十六圖に於ける (c) が一番良いと思ふ。(a) は capillary の作用がない。(b) では水銀が切れ易い。

コック及び capillary 水銀面まで水中に浸す事、そうしないと室温により影響される。第十七圖に於けるコックを開き capillary 部の水銀面の高さを適當にして目的の溫度にする。細かな調節はガラス管 A の上下による方が便利である。(この際上述の (c) 型にする方が都合がよい。) かいの細かな調節法は第十八圖の様にすればよい。

瓦斯加熱裝置：—マイクロバーナーを用ひればよい。注意すべきは瓦斯は年中點火してゐるのであるから火災の起らない様。(この爲机をこがし火事になりかけた事があるといふ。注意!!)

寒暖計：—先生の部屋にある標準寒暖計により calibrate してをく必要がある。

其の他：—水面を一定にする爲斷へず少量の水を入れ他方より第十九圖の如きガラス管により出せばよい。50°C 以上にする時は流動パラフィンに水面に浮かべて蒸發を防ぐ。



第十九圖

2) 溶液反應速度熱解析法(所謂簡單なカロリメーター)

堀場先生御創案にして本研究室に獨特な反應速度の熱解析法は從來主として溶液反應に用ひられた滴定法等よりも著しく簡單で而も反應速度の略連續的測定が可能であり、特に反應初期の追求に有力なものであり、溶液反應の速度測定には優秀な新武器と云ふべきである。

熱解析法の原理は反應による反應系の溫度變化 $\left(\frac{dT}{dt}\right)$ に反應器(カロリメーター)に特有な冷却速度 $\left(-\frac{dT'}{dt}\right)$ を加へたものが、反應により發生する熱量 $\left(Q \cdot \frac{dx}{dt}\right)$ を反應系の熱容量 (W) で割つたものである。即ち

$$\frac{dT}{dt} - \frac{dT'}{dt} = \frac{Q \cdot \frac{dx}{dt}}{W}$$

而してその冷却速度 $\left(-\frac{dT'}{dt}\right)$ は實驗的に Newton law に従ひ、即ち反應系と外界との溫度差 (ΔT) に比例する。尙これ以外の原因例へば攪拌熱等に對する補正項 $\theta(\tau)$ を入れ

$$-\frac{dT'}{dt} = K \cdot \Delta T - \theta = K(\Delta T - \tau)$$

茲に冷却恒數 (K) 及び τ , W は豫め測定されてゐるから、反應速度 $\left(\frac{dx}{dt}\right)$ が求められる。又同時に反應熱 (Q) も得られる。

文 献

- | | |
|--|---|
| <p>1) 堀場信吉, 佐藤一雄; 簡單なる硝子製カロリメーターの性能に就いて, 物理化學の進歩, 6, (原) 6~46 (1932).</p> <p>2) 堀場信吉, 馬場日出男, 簡單なる硝子製カロリメーターによる化學反應の熱解析 (I), 物理化學の進歩, 6, (原) 47~61 (1932).</p> <p>3) 外山修, 人造絹糸の膨潤及び溶解の熱化學的研究, 物理化學の進歩, 6, (原) 177~193 (1932).</p> | <p>4) 神前武和; 熱解析による酵素作用の研究 (I), サツカラーゼの作用, 物理化學の進歩, 9, (原) 64~94 (1935).</p> <p>5) 水渡英二; 熱解析によるコロイド觸媒作用の研究 (I), 白金コロイドによる過酸化水素の分解, 物理化學の進歩, 10, (原) 252~270 (1936).</p> <p>其の他卒業論文</p> |
|--|---|

以下注意すべき點につき述べる。

恒溫槽：—實驗中はベックマン寒暖計に感じない程度の恒溫なる事を要す。即ち $\pm \frac{2}{1000}^{\circ}\text{C}$ 以下(中溫恒溫槽の項参照)

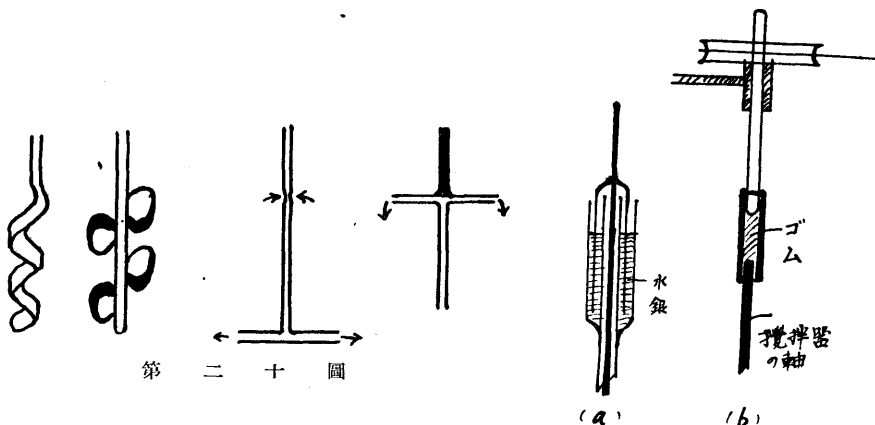
Dewar 瓶：—反應液の量が 100~150 cc (50~200 cc でもよい) が適當と思はれるから、そ

れに應じた大きさにすればよい。真空度は高い程よい。(後述の真空度と K の關係参照)

溫度計：—普通のバツクマン寒暖計(ループにより $\frac{1}{1000}^{\circ}\text{C}$ まで讀む)でよい。熱容量を小さくし且つ遅れを無くする意味で熱電對を用ひる方がよい。低抵抗 ($11.5\ \Omega$) の volt sensible ($1.17 \times 10^{-7}\text{volt}$) の理研ガルバノメーターを用ひ、Cu-Constantan (dia $\sim 1\text{mm}$) 一對にて測定して見たるに約 $\pm \frac{5}{1000}^{\circ}\text{C}$ まで測れた。

攪拌器：—出来るだけ水當量の小さく、攪拌の有効なる形のガラス製のもの(第二十圖)。水銀閉鎖をすること(第二十一圖 a)。

廻轉は確實(すべらない)にして、しかも取付けの容易な 第二十一圖 (b) の如き方法がよい。



第二十圖
第二十一圖

廻轉數は均一系反應では毎分 100~300 廻轉でよい。且つ廻轉數により K, W 又は均一系の速度恒數は餘り影響されぬから強ひて調節器を用ひる必要はないと思ふ。不均一系反應では廻轉を早く、且つ一定にせねばならぬ。

電氣的加熱器：—Ni 又は Pt の線で太さ 0.2~0.3 mm 長さ 10~20 cm (抵抗 0.5 Ω 位) が適當である。その抵抗は Wheatstone 橋法により一定溫度にて正確に(少くとも三位まで)測定してをく必要がある。(W の値に大に影響する。) 溫度による抵抗の變化は次の如くである。

Pt 線の抵抗の溫度係數 (0—100 $^{\circ}\text{C}$) : 3.84×10^{-3}

[Randolt table の平均値]

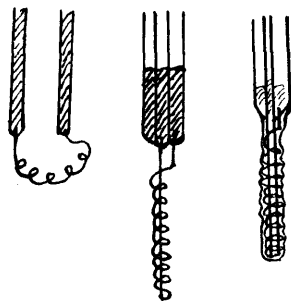
例へば	temp.	20	30	40	50	60 $^{\circ}\text{C}$
	R	0.474	0.493	0.512	0.531	0.550

反應液と金屬との接觸を嫌ふ場合は薄きガラス壁で金屬を覆ふ。又は反應中は加熱器を引上げる。

反應液の混合：—二液の混合により反應を始める 場合には混合を出来るだけ速かにする事。

i) ガラス球破壊。

一方の液をガラス球中に詰め Dewar 瓶中の他の液に浸して置き ガラス球を硝子棒等で破る法である。混合時間は速いが硝子球の水當量を實驗的に知る必要がある。



第二十二圖

ii) 底開き法

混合は速いが装置が複雑になる。

iii) 引上げ法

反応液がゴム管中を流れ氣持が悪い。

iv) サイフォン式

装置が簡単である。混入時間は約5秒である。(流入管の先端が丁度液面に觸れる様にしてをけば先に水滴の残る心配がない。)

Dewar 瓶の蓋:—ゴム栓(又はコルク栓)を用ひる時は 恒溫槽の水の入らぬ 様特に注意が必要!! それには set した後蜜蠟を塗つておく。(融けた蜜蠟をスポイトでゴム栓と Dewar 瓶の間に流し次に小バーナーでやき付ける)。水銀閉鎖の方法は確實であるがやつかいである。勿論硝子を用ひスリ合せにするのが一番よい。特に有機液體を取扱ふ時にはゴム栓は侵されて困難である。

其の他: 反應開始に於ける反應液の溫度は必ず恒溫槽の溫度と同一にしておく事、少くとも $\frac{5}{1000}^{\circ}\text{C}$ 以内に、反應による溫度上昇は 0.5°C 以内に止めるがよい。そうしないと溫度による反應速度の變化を來たす心配がある。

反應熱 (Q) を求める時は反應が終了したと思はれる時より 20~30min. 長くまで data を取る事。

冷却速度恒數 (K) 及び水當量 (W) に就いて

W 測定の際の電流を一定にするためニクロム線 20 cm 程の小抵抗を作り細かく加減すればよい。流す電流の強さは溫度上昇 1°C に 15 min 内外を要する(上述の加熱線では約 1 amp.) 程度が適當と思ふ。

τ の測定には恒溫槽との溫度差 $0.8\sim 1^{\circ}\text{C}$ よりなるべく少い處まで測定する事。簡単に K のみを知るには 30~40 min でよい。

Dewar 瓶の眞空度と K の値の關係の一例を示すと次の如くである。

1 atm.	0.0169	1~2 mmHg	0.0169
1/2	„	1×10^{-1}	0.0165
1/4	„	5×10^{-3}	0.0136
10 mmHg	„	1×10^{-4}	0.0107

上の表で判る如く眞空度はよくしないと意味がない。

溫度による K, W, τ の變化の一例を示すと

$t^{\circ}\text{C}$	τ	K	W
30	+0.020	0.0138	119.4
40	+ .010	150	120.1
50	+ .002	172	119.7
60	-0.005	180	119.4

即ち溫度が高くなると K は増大する。W は一定である。

C) 低溫恒溫槽. (クリヤシタツト)

恒溫槽は 1) 物理的定點を利用するもの, 2) 人工的に加熱又は冷却するものとの二種に大別しうる.

1) a) 0°C の場合, 氷と水とを絶えず攪拌する.

b) 0°C より少し低い場合. 氷を稀薄なるアルコール中に入れよく攪拌する. この場合は氷の融けるに従ひ徐々に温度が昇る.

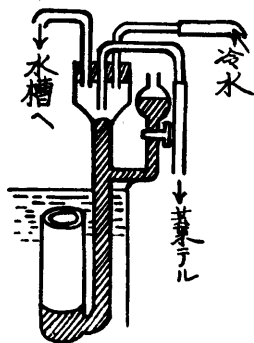
c) 寒 劑 數 例

エーテルと固形炭酸		-79°C
雪と $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	(6 : 4)	-51°C
雪と食鹽	(2 : 1)	-21°C
硫酸曹達と鹽酸	(8 : 5)	-18°C
硝酸アムモニヤと水	(1 : 1)	-15°C

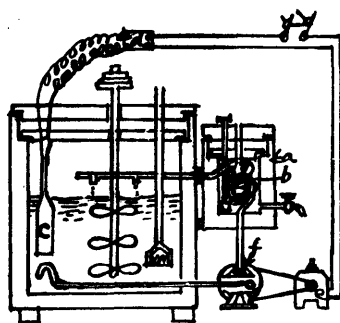
d) 液態の沸點を利用する場合. 器内の壓力を變へて, 種々の温度を得る.

鹽化メチル	-24°C
エチレン	-103°C
メタン	-164°C
酸素	-182.8°C
一酸化炭素	-190°C
窒素	-195.7°C
水	-252.5°C
ヘリウム	-268.7°C
液態空氣	約 -190°C

2) a) 室温より少し低い恒溫槽. 最も簡單には第二十三圖の如く. 氷で冷却した冷水を用ひる. 即ち温度が昇れば水銀が排水孔を塞ぎ冷水は水槽に入り, 降れば排水孔を通じて外部に棄てられる. 此際排水管の水の出口が高さが水槽への流出管より下にあることが必要である. これと同様にして精密なる恒溫槽を第二十四圖〔森口, 日化, 53, 381 (1932)〕に示す. a に



第 二 十 三 圖

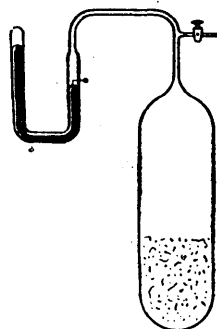


第 二 十 四 圖

寒劑にて冷却せる冷水を貯へる. c は恒溫槽の温度調節器で, d なる繼電器で動作させそれを e なるモーターに通じ, f なるポンプを動かす又は停止せしめて温度調節を行ふ. この装置で $8^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 迄の範囲ならば $\pm \frac{1}{1000}^{\circ}\text{C}$ 以下の精度を有す. 此際寒劑は氷食鹽を用ひ, 液はアルコール水溶液を用ふ.

b) 更に低温の場合。冷却には液態空気を用ひ。槽内の液としては次の數種がある。

鹽	水	(- 40~+120°C)
パラフィン油		(- 40~+ 75°C)
石油エーテル		(-130~+ 40°C)
アセトン		(- 94~+ 56°C)
エチルアルコール		(-114~+ 78°C)
トリユオル		(- 95~+110°C)
イソペンテン		(-160~+ 28°C)
プロペン		(-190~- 45°C)
プロピレン		(-190~- 48°C)

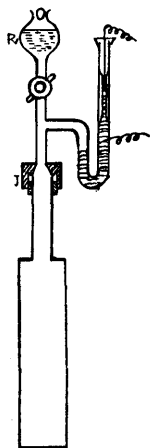


第二十五圖

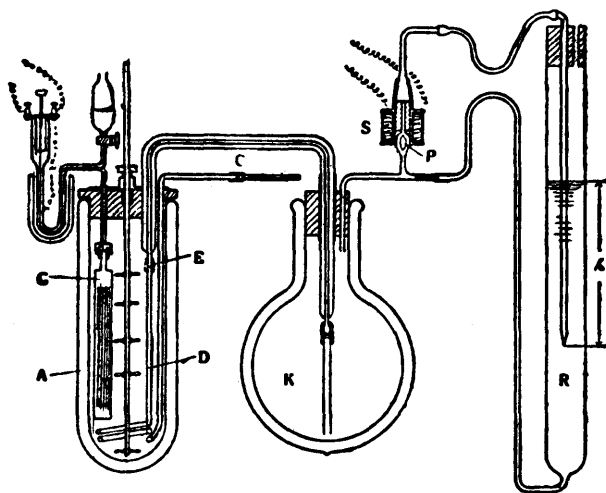
溫度調節器には、炭の低温に於ける瓦斯吸着（アルゴン）を應用し壓

力變化に依る水銀柱の昇降で電路を斷續するもの（第二十五圖参照）及び銅器内のペンタンの體膨張を利用して、電熱廻路を斷續、又は電磁的に液態空氣の供給を調節するもの等がある。（第二十六圖参照）

實例として最も優れたものは原、篠崎〔工化、29, 26 (1926)〕の恒温槽で（第二十七圖参照）



第二十六圖



第二十七圖

1.4立のペンテンを -100°C に保つに3立の液態空氣で30時間保持し得る。溫度範圍は $0^{\circ}\text{C} \sim -150^{\circ}\text{C}$ の間で精度は $0.02 \sim 0.03^{\circ}\text{C}$ である。猶ブテンを使用すれば、 -180°C 迄可能である。

文献 1, 2, 及び 羽澤住夫, 應用物理 5, 600 (1936). 6, 140 (1937). 参照.

3) 追 補

a) 寒暖計に就いて.

- | | |
|-------------|--------------------------|
| 1) 水銀寒暖計 | -30°C 迄 |
| 2) アルコール寒暖計 | -80°C 迄 |
| 3) トルエン寒暖計 | -120°C 迄 |

- | | |
|------------|-------------------|
| 4) ペンタン寒暖計 | -50°~-190°C |
| 5) 白金抵抗寒暖計 | -200°C 迄 |
| 6) 鉛抵抗寒暖計 | -200°C 以下の低温に用ひる。 |
| 7) 熱電對 | |
| 8) 蒸氣壓寒暖計 | |

b) 低温の標準點として用ひられる物質及び融點

四 鹽 化 炭 素	-22.9°C
水 銀	-38.87°
ク ロ 、 ベ ン ゼ ン	-45.2°
ク ロ 、 ホ ル ム	-63.5°
炭 酸 (沸點)	-78.5°
醋 酸 エ チ ル	-83.6°
ト ル エ ン	-95.1°
二 硫 化 炭 素	-111.6°
エ チ ル エ ー テ ル	-116.3°
メチルシクロヘキサン	-126.4°
イ ソ ペ ン タ ン	-159.6°
酸 素	-182.8°

参 考 書 (恒温槽)

- | | |
|----------------------------|--|
| 1) 箕作新六; 物理化學實驗法 (實驗化學講座). | 4) Ostwald-Luther: <i>Hand-und Hilfsbuch zur Aus-</i>
<i>führung physikochem. Messungen</i> (1931). |
| 2) 鮫島實三郎; 物理化學實驗法. | 5) R. Griffiths: <i>Thermostats</i> . |
| 3) 松野吉松; 理論化學實驗法. | |

§ 26 爐

高温度を得るに最も簡単な方法はバーナーにて熱することでバーナーに充分空気を送入する時には焰の先端は 1500°C 位に上昇する. 普通實驗室用としてはリングバーナーを用ふる事多く周圍にイソライト, アスベスト等の保温劑を以て包みたる中に瓦斯と空氣とを吹き込むならば, 大なる容積の物體を熱する事が出来る. この型の爐は種々のものが發賣されてゐる. 若しも空氣の代りに酸素ポンペよりの酸素を送るならば更に高温度になる. 一般に鐵製圓筒の周圍に保温劑例へば石綿粉末とカオリン, マグネシアを捏ね合はしたものを塗りよく保温に耐ゆるものとし然る後鐵製圓筒内に高温に於ても安定な物質例へば, Cenco hyvac oil 等の油類を入れ之を爐として實驗用に使用する. 又其の爐を恒温槽の役目をも持たせる爲に作ったものにナイターバスがある. ナイターバスは鋼鐵製圓筒の外圍を石綿板にて包み, 其の上を石綿粉末とカオリン, マグネシアを捏ね合はしたもので塗り, 尙保温を完全ならしめる爲にイソライト煉瓦で其の周圍を包圍する. 而して鋼鐵製圓筒内には KNO_3 と NaNO_3 の等分子混合融液を入れ圓筒の下部をリングバーナーにて熱する. 斯くして上述のオイルバスもナイターバスも共に 300°C 附近の温度を出すことが出来る. 後者の場合は恒温的性質を持つたものが出来上るから高温 (250°C—600°C) の反應速度測定等には最も適したものの一つであらう. 唯ナイターバスは冷却した場合に鐵製圓筒内の KNO_3 及 NaNO_3 は凝固するから其の内部の反應容器其他温度調節器等を破損する場合がある. 故に少くとも實驗操作中は半年, 一年と云へども繼續して瓦斯の火を消さぬようにしなければならない. 若し瓦斯の火のとまるような時は豫め通知をし

でもらつて鐵製圓筒内の物で KNO_3 及 NaNO_3 以外の 凡てのものは除去して置くことが肝要である。若し斯る事が絶対出來ぬ實驗であれば豫め鐵製圓筒の外圍を石綿板にて包みたる上をニクロム線で巻き電氣的に加熱出来るようにして置く必要がある。次に上述のオイルバス並にナイターバスの最適溫度を下に記して瓦斯爐に就ての記載は終る。

オイルバス 室温～200°C ナイターバス 250°C～500°C

(ナイターバスに就ては 物理化學の進歩 第4巻 77頁 参照)

一定の溫度を長く保つとか又は正確に溫度を測り乍ら熱すると云ふ様な場合に對しては電氣爐を用ひるのが便利である。電氣爐には種々の型があるが一番簡單なのは金屬線の抵抗を利用したものである。今針金を流れる電流の強さを I アムペアとし、針金の抵抗を W オームとすると一秒時間にそこに發生する熱量 Q は次式による。即ち

$$Q = I^2 W \quad (\text{單位デジュール})$$

$$Q = 0.2388 I^2 W \quad (\text{單位カロリー})$$

そこで出來た熱を外へ逃さない様に保護する爲前述の如くアスベスト板等の保温劑にて金屬線の上を充分巻いて置く。保温に對する工作は前述のナイターバスの場合と同様である。唯加熱物體を入れる圓筒は電氣爐の場合は素焼筒或は外圍をアスベストにて蔽ひたる鐵製圓筒等を用ひる。

金屬線としてニクロム線を用ひた電氣爐では 800°C 位より高くしてはいけな。それはニクロム線が酸化して了ふからである。素焼筒に白金箔を巻きつけたものは普通ヘロイス (Heraeus) 電氣爐として賣つてゐる。これは横倒しになつたのも縦になつたものもある。横のは管を熱するとき等に便であるし、縦のは坩堝等を熱するのに便利である。この種の爐は 1400°C. 邊まで熱し得る。併し長く續けて熱する場合には 1200°C. 位より以下にしておく方が爐の爲に良い。1400°—1500°C. 以上の高溫を要するときには、炭素抵抗爐か又は電弧爐を用ふべきである。炭素抵抗爐の一種にクリプトル (Kryptol) 爐と云ふのがある。陶製の二重筒の中間に炭粒を充たし、その兩端を石墨環にて押へてある。この環を電板として電流を通すれば炭素粒は熱せられる。又ヘルベルゲル (Helberger) の爐と云ふのがある。これは石墨製の坩堝を電極間に挟みそれに強電流 (8—10ボルト, 700—800アンペア) を通すると、石墨坩堝は熱せられ容易に 2500°C. 邊の溫度に達し得る。この爐にはそれ専用の變壓器が附屬してゐる。更に電氣爐には電弧を用ひるのがある。之は石墨製の坩堝の中に熱すべき物質を入れ、これを石墨の臺の上に置き、上から直徑2—3mm位の炭素棒を入れ、この炭素棒と坩堝との間に電弧を生ぜしめるのである。電流は 30ボルト30アンペア前後を要する。又は横から二本の炭素を入れこの間に電弧を生ぜしめる爐もある。又誘導爐 (Induction furnace) と云つてコイルに強い交流を通じてコイル中に置いてある導體又は夫で作られた容器の中に感應電流を生じ、熱效果 (普通 2500°C 位迄) を起さしめる高溫電氣爐として便利な爐もある。次に上述の電氣爐をまとめてこの項を終る。

電 氣 爐	抵 抗 爐	ニクロム線抵抗爐.....	室温～800°C
		ヘロイス電氣爐.....	室温～1400°C
		炭素抵抗爐.....	500°～2500°C
	孤 光 爐	3500°C 迄適當
	誘 導 爐	2500°C 迄適當

瓦斯爐に比較して電氣爐の特徴は

- 1) 高温が極めて容易に且つ短時間に得られる事
- 2) 温度調節が容易である事
- 3) 燃焼廢ガスの加熱物への混入なき事
- 4) 熱効率が極めて良く 70% に及ぶ事

である。(電氣爐に就ては 武井武著, 電氣爐, 向井幹夫著, 電氣爐, 八木榮著, 電氣爐, 参照)

以上爐に就て述べたが室温から 800°C 邊迄の爐としてはニクロム線抵抗爐が最も一般に用ひられてゐる。當教室では又ナイターバスをも使用してゐる。

第八章 X 線

§ 27 X 線に関する参考書

X 線に依る物質内部の構造其他の研究は現今に於ては既に自然科学並に應用の各方面に互り最早缺く可からざるものとなつて、その進展は更に止まる處を知らない有様である。研究各部門に廣く行はれる専門的實驗方法、技術の發達の如きも又今日顧みて實に驚くの外ないものがある。随つてこれ等に關して各専門大家に依つて著された極めて完備した優秀懇切なる文獻書物は今日實に枚舉に暇がない。かゝる廣汎に互る、又諸學者の貴重な經驗を積むこと極めて深き専門の最近實驗技術に就ては寧ろ適宜それらの確實なる著書に就て廣く各々欲する處に従ひ之を熟讀することが先づ必須の事と考へられ、これに依て問題は概ね氷解するものゝ如く思はれる。故にこゝに其極く手近かな参考書を任意採り出して列舉することゝし參考に供するに止める。

参 考 書

Pole, *Die Physik der Röntgenstrahlen* (1912).
 Kaye, *X-rays* (1918).
 Cermak, *Die Röntgenstrahlen* (1923).
 Ewald, *Kristalle und Röntgenstrahlen* (1923).
 Bragg, *X-rays and Crystalstructure* (1923)
 W. H. Bragg & W. L. Bragg, *The crystalline state*
 Wauvillier, *La technique des rayons X* (1924).
 Siogbahn, *Spektroskopie der Röntgenstrahlen* (1924);
 neue Auflage (1931).
 Wyckoff, *The structure of crystals* (1924, 1931)
 Rosenthal, *Praktische Röntgenphysik und -technik*
 (1925).
 Becker und Ebert, *Metallröntgenröhren* (1925).
 Küstner, *Die Ionisationmessungen der Röntgenstrahlen* (1925).
 Compton, *X-rays and electrons* (1926).
 Compton-Allison, *X-rays in theory and experiment*
 (1935).

Mark, *Die Verwendung der Röntgenstrahlen in Chemie und Technik* (1926).
 Glocker, *Materialprüfung mit Röntgenstrahlen* (1927).
 Clark, *Applied X-rays* (1927).
 M. und L. de Broglie, *Physique des rayons X et Gamma* (1928).
 Schleede u. Schneider, *Röntgenspektroskopie und Kristallstrukturanalyse* (1928).
 Eggert u. Schiebold, *Ergebnisse der technischen Röntgenkunde* Bd. I. u. II (1931).
 吉田卯三郎, 田中憲三, 物質の結晶構造と X 線 (昭和十年).
 Halla-Mark, *Röntgenographische Untersuchungen von Kristallen* (1937).
Handbuch der Physik von Geiger u. Scheel, Band 17. 23, 24,
Handbuch der Experimentalphysik von Wien u. Harms. Band 7, 24.

第九章 光 源

§ 28 水 銀 燈

出来上つた水銀燈を見ると實に馬鹿らしい程簡単な物で、これが二百圓も三百圓もするなん