の線膨脹率をきめるには溫度と長さと一層嚴密に，その分數まで調べるのである．

一般に棒の最初の長さを l とし，溫度が t 度昇つたために長さが l′ になつたとすれば線膨脹率 a は次の式で示される

$$a=\frac{l'-l}{lt};\qquad l'=l(1+at)$$

次に示した値はこのやうにして求めたものである．

線膨脹率	
亞鉛	0.000029
鉛	29
銀	19
眞鍮	19
銅	17
金	14
鐵	12
白金	09
硝子	09〜07
磁器	03
ニッケル鋼*	009
石英硝子	005
木材	
纖維に平行	03〜09
纖維に垂直	03〜06

＊ニッケル36％を含む

注意　(1) この表で亞鉛には 0.000029 と書いて鉛以下はただ29とのみ書いてある．これは鉛以下は上の 0.0000 を略したものである．このやうな表には往々この記し方があるからそのつもりで見ること．

(2) この數字はその物質の 1 糎の長さに對して溫度 1 度の上昇で伸びる長さを示したものである．

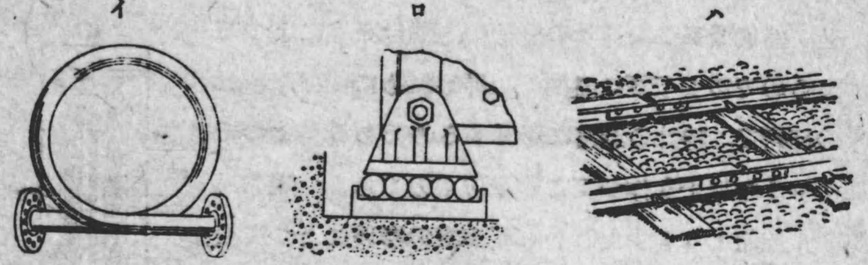
註　木材は纖維の方向によつて，その膨脹率がちがつてゐることは注意すべき事柄である．これは熱に對してばかりでなく，力に對してもさうかもしれない．調べて見よ．鑛物には結晶の方向によつて膨脹率を異にするばかりでなくいろいろの性質が結晶の方向によつて違ふのがある．木材の纖維質と鑛物の結晶質との間に似た性質のあることはこれまた注意すべき事柄である．

問 1　15度でちやうど 1 米の鋼の棒は30度では幾らの長さになるか．

（表でわかるやうに鋼は 1 糎の長さで 1 度の上昇毎に0.000017 糎伸びる．）

線膨脹に關する實用機關の考慮

線膨脹率は小さいやうであるが，非常に長いものになると高い熱を受けるときは相當に伸びるからこの伸びを考慮に入れて置かないと不慮の災害を受けることがある．下の圖の(イ)は蒸氣誘導管に接續される曲管



膨脹被害防禦

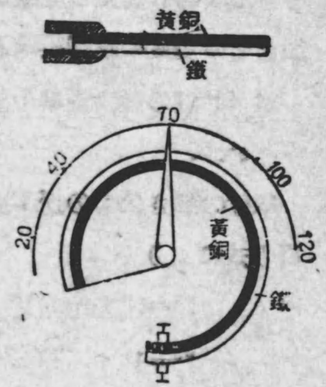
である．管の直線部が膨脹して建築物その他のものに被害を及ぼす前にこの曲管が伸び被害を除くのである．これは寒さに逢ふて收縮する場合でもこの曲管が收縮の餘地を與へるから支障を起さない．(ロ)は鐵橋の脚部を示したものである．丈夫なローラーが餘地のある臺の上に載せてあつてその上に橋の脚部が乘るから鐵の伸縮による影響はローラーの廻轉となり構造物には及ばない．(ハ)はレールの接ぎ目である．

問 2　琺瑯引きの洗面器を熱するとき，どうかすると琺瑯質がはげることがある．どういふわけか．

（線膨脹率の表を見よ，鐵と磁器とはどのくらい線膨脹率が違ふか）

問 3　圖のやうなはり合せ溫度計では溫度が昇つたら，針がどちらへ動くか．

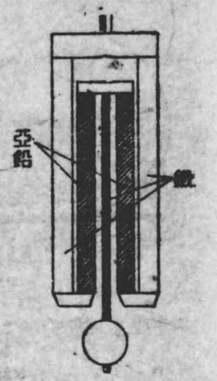
（濕り氣のある紙を日向に出して乾かすとき，紙が乾いて縮む面の方へ反り返るであらう．又乾いてゐる板か紙を一方の面だけ濕めすときしめつた面が外側にな



膨脹溫度計

るやうに反るであらう．溫度が昇るときも下るときも變化の多い方が外側になるやうに曲がる．この圖で，その構造と膨脹率表とから判斷せよ．

2　補正振子　掛時計の振子の週期は長さによつてきまるのであつて夏は溫度の上昇のために伸び，冬はその反對で，時計の遲速に影響するのである．よつて圖のやうな振子を作つてこれを防ぐのである．鐵の線膨脹は亞鉛よりも少ないから夏季鐵の膨脹によつて振子の球が下がるが亞鉛の膨脹でこれを引き上げるやうにし，長さの割合を膨脹率の大小に注意して適當にすれば全體として伸縮の生じないやうにすることが出來る．これが補正振子である．懷中時計の切天符にも膨脹溫度計と同樣の仕組みで，熱膨脹からくる，くるひをさける工夫がしてある．



補正振子

3　體膨脹　物體の溫度が昇るとき，その體積を增加するのを體膨脹といふ．**或る物質の溫度が1度昇る毎に單位の體積についての體積の增加をその物質の體膨脹率といふ．**

問 4　鐵の體膨脹率を計算せよ．體膨脹率は線膨脹率の何倍としてよいか．

單位の長さのものが1度の上昇のために伸びて l' となつたとすれば前頁の式により

$l'^3=\{l(1+at)\}^3$　であるから

$l'^3=l^3\times(1+0.000011\times1)^3$　となる括弧內の數を展開すれば

$=l^3\times(1^3+3\times1^2\times0.000011+3\times1\times0.000011^2+0.000011^3)$

となる．そして 0.000011^2 は 0.00000000121 といふやうなあまりに小さい數で省いても實際の事柄には何も影響はない．故に

$$l'^3=1\times(1+3\times0.000011)=1\times(1+3a)$$

卽ち體膨脹率は線膨脹率の3倍としてよい．なほ體膨脹率を求める一般的順序を述べよう．

今物體の最初の體積を V とし，溫度が t 度昇つたために，その體積が V′ になつたとすれば體膨脹率 b は次の式で表はさる．

$$b=\frac{V'-V}{Vt}\qquad V'=V(1+bt)$$

ここで，この物體が一邊が l の立方形であつたとすれば

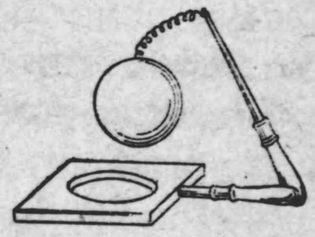
$$V'=\{l(1+at)\}^3$$
$$=l^3(1+at)^3$$
$$=V(1+at)^3$$
$$=V\{1^3+3\,at+3(at)^2+(at)^3\}$$

a は皆小さい小數であるから，その自乘は省いても事實問題には差支のない程度である．よつて括弧內の第三，第四項を省き

$$V'=V(1+3\,at)$$

卽ち體膨脹率 b は線膨脹率の3倍としてよい．この關係は物體がどん形をしてゐるときでも同樣であるから固體の線膨脹率を知れば體膨脹率を求めることが出來る．

4　中空の物體の膨脹　中空の物體が膨脹するときは實質部を中心に考へて實質部が膨脹するから中空部の體積が減ずるのではないかと考へるかもしれないが，中空部はその實


中空膨脹

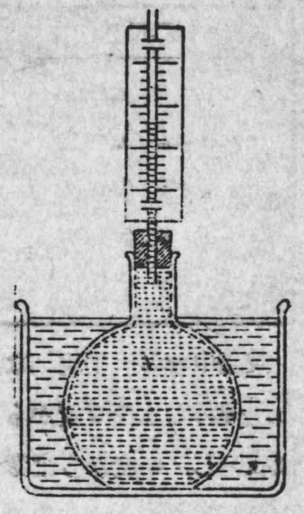
質があると同樣に膨脹するのである．即ち圖で影をして部分のものが熱せられて點線で示したやうに膨脹するのである．また次のやうに考へてもよい．もし中空部の體積が減少するとすれば中空部に接した實質部は却つて縮んだことになるから事實に合はない．

これを實驗的に明かにするには前頁の圖のやうに球が辛じて通過するやうな穴をもつ球と同質のもので板を作る．球を熱すれば穴を通らない．次に穴を熱すれば（球も同時に熱する）球は通る．木製の車の輪に鐵の環を嵌めるとき，鐵の環を熱して嵌めると冷却するとき收縮するため，木を强く引き締めるので固く嵌まる．

第十五章　液體の膨脹率

液體の體積は溫度によつてどう變るであらうか．固體に比べて多いか少ないか．

1　液體の膨脹率　實驗　圖のやうな細いガラス管を通した栓を，水を入れたフラスコにはめ，管の內の水面が目盛の中頃にあるやうにする．この裝置を溫度のわかつてゐる湯の中へ漬けて見よ．



液體の膨脹

液柱は最初どうなるか．

水にはまだ熱が傳はらないうちにフラスコに傳はりフラスコが中空物體の膨脹と同じやうに膨脹するから液柱は最初下がるであらう．次いで熱が水に傳はり水が膨脹（水はガラスよりも多く膨脹する）するから液柱はやがて昇り始めるであらう．湯の溫度によつてはどんどん昇つて管の口からあふれ出るであらう．

この實驗で，湯に漬けないうちの細管內の液面の位置と，全體が湯の溫度になつたときの液面の位置とできまる體積の增加は，液の眞の膨脹と容器の容積の增加との差である．これを，液體の**見掛けの膨脹**といふ．

このやうな實驗から，液體は通常溫度の上昇と共に膨脹し，その體膨脹率は固體の場合よりも大きいことがわかる．

2　水の膨脹　物質の膨脹率は一定のものではない．溫度によつて多

少その値を異にし一般に溫度の昇ると共に膨脹率は大きくなる．次の表中水の膨脹率を見れば了解出來るであらう．(しかし水以外の物質では溫度の差による膨脹の差は考へないでもよい．即ち例へば鐵は50度から51度になるときの伸びも90度から91度になるときの伸びと等しいと見てよい．)この現象は液體は固體にくらべて著しい．

液體の體膨脹率 (1度の上昇毎に單位體積の0度のときの體積の增加率)			
水銀	0.00013		
アルコール	0.00112	水	5°～10° 0.00005
グリセリン	0.00050		10～20 0.00015
エーテル	0.00167		20～40 0.00030
ベンセン	0.00124		40～60 0.00046
			60～80 0.00059

液體中著しく不規則な膨脹をするのは水である．純粹な水を0度から溫めて行くと4度までは收縮し，4度からは膨脹する．この現象は如何なる理由によるものであるかはまだ解決されてゐない．

水の密度表	
0°	0.99988
1	0.99993
2	0.99997
3	0.99999
4	1.00000
5	0.99999
6	0.99996
7	0.99993
8	0.99983
9	0.99981
10	0.99973

問 1　冬，池の水が上の方から冷えて行つて凍るとき，對流の起るのはどんなときか．また起らないのはどんなときか．

(4度以上では冷えるに從つて密度が增加するから上が重く下が輕いといふ現象を呈する．對流は起るか．

4度以下では冷えるに從つて上の方が輕くなり下の方が重くなる．對流が起るか．)

問 2　對流が起らないやうに普通の液體を熱するには，どうすればよいか．

(熱の傳導の所で試驗管の水を熱したときのことを考へよ．)

問 3*　次の膨脹についての諸現象に說明を加へよ．

(イ)　肉厚のコップに熱湯をつぐと破れるがビーカーのやうな薄いものは破れない．何故か．

(ロ)　牛乳が一杯入つてゐる瓶を栓をしたまま熱すると破れる．(膨脹率の表を見て解決せよ)

(ハ)　栗・豆・胡麻などを煎るとき音をたててはねる．どうしてか．

(ニ)　青竹を燃すとき爆發するのは何故か．(次章參照)

(ホ)　一度融かした水晶で作つた器具は，これを赤熱して急に冷水に入れてもこはれない．どうしてか．

(教科書88頁の表から考へよ)

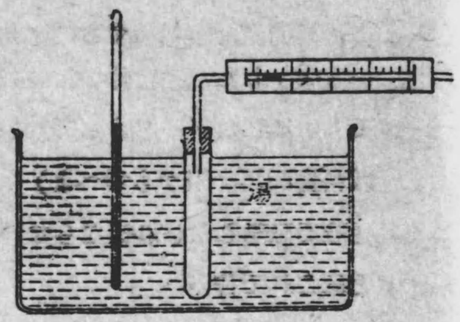
物象實驗で强熱しなければならない場合の試驗管・ビーカー・フラスコなどはこれで作る．

(ヘ)　インバール(ニツケル鋼)はクロノメター・精密機械等に利用せられるのは何故か．

(ト)　瓶の栓(ガラスの栓)がとれないとき口の周りを蠟燭のやうな軟かい焰で熱するととれる．

第十六章　氣體の熱膨脹

1　空氣の膨脹　實驗　試驗管に直角に曲つたガラス管を固定し，ガラス管の水平の部分に液體を一滴入れて目じるしにする．試驗管をいろいろの溫度の湯の中に入れて，目じるしの位置を讀み圖表を使つて溫度の變化と空氣の體積との關係を調べよ．



この實驗は最初室溫の水に漬けて溫度の目盛を讀み，次に器に湯を少し注ぎ，溫度と目盛を讀む．これを繰り返す．

次に示すのは或る人の實驗記錄であるが，溫度が3度昇る毎に目盛を讀む位にしてみよ．

記錄　空氣の膨脹

回數	1	2	3	4	5	6	7	8
溫度	室溫15	20	25	30	40	50	60	70
目盛	2種	4	6	8	12	16	20	24

年　月　日　實驗者

2　氣體膨脹の法則

氣體の體積は一定の壓力では溫度の變化に比例して變化し，**どの氣體でも溫度が1度昇るごとに零度のときの體積の$\frac{1}{273}$づつ膨脹する．之を氣體膨脹の法則といふ．**

これは氣體の體膨脹率はどの氣體でも$\frac{1}{273}$であるといふことであるから一定の壓力の下で或る氣體の0度及びt度のときの體積をそれぞれ

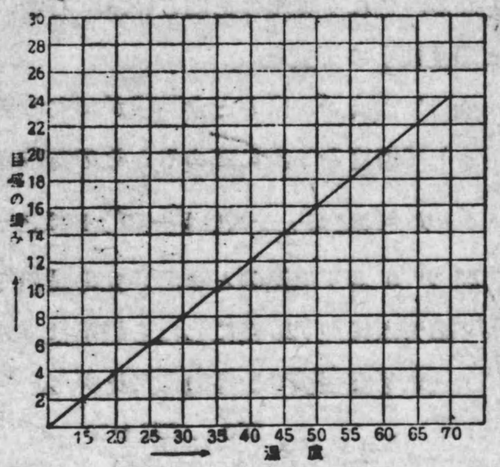
V_0, V とすれば185頁の式から

$$V=V_0\left(1+\frac{1}{273}t\right)$$

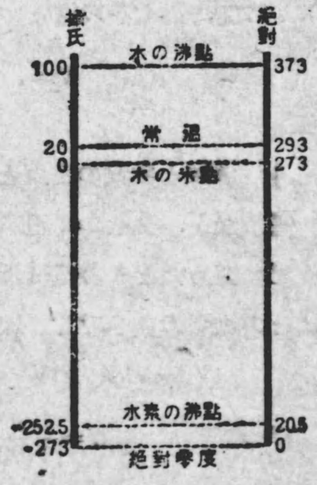
$$V=\frac{V_0}{273}(273+t)$$

となる．

絶對溫度　この法則によると，氣體の體積は1度降れば0度のときの體積の$^1/_{273}$づつ收縮する．それ故もしこの法則が極めて低溫度の場合まで成立つものとすれば −273 度では凡ての氣體の體積は零となる筈である．しかし實際にはどんな氣體でも，その前に液體になつてしまふ．又零下273より低い溫度はないと考へられるのでこの溫度を**絶對零度**といひ，これを基點として，上の方へ數へた溫度を**絶對溫度**といふ．從つて普通の溫度t度を絶對溫度で表せば(273+t)度となる．(273+t)度を一般にTで表す習慣がある．前頁の式は $V=\frac{V_0}{273}T$ となり**氣體膨脹の法則は氣體の體積は絶對溫度に正比例するといふことになる．**



前頁記錄の圖表



絶對溫度比較表

3　氣體の法則

氣體彈性の法則（教科書72頁）は

$$V=一定\cdot\frac{1}{P}\quad(VP=一定)$$

氣體膨脹の法則は・　V＝一定·T である.

故に氣體の體積 V は壓力 P に反比例し絕對溫度 T に正比例する

$$V=一定\frac{T}{P}\qquad 即\quad \frac{PV}{T}=一定$$

となる. これを**氣體の法則**といふ. 右邊の定數は一つの氣體についてはその量によつて變る.

問 1* 溫度が10度のとき體積が15立の氣體がある. 壓力をそのままにして溫度を25度に高めるとその體積は何程になるか.

$$(V=15立\times\frac{1}{273}\times(25^\circ-10^\circ)+15立)$$

問 2* 0 度 1 氣壓のとき, 1 立の體積を持つてゐる空氣を溫度70度, 壓力水銀柱 720 粍にしたら體積は幾立になるか.

(求める體積Vは壓力に反比例し, 絕對溫度に正比例するから

$$V=1\ 立\times\frac{760}{720}\times\frac{273+70}{273})$$

問 3* 0 度, 1 氣壓のとき體積 1 立の水素がある. この水素の溫度を 27度, 壓力を77糎とすればその體積は何程になるか.

(前問同樣に　$V=1\ 立\times\frac{76}{77}\times\frac{300}{273}$)

4　溫度と物質の密度との關係

體積が V, 密度が d, 體膨脹率が b である物體があつて, この溫度を T 度だけ高めたときの體積及び密度をそれぞれ V′, d′ とするとき, Vd, V′d′ はその物體の重さでこれは熱によつて變化はないから

$$Vd=V'd'\qquad V'=V(1+bt)$$

從つて　　$d'=\frac{d}{1+bt}$

即ち溫度が昇れば物體の密度は小となる.

問 4* 0 度のときの水銀の密度は 13.596である. 25度では密度はいくらになるか. 水銀の膨脹率は 188 頁の通りである. (前頁の式によつて計算)

5　氣體の密度

氣體の體積は氣體の法則 (前々頁) によつて變化するから, その密度も亦溫度と壓力との變化に伴つて變化する. 即ち

氣體の密度は壓力に正比例し, 絕對溫度に反比例する

6　標準狀態

かやうに氣體の體積と密度とは, 溫度と壓力とによつて著しい影響を受けるから, 氣體の體積または密度について調べるときは常に溫度と壓力とに注意しなければならない.

溫度を零度, 壓力を 1 氣壓としたときの狀態を標準狀態といふ

問 4* 標準狀態で, 空氣 1 立の重さは 1.293 瓦である. 溫度30度, 壓力75糎のときの空氣 4 立の重さはいくら.

$$(重さ=1.293\times4\times\frac{273}{273+30}\times\frac{75}{76})$$

問 5* 標準狀態で, 酸素 5 立の重さはいくらになるか. 酸素の密度は 0.001429 である.　なほ, 壓力 770粍, 溫度27度では重さはいくらになるか.

7　膨脹による冷却

氣體が外力に抗して膨脹するときは仕事をするのであるから, それに相當したエネルギーを消費する. よつて外部からエネルギーを供給しなければ氣體自身の熱エネルギーを消費しなければならないので溫度が下がる. 即ち氣體は外部から熱をとることなくして膨脹すれば溫度が下がるのである.

また氣體の壓力が大きいとき即ち密度が大きいときは分子間にも幾分か引力が作用してゐるから密度の大きい氣體が膨脹するときはこの分子

の引力に對しても仕事をすることになるから前の場合より一層溫度が下がることになる.

一般にかやうに物體が熱を加へることなしに容積を膨脹することを斷熱膨脹といひ, 斷熱膨脹の際は溫度が下がる.

壓力の高い氣體を急激に自由な空間に噴出させると, 極めて短時間では熱の輻射・對流・傳導がない (と考へられる) から斷熱膨脹であつて溫度が下がるのである.

8 熱の本性

物が燃えるとき焰をあげ, 熱をその周圍に發散させる. この現象をギリシヤ時代の人は, これは物質內に熱素といふものがあつて焰から出て他の物にはいる. 熱素が出るとその物體は減り熱素が入るとその物體は溫かくなり. 物が燃えるとしまひにそれがなくなるのは可燃物質は熱素を多く含み, 燃えるときこれを出すからであると說明した. 熱素說といふのがこれである. 卽ち熱を一種の物質と見たのである. 當時は火と熱との區別も明かではなく共に一種の物質としたのである. その後17世紀の頃までこの說によつてゐた. 多少不備の點に氣がついてもこれに代るべき說明が出來ないのでしまひには熱素には重さはないと說明するやうになつた. 打擊・摩擦などによつて熱を發する現象は熱素といふ重さのない一種の流體 (氣體と液體を合せての名稱) が溢れ出るのであると考へてゐた. 18世紀の終り頃ドイツのルムフォルド伯が大砲の砲身に穴をあけるとき殆んど無限に熱を發することを實驗した結果, 熱素說の不合理をみとめた. 更に英人デビーも二つの氷塊を眞空中で摩擦するとき氷は溶解するが, 熱素說ではこれを說明することは困難であると指摘し, その上熱は物體分子の運動に基づく現象であるとの考を發表した. その後多くの學者の研究によつて熱はエネルギーの一態であると說かれるやうになつた. 更に研究の結果19世紀の中頃に熱は物質分子の運動のエネルギーであると信ずるに至つた. 分子の振動が激しいほど, そのエネルギー卽ち熱量が多く從つて溫度が高いといふのである.

この說によれば物體を熱するとき膨脹して體積を增すことや, 氣體の壓力が熱によつて增加することなども容易に說明することが出來る. 卽ち物體分子の振動がより激しくなれば分子の占める空間範圍が擴がることとなり物體全體として存在の範圍が增大する. 卽ち膨脹して體積を增す. また密閉氣體ではその分子運動が盛んになれば分子がその器壁に對し衝突の回數が增し且つ衝突が强くなる. 卽ち器壁に對して壓力を强めることになると說明することが出來るであらう.

また102頁に說くやうに物體が衝突して熱を生ずるのは, その物體が衝突によつて運動を停止すると同時に運動のエネルギーの一部分が眼に見えない分子運動のエネルギーに變つたからである. また物質の氣化熱について考へれば氣化の際に液體の分子をその相互の分子引力に抵抗して引き離して氣體に變する仕事に費やされるので熱は仕事に變り溫度計には表れない. そのエネルギーは位置のエネルギーとして氣體のうちに貯へられるのである. 恰も地上の物體を地球の引力に抵抗して上方に引き上げるときその運動のエネルギーが位置のエネルギーに變つてそのうちに貯へられるやうなものである.

また氣體が液化するときには前に氣化熱として吸收してゐるエネルギーが再び熱として現はれるのは分子間の位置のエネルギーが再び運動のエネルギーに變ずるからである. 恰も高い處にある物體が降下するときに位置のエネルギーが運動のエネルギーに變ずるやうなものである. (後章氣化熱・液化熱參照)

第十七章　太　陽　熱

われわれの日常生活から考へて木材・石炭乃至電氣などによつて暖をとり熱を得るのであるが，これは皆その源を太陽から得てゐる．木材は言ふまでもなく太陽熱のために生育した植物であり，石炭は昔の太陽熱の蓄積で，電氣は水力によるも火力によるもその發電力の源は太陽にある．また更に太陽光線に思ひを及ぼすときわれわれの生存に必要である一切の條件をはじめ，地球上萬般の現象の根源は太陽にあると斷言することが出來る．

1　太陽の大きさ

この太陽はどんなものであらうか．太陽について

1. 視　角		31分59秒餘
2. 實直徑（地球の）		108.968倍
3. 表面積	〃	11,874. 〃
4. 全體積	〃	1,293,902. 〃
5. 全質量	〃	333,432. 〃
6. 表面重力	〃	28.04 〃
7. 平均密度		25.6
8. 表面の有效溫度		6000度
9. 熱量恒數　平方糎/分		1.95カロリー
10. 光達時間		8分18秒餘
11. 地球との距離		149,500,000粁

と計算されてゐる．太陽はあらゆる元素を包含してゐる巨大な塊である．

2　太陽の熱

表面溫度は6000度でその光線は60000燭光の明さで地球を照らす割合である．前の表中の太陽恒數といふのは地球上の1平方糎に對して毎分太陽からくる熱量をカロリーで表したものである．地球上の1平方糎に對して毎分約2カロリーとすれば1平方米に對し30分間に10立の水を0度から60度に高める割合である．しかも地球の受ける熱量は太陽の發する熱量の2億分の1であるといふ．もし太陽の周圍を氷で包んだとすれば120米の厚さの氷を一時間で融かすことが出來るほどである．學校の庭全體に毎時間どれだけの水を沸騰させる熱量が送られるかを計算すれば，その莫大の量に氣付いて驚くであらう．

實驗　水の太陽熱の吸收　夏など日向に置いてある金物が熱くなつてゐることは經驗したであらう．これから水が太陽熱を吸收する狀態を調べてみよう．ガラス・陶器または木で造つた器に水を入れこれを日向に置いて溫度を測り，その變化を見るのである．次のやうな記錄をとる．

月次 ／ 事項	月中旬	月中旬	月中旬	
器の表面積 cm^2(B)				
水　の　量 (A)g				
初めの溫度 (1)				
日當て時間 (C)分				
終りの溫度 (2)				
$\frac{\{(2)-(1)\}\times(A)}{(C)\times(B)}$ カロリー				

注意　(1) 器具は日當りのよい風の當らない所を選んでおく．

(2) 器の水の深さは5糎以內でよい．

(3) 溫度を測るときは水をかきまわす．

(4) 日光に曝らすのは一時間でよい，その間に二・三度溫度を測つて見よ記錄は最後のものだけでよい．

(5) 毎月中旬頃に同じ器で正午頃に實驗する．

(6) この實驗では太陽熱を全部吸收せしめることは出來ない．一旦吸收したものも水の蒸發のために費やされる．ただ毎月の比較を見る程度である．

太陽熱利用の一例．屋根の上にブリキまたは鐵で普通の雨樋位の大きさの數本の管を造りこれを平行に並べて上の管から水を全部の管に入れられるやうに繼ぐ，そして上の管は水道または井戸に接續し下の管は風呂桶その他必要の處に繼けるやうにする．日中の溫まりで夏などは少しの熱を加へないでも風呂用の溫湯が得られる．東京の某洗濯業者がこの方法で湯を得てゐる．

問　太陽熱は貯藏し得ないものであらうか，晝の熱を貯へて夜間その他必要な時に利用する工夫はないであらうか．蓄音機・蓄電池が出來てゐる，蓄熱機・蓄光機といふものは出來ないか．

3　太陽熱の根源

太陽はどうしてかかる大量の熱を出し續けることが出來るのか卽ち太陽の熱源は何かといふ疑問が起るであらう．太陽自身の消耗により，地球上の發熱現象と同樣の作用によつて發熱するものとすれば，太陽は溫度が1年に1度づゝ降下することになると計算されてゐるが，太陽面ではこれほどの溫度の降下はみとめられてゐない．熱源として流星降下說（流星が太陽に落ち込んで太陽の質量を增すといふ說）がある．また收縮說がある卽ち收縮によつて熱を出すといふ說．また質量輻射說がある（この說の內容は後に輻射線について學ぶときにわかる）がまだ定說はない．將來これ等の說について吟味する機會に接するであらう．

第四篇　物の狀態の變化

第一章　固體・液體間の變化

液體の水はその時の狀態によつて或は氣體となり，或は固體となる．大抵の物質は分子引力の狀況によつて固體・液體・氣體の三つの狀態にあることが出來る．物質が或る狀態から他の狀態に移るのはどういふ場合か．またそれにつれてどんなことが起るか．先づ固體と液體との間の變化を見よう．

物　質	融解點	融解熱
アルコール	−114度	
水銀	− 39	2.8カロリー
氷	0	80.0
パラフィン	38	
	56	
錫	232	
鉛	327	5
亞鉛	419	23
銀	961	21.1
ガラス	800	
	1400	
金	1064	
銅	1084	
鐵	1200	
	1400	
白金	1760	

1　融解　多くの固體は熱せられるとしまひに液體となる．この現象を融解といひ，融解の起る溫度を融解點といふ．融解點は物質によつて一定してゐる．

實驗 1　169 頁の實驗容器(イ)に量を測つた湯を入れて，その溫度を讀め．次に零度の氷の破片を幾つか入れて細い棒でかき廻し，氷が融け終つたら再び溫度を讀み，その時の水の量を測れ．

この實驗で最初の湯の量　100 cm³　後の量　140 cm³
最初の溫度　60°　後の溫度　20°

を得たとすれば氷は40瓦であつた．そして失つた熱量は100×(60−20)＝4000カロリーで，零度の40 cm³の水が20度となるには 40×20＝800カロリーである．4000カロリー−800カロリー＝3200カロリーは 40 瓦

の氷が融けるのに消費せられた熱量である．よつて1瓦の氷が融解するために費やされた熱量は

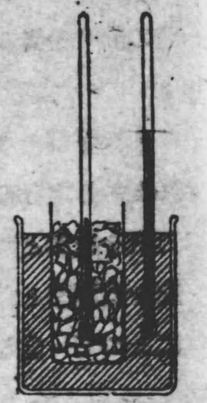
3200カロリー÷40＝80カロリー

であることがわかつた．

固體が融解するときにはこのやうに熱を吸收する．或る融解點にある物質1瓦が融解するとき吸收する熱量を，その物質の融解の潛熱（融解熱ともいふ）といふ．

實驗 2　ビーカーに湯を入れたものの中に，氷の破片を充分に入れた小さいビーカーを入れて兩方のビーカー內の溫度を讀む．細い棒で氷をかきまわす．氷の破片の入つてゐる方の溫度は昇るか．外側のビーカー內の溫度は降るか．

（湯の方の溫度は著しく降るが氷の入つてゐる方の溫度ははじめから零度で昇らないが氷が融け終つてから溫度が昇るであらう．）



これによつて氷の融解點は零度であり融解を始めてから終るまで溫度に變化がないことが分かる．この間に加へられた熱は狀態の變化のために用ひられ，その周圍の溫度を變化するために用ひられないのである．

註　ガラス・蠟などは融解點がはつきりしないでこれを熱すると次第に軟かくなつて徐々に液體となる．

2　凝固　液體は或る溫度まで冷えると固體となる．この現象を凝固といひ，そのときの溫度を凝固點といふ．

凝固點はその物質の融解點と一致し，凝固しつつある間は溫度が一定

である．物質が凝固するときは融解熱に等しい熱量を放出する．（融解のときに吸收した熱量を凝固のときに放出する）しかし溫度は下らない．

註　表にもあるやうに氷の融解熱が特に大きいことは注目すべきことである．氷が溫かい所に置いても急に融解しないで，また，水の溫度が零度になつても急に凍らないのはこの理によるのである．冷藏庫・氷嚢などに氷を利用するのも亦このためである．

實驗 3　融解したパラヒンが凝固するとき體積はどう變るかを觀察せよ．

3　融解凝固による體積の變化　普通の物質では融解するとき體積が增大し，凝固するとき體積が減少する．これは分子說から考へれば固體よりも液體の方が分子間の間隙が大きいことを意味する．そしてこのときの融解の潛熱は分子間の間隙を廣めるために使はれたので溫度の上昇には關係しなかつたのである．

しかし水は逆に凝固のとき體積を增加するので密度が減り 0.92となり水に浮く．この凝固するとき體積が1割近くも增すことはその膨脹力を考へるとき非常に大きな力となる．多期水瓶の水が凍つてこれを破壞（上方が先づ凍つて蓋をした形となり，あとから下の方が凍るから破壞作用が起る）する．水道の鐵管の破壞もこの膨脹力のためである．また岩石の破れ間に浸み込んだ水が非常に大きい破壞作用をなすのもこれがためである．

鑄鐵も凝固するとき少し體積を增すから鑄造に適してゐる．熔融した鐵を鑄型につぎ込んで冷却させるのであるが，その冷却するとき膨脹するから鑄型の隅まで行きわたつて型通りのものが出來る．

活字金も鐵と同樣に少しく體積を增すので型通りの活字を作ることが出來る．金・銀・銅などは凝固のとき收縮するから鑄造には不適當であ

る．貨幣・メタルなどの模様は117頁に述べてあるやうに型に押しつけて塑性を利用するのである．

研究　多・水道の鐵管が破壞することがある．中の水が凍つても破壞しないやうな鐵管を作ることは出來ないものであらうか．工夫して見よ．

4　合金の融解點　合金の融解點は一般に混合に使用したその金屬特有の融解點よりも低いものを作ることが出來る．またその金屬の混合割合で融解點を違はせることが出來る．例へば半田（白鑞）は鉛と錫の合金で種々の割合のものがあつて皆それぞれの用途がある．次に割合と融解點とを示す．

鉛の％	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
錫の％	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
融解點	327	295	276	262	240	220	190	185	200	216	232

フューズに使用する合金は鐵・アンチモン・錫の合金で，その融解點は250度位である．融解點の極めて低いウツドの可融金は融解點は65度で鐵が24，錫が14，カドミウムが12の合金である．

合金の種類は非常に多い．何れも成分金屬の持たない特別の性質を表すので，われわれは金屬を單體として用ゐることは却つて稀で，日常使用する金屬器具は殆んど合金から作つたものである．

過冷却　液體を靜かに冷却すると凝固點以下の溫度でも凝固しないことがある．この現象を過冷却といふ．過冷却されてゐる液體はそれと同じ物質の固體の小さいものを入れるとすぐに凝固をはじめる．さきに明礬の結晶を作るとき過飽和溶液中に明礬の小片を釣るしたのはこれがためであつた．

5　寒劑　二つ以上の固體を接觸せしめるとき互に溶け合つて溫度が下がることがある．この混合物の材料を寒劑といふ．混合によつて溫度の降る譯を考へて見よう．例に氷と食鹽との混合物をとる．

氷と食鹽とを混ぜるとき，氷の表面についてゐる僅かの水分に食鹽が溶ける（このとき融解の潛熱を奪ふ）．その濃さが增すと，氷がこの食鹽水の中に融ける（このときも融解の潛熱を奪ふ）．これで食鹽水の濃度が減ずるから更に食鹽が溶け込む（また融解の潛熱を奪ふ）．食鹽水が濃くなるとまた氷がそのうちにとける．この現象が繰り返し行はるので溫度が次第に下がる．しかし−22度以下では氷は融けないから，つまり氷と食鹽とが同時に存在することが出來るから，これ以上は溫度が下がらない．

寒劑表

混合物質	氷	溫度
食鹽 24.3	75.2	−21.3度
鹽化アンモニウム 20	80	−15.4
鹽化カルシウム 58.3	41.2	−54.9

寒劑にはいろいろのものがあるが上にその數種を示す．（本篇第五章撰散の處を參照すること．）

第二章　液體氣體間の變化

問 1* 水を器に入れて放置すればどうなるか.

問 2* 物を乾かすに日向と日蔭とどう違ふか.

問 3* 水を皿に入れて放置するのと瓶に入れて放置するのと，どう違ふか.

1　氣化と液化　液體が氣體に變ずるのを氣化といひ，氣體が液體に變ずるのを液化または凝結といふ．氣溫の高さに關係なく，水を器に入れて放置すれば水はだんだん氣化して少なくなる．一般に液體を空氣中に放置すると溫度に關係なく表面から氣化するのである．この現象を蒸發といふ．氣化して出來た氣體を蒸氣といふ.

問 4　水を熱すると湯氣が立つて次第に減つて行くが湯氣と水面との間に何も見えない所がある．このことからどういふことが考へられるか.

（水が熱によつて蒸發し，水面附近の空氣中に蒸氣が一杯になり一部分が水滴（湯氣）となる．また一部分は冷たい空氣に觸れて湯氣となるのである．湯氣と水面との間に何も見えない所は水蒸氣で滿たされてゐるのである．故にこれによつて蒸發は溫度が低くても行はれるが溫度の高いほど盛んであることがわかる.）

問 5　液體が氣體になつたり，氣體が液體になつたりする狀態の變化は即ち蒸發凝結は融解凝固の場合のやうに一定の溫度で起るであらうか.

（一定の溫度ではない．蒸發はいろいろの溫度で行はれる．或る溫度で蒸發が行はれるか行はれないかはその液面の，その液體の蒸氣が多いか少いかに關係する．その液面がその蒸氣で一杯になつてゐれば蒸發は行はれない．凝結はその蒸氣で一杯になつてゐるときでなければ起らない.

2　飽和蒸氣，飽和蒸氣壓　實驗1　圖のやうな狀態で管の高さを調節し，左の管の上部にアルコールを入れ，空氣が殘らないやうに注意して栓をする．右の管を下げて，左の管の上に空所が出來るやうにし，兩方の水銀面の差から，その空所の示す壓力を測れ．右の管を上げ下げして空所の體積を變へても，その壓力に變化はないか.

（このとき空所の示す壓力は10度のとき 24.2粍であらう．右の管を上げ下げすると空所の體積は增減があるが，壓力はいつも 24.2粍であらう.）

註　この實驗で左の管の水銀面にアルコールがあるからアルコールの上に眞空が出來るとアルコールが蒸發し，その空所はアルコール蒸氣で一杯になるのである.

蒸氣壓測定

この空所にはアルコールが蒸發し得られるだけ蒸發してゐる．かかる一定の狀態に達してゐる蒸氣をその液體の**飽和蒸氣**といひ，測つたその壓力を**飽和蒸氣壓**といふ.

3　蒸發・凝固の起る條件　上の實驗から蒸發や凝固は次のやうに起るものと考へられる.

（1）　一定の溫度で體積を增すと氣體彈性の法則の通りに蒸氣の壓力が減り不飽和の狀態になるが，そうすると蒸發が起つて，元の飽和狀態に戻る.

もしもそのとき液體がなければ蒸氣は不飽和のままで存在する.

（2） 一定の溫度で體積を減らすと蒸氣の壓力が增して過飽和の狀態にならうとするが，さうすると凝結が起つて，元の飽和狀態に戻る.

4　溫度と飽和蒸氣壓との關係

實驗 2* 實驗1の裝置をそのままにして置いてアルコール蒸氣のある場所を溫かい布で包んで管內の溫度をあけて見よ.

蒸氣壓の增すのを見るであらう.

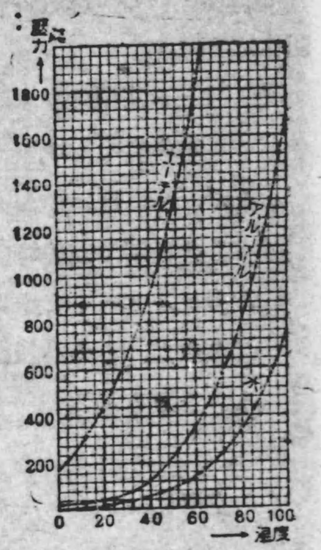
溫度と最大壓力

溫　度	水	アルコール	エーテル	水　銀
0度	4.6粍	12.2粍	184.9粍	0.00016粍
20	17.5	44.0	442.4	0.00109
40	55.1	133.4	921.0	0.00574
60	149.2	350.2	1728.0	0.0246
80	355.1	812.0	2991.0	0.0885
100	760.0	1692.0	4859.0	0.276

次に溫める代りに氷で濕した布で包んで管內の溫度を下げて見よ.

蒸氣壓が減ずるのを見るであらう.

このやうに飽和蒸氣壓は溫度が昇ると著しく增すのである.



溫度と壓力との關係

實驗 3* 實驗1·2のアルコールの代りにエーテルを入れて試みよ.

エーテルの蒸氣壓はアルコールより大きいことを見るであらう.

飽和蒸氣壓は物質によつて異なる. 實驗2の結果と合せれば飽和蒸氣壓は物質によつて異なり，また溫度が高いほど大きい. といふことがわかる.

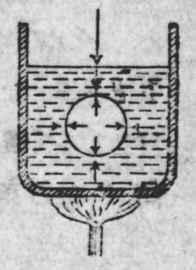
揮發性　飽和壓力の大きい物質ほど蒸發し易い. これを揮發性に富むといふのである. 物質自身の飽和蒸氣壓が強いため周圍の壓力に抵抗して蒸發するからである. アルコール・揮發油・香水などの揮發性の大きいものの瓶の栓はかたくして置かなければならない.

5　沸騰・沸點　液體がその內部から泡を立てて氣化する現象を沸騰といひ，液體が1氣壓のもとで沸騰する溫度をその液體の沸點といふ. 液體を沸騰させるとき熱を加へるが，何のためであるかを調べて見よう.

1氣壓に於ける沸點

水	100度
アルコール	78.3
エーテル	34.6
アンモニヤ	−33.4

沸騰の際，蒸氣が氣泡として液體中に存在するためには，氣泡內の蒸氣壓力が少なくとも液の表面が受けてゐる壓力に等しいか，それ以上でなければならない. 從つて1氣壓の下での沸點はその蒸氣壓力が水銀柱の76糎になるときの溫度である. 蒸氣壓は一般に1氣壓より小さいが溫度が高いほど大きくなるのだから，液體を沸騰させるのにはこれを利用して熱を加へて蒸氣壓を大きくして1氣壓の空氣壓に打勝たせなければならない.

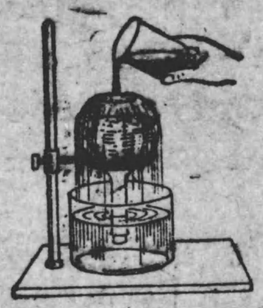

蒸氣壓力

6　沸騰點と壓力との關係　沸騰の現象は液の飽和壓力（最大壓力）が大氣の壓力に等しくなるとき始まることは前に述べた. 液體の面が大氣に觸れてゐるとき，もし大氣壓が1氣壓よりも大きいときは水は 100 度よりも高い溫度でなければ沸騰しない. 大氣壓が1氣壓よりも低いときは 100 度より低い溫度で沸騰する. **一般に液面の受ける壓力が增せば沸騰點は昇り壓力が減ずれば沸騰點は降る.** 水は2氣壓で 120 度，5 氣壓では 152 度で沸騰する.

問 6* 圖の曲線から壓力76糎のときの水・アルコールの沸騰を求めよ.

問 7* 富士山の頂上では物がよく煮えないといふのは，どういふ譯か.

問 8* 砂糖液を濃縮する眞空蒸發管とはどんなものか.



フラスコの低溫沸騰

（砂糖はあまり熱すると成分がかはつたものになるから熱を高くする譯にはゆかぬ. よつて砂糖液面の空氣をぬいて氣壓を減少せしめて低溫で水分を蒸發せしめて濃厚な砂糖液にする.）

問 9* 釜の蓋を厚くするのは何故か.

（蓋が厚ければ重い. 重ければ釜の内部の水蒸氣が蓋をあけて逃れ出るのをさまたげるから釜の内の壓力は稍々強くなり沸騰は少し昇る. 米は溫度が高いほど味よく煮える.）

山の高さと沸點との關係

山の高さ	大氣壓	水の沸點
0米	760粍	100度
1000	674	96.7
2000	596	93.3
3000	526	90.0
4000	462	86.7
5000	405	83.3
5980	355	80.0

問 10* 蒸氣殺菌には高壓の釜を用ひる. 何故か.

問 11* この圖はフラスコ内の水を沸騰せしめて倒にし別に用意した水を入れた器に入れ，底から冷たい水を注ぐのである. そうすると水は沸騰をはじめる. 何故か. これを低壓沸騰といふ.

問 12* 湯で煮るよりも油でいためる方がよく煮えるのは何故か.

次に分子説から蒸發と沸騰の現象を説明して見よう.

固體の分子は各その場所で僅かに運動するだけで相互の位置を變へるほどのことはないが，液體の分子は自由な運動をするので，その位置を

離れて他の分子と衝突することになる. それで或るものは速度を增し，或る者は速度を減ずる. 速度が大きくなつても液の中では互に他の分子と更に衝突して液の表面に達することが出來ないが，液の表面に近いものは運動の方向によつて表面から飛び出し他の分子の分子力の及ばない所に出てしまふことがある. この分子はもう氣體になつたのである. この表面から飛び出す現象が蒸發である.

かく液面外に出た分子も液面に極めて近いものは液體の分子に引かれて再び液中に戻るものもあらう　液面の蒸氣が多いほど液に戻る分子は多くなる. この液を飛び出す分子數と液中に戻る分子數とが略ほ等しくなると蒸發は止む. この現象が蒸發の際飽和の狀態に達したことを示すのである.

溫度があまり高くないうちは液中に氣泡が出來ても，大氣の壓力と氣泡から液面までの液の壓力との和に打ち勝つて，液の表面に昇ることが出來ない. 溫度がだんだん高くなると氣胞内の蒸氣壓が增し飽和壓が大氣の壓力に近くなる. また分子運動も盛んになり速度の大きいものがこの氣泡内に飛び込んで氣體狀態となり氣泡はだんだん大きくなり，しまひに液面から出るやうになる. この現象が沸騰である. 水は溫度が 100 度のときその飽和壓が 1 氣壓になるので 100 度になれば沸騰するのである.

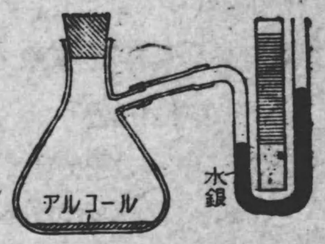
一旦沸騰をはじめてから熱を續いて加へても，100 度以上にならないのは熱が水を液體から氣體に變へるための仕事に消費せられるからである.（六節及び 8 節參照）

7 氣體分壓の法則　液體が蒸發する場所に空氣がある場合は，どのやうになるであらうか.

氣體と氣體とは，いつでも任意の割合にまじる. まじつたものの壓力

は，兩方の氣體が別々に同じ場所を占めてゐたと考へるときの各々の壓力の和に等しい．これを**氣體分壓の法則**といふ．このやうに考へた壓力をそれぞれの**氣體の分壓**といふ．

實驗 5　二種類の氣體の一方が蒸氣である場合を調べるために，枝附きフラスコに開管水銀壓力計をつなぎ，フラスコにアルコールを少し入れて手早く栓をなし，その中の壓力がどう變るかを觀察しよう．



分壓實驗

實驗 1 で見たアルコールの壓力とどう違ふか．同じであることを見るであらう　さきの實驗ではその上が眞空であつたが今度は 1 氣壓の空氣があるのだ．それに關係なくアルコールは自分の特有の蒸氣壓力を示してゐる．

このやうな實驗から，液體の空氣中への蒸發は，眞空中への蒸發と同じやうに起り，混合氣體の壓力は空氣の壓力と蒸氣の壓力との和に等しいことがわかる．

問13　1 氣壓で湯が沸騰してゐるとき湯のすぐ上の部分では，空氣の分壓力はいくらか．

（本章問 4 にあつたやうに．この場合湯の直ぐ上の部分は水蒸氣で一杯であること及び水蒸氣が 1 氣壓に打ち勝つて上昇することから考へよ．）この問題は，また，後の問題を解くときに應用せられる．

注意　本書の問題は本文と同樣大切な事實解釋の一部分をなしてゐて單に本文で說いたところの理解力を試めすといふやうなものばかりではないから，その積りで問題を見なければならぬ．

大氣中の蒸發　大氣に曝露した液面からの蒸發は (1)液面の溫度が高いほど (2)大氣に觸れる面積が廣いほど (3)大氣中に現存するその液體の蒸氣の少いほど速かである．物を乾かすに日當りがよく，風通しのよい所に，廣けてほすのはこれがためである．

8　氣化の潛熱　**實驗 6**　アルコールを手に塗つて口で吹いて見よ．どんな感じがするか．

時計皿の中に少量のエーテルを入れこれをガラス板の上に置き，これと板との間に少量の水を含ませる．そしてエーテルを吹いて蒸發させて見よ．どんな現象が起るか．水が凍り時計皿は動かなくなるであらう．

固體が融解するときに融解の潛熱を吸收するやうに，液體が蒸發するときも周圍から熱を吸收する．液體 1 瓦が蒸發するときに吸收する熱量を，その液體の氣化の潛熱といふ．

蒸氣が凝結するときには反對に 1 瓦につき氣化の潛熱だけの熱を放出する．

實驗 7*　フラスコに半分ばかりの水を入れ，その中に溫度計をつるしておいて熱を加へて沸騰させ，沸騰がはじまつてから溫度計の讀みが違ふかどうかを見よ．

（沸騰がはじまつてからは續いて熱を加へても溫度計は昇らない．）

この實驗によつて同じ壓力の許では液體は沸騰をはじめてから終るまではその溫度に變化はないことがわかる．加へられた熱は液體を氣體にするために用ひられるのである．

問14*　團扇によつて涼しさを感ずるのは何故か．（二つの理由がある）

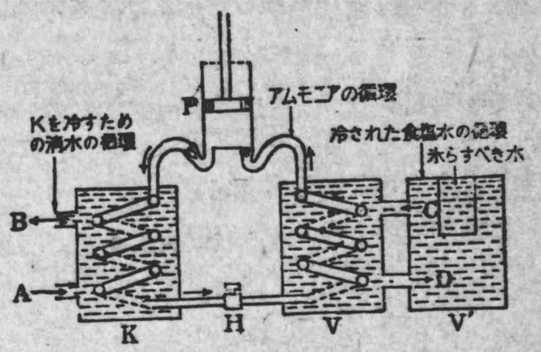
問15*　撒水すると涼しさを感ずるのは何故か．

問16* 梅雨の頃は氣溫があまり高くないのに蒸し暑く感ずるのは何故か.

（われわれの皮膚からは絶えず蒸發作用が行はれてゐて蒸發熱を皮膚からとつてゐること，梅雨の頃は空氣中の水蒸氣壓が高いことを考へよ.）

アンモニヤや亞硫酸ガスは常溫常壓で氣體であるが，これを常溫で數氣壓に壓縮すれば液化する．このやうにして得た液體を再び氣化させると多量の氣化の潛熱を周圍から奪ふから，これを製氷・冷凍に利用することが出來る.

製氷機　製氷機は液體アンモニヤの氣化熱を利用するものである．ポンプPでアンモニヤをK室內の蛇管に壓送し，水で冷やして液體とする．これを蒸發室Vの蛇管に送つて蒸發させると，その氣化熱のためにV室內の食鹽水は約−10度に冷却するから，これをV′室に導いてC函內の水を氷結させる.



製　氷　機

ドライアイス　ドライアイスは液體無水炭酸の氣化熱を利用して，これを凝固させるもので，その溫度は約−80度である．冷却劑として實用せらる.

9　**臨界溫度**　氣體は一般に冷却するか，或は壓縮すると液化するが，どんな氣體でも壓縮すれば液化するといふのではない．いくら壓縮しても或る溫度以上では液化しないものがある．例へば空氣は −140度以下の溫度でなければいくら壓力を加へても液化しない．この溫度をその氣體の臨界溫度といふ．故に氣體を液化するには先づ臨界溫度以下に冷却することが必要である.

臨界溫度・臨界壓力表		
物　質	臨界溫度	臨界壓力
ヘリウム	−268度	2氣壓
水　素	−241	11
窒　素	−164	33
空　氣	−140	39
酸　素	−118	50
無水炭酸	31	73
アンモニヤ	130	115
水蒸氣	374	218

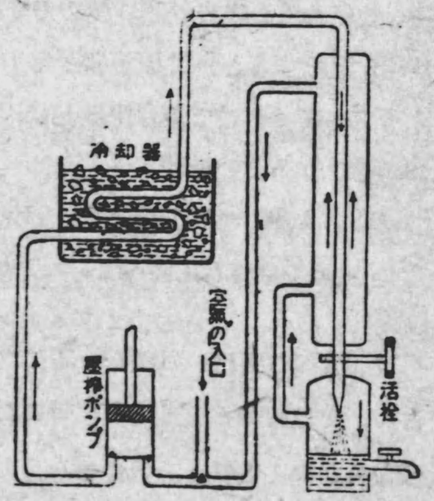
水・アルコールなどの蒸氣，アンモニヤ無水炭酸などが常溫で單に壓縮するだけで液化するのはその臨界溫度が常溫より高いからである．然るに空氣・水素などは臨界溫度が非常に低く，以前かかる低溫が得られなかつた時代には，如何に强く壓縮しても液化させることが出來なかつたので，これらは**永久ガス**といはれてゐた.

問17　さきに知つたことからアンモニヤの臨界溫度について，どれだけのことがいへるか.

（アンモニヤは少しの壓縮だけで液化する事實から考へよ.）

10　**液體空氣**　壓縮した空氣を小さい穴から噴出させると溫度が下がる（斷熱膨脹參照）．この場合噴出前後の壓力の差が大きいほどまた噴出前の溫度が低いほど，その溫度降下は著るしい．液體空氣はこの理を應用して製造される.

圖の說明　活栓を開くと壓縮空氣は噴出して冷却する．この冷却した空氣は高壓空氣が通つてゐる



液體空氣製造機

管を包んでこれを冷却しつつポンプに歸る．周圍から冷された壓縮空氣は噴出によつて更に冷却する．この方法を反覆すると空氣はしまひに液化する．

液體空氣の性狀　かすかに青色を帶び，沸點は常溫で —190度だから室溫で盛に沸騰する．それ故これは保溫瓶に貯へられる．比重は約1であるが放置すると沸點(—193)の低い窒素が漸次蒸發し，酸素の濃さが增して來て次第に青色を增す．

窒素が先づ氣化することを利用して大量に窒素や酸素を得る手段として利用する．市中で販賣する壓縮酸素は多くこの方法で製したものである．また，低溫に關する種々の實驗に使用する．水銀も液體空氣で凍らせることが出來る．ゴム管・ゴム毬もこれで凍らせ彈性をなくして脆いものにすることが出來る．林檎などの果物も液體空氣を注ぐと水分が凝結して脆くなる．液體空氣を新聞紙にしみこませて火を付けると爆發するやうに勢ひよく燃える．

一般に蒸氣の密度が，液體の密度にくらべて非常に小さいことから，液體が蒸發するときには體積が著しく增すことが分かる．實驗によると水が100度1氣壓で蒸發するとき，その體積は100度での水の體積の約1600倍になるといふ．

問18　水が100度で沸騰するとき蒸氣は仕事をするか．

(次節を熟讀して答へよ．)

11　蒸氣の密度　氣體を液體にするには，これを冷却するか，壓縮するか，又は冷却と壓縮とを同時に行つて氣體の體積を減少せしめなければならないことは，さきに學んだ．逆に液體を氣體にするにはその體積を增加するやうにしなければならない．

次に液體が蒸發するときには體積が著しく增す例をあげる．

(1)　氣體の酸素は，1立の重さは　1.429瓦で，
液體の酸素は，1立の重さは　1140瓦であるから
液體酸素の1容積は0度1氣壓で．1140÷1.429≒798容の氣體酸素となる．
15度1氣壓では　$798\times\frac{288}{273}\fallingdotseq 842$ 容となる．

(2)　空氣の1立の重さは，1.29瓦で
液體空氣の比重は，約1であるから，液體空氣の1容は0度1氣壓の氣體空氣の1000÷1.29=775容となり，15度1氣壓では
$775\times\frac{288}{273}=817$容　となる．

(3)　液體の水は，1立の重さは　1000瓦で，
水蒸氣は，1立の重さが，0.81瓦である．よつて1容の水は，
0度1氣壓で　1000÷0.81≒1234容となり，100度1氣壓では
$1234\times\frac{373}{273}=1686$ 容　となる．卽ち
水が100度，1氣壓で蒸發するとき，その體積は100度での水の體積の1686÷1.043≒1625倍卽ち約1600倍になる．

この體積が增加するときは，その物質は體積の增加に抵抗するものに對して仕事をするのである．100度で蒸發する水蒸氣は液體の水の1600倍にもなるので，この體積の膨脹が1氣壓の壓力に打勝つて，それだけの仕事をする．2氣壓で蒸發する水蒸氣は空氣の抵抗に打勝つばかりではなく，更に1033瓦の重さに打勝つ仕事をするのである．

第三章　固體・氣體間の變化

1　昇華　液體・氣體間の變化と同じ性質のことは固體と氣體との間にも起る.

樟腦を大氣中に放置すると減つて行くことや，硫黄の蒸氣を冷たいものに當てると固體になつて附くことなどは，液體・氣體間の變化によく似て居る.

このやうに固體が液體狀態を經ないで直ちに蒸氣になり，又は蒸氣が液體狀態を經ないで直ちに固體になる現象を**昇華**といふ.

蒸發は液體の表面からばかり行はれるのでなく固體の表面からも行はれるのであると考へれば，昇華の現象は理解出來る. 例へば氷は右の表に示されたやうに各溫度に於て蒸氣壓を持つてゐる. また沃素は特にこの現象が著しい. 常溫で相當な蒸氣壓を有するから，器中に入れて置くと沃素特有の紫色の蒸氣を出し器壁又は蓋に凝固して針狀の結晶を生ずる. 雪は大氣中の水蒸氣が直接固體になつたものから出來て居る. 霜も夜，地表の寒冷な物體に水蒸氣が觸れて直接に霜となつたものである.

氷の飽和蒸氣壓	
−60°C	0.007mm
−40	0.093
−20	0.77
0	4.6

沃素の飽和蒸氣壓	
−48.3°C	0.000050mm
−32.3	0.00052
−20.9	0.0025
0	0.029
15	0.131
30	0.469
80	15.9
114.5	90.0（融解點）
185.3	760　（沸　點）

自然界に現はれる美しいものに霧氷がある.

註　昇華の蒸氣壓を昇華壓といふことがある. 昇華壓が飽和壓に達しないうちは昇華が續くのである.

2　昇華の潛熱　液體・氣體間の狀態變化に伴つて潛熱の現象がある

やうに固體が昇華するときにも，それぞれの性質できまつた潛熱を吸收する. これを昇華潛熱といふ.

さきにドライアイスの處で調べたやうに固體炭酸は大氣中で昇華して潛熱を奪ふので，物體を零下數十度まで冷却することが出來る.

第四章 大氣中の濕度

1 濕度 大氣中には，常に水蒸氣のあることは，太陽熱のために海川．沼 池などで絶えず蒸發作用が行はれて居ることでわかる．氣溫の高いときは表に示す通り飽和壓力が大きく水蒸氣が多い．氣溫が低いときは飽和壓力も小さく水蒸氣も少ない．空氣が乾いて居るとか濕つて居るとかいふことは，水蒸氣の絶對量によるのでなくて，大氣中の水蒸氣が飽和蒸氣に近いか遠いかによるのである．飽和に近ければ蒸發は少なく，飽和に遠ければ蒸發は盛になる．[1]

水蒸氣の各溫度に於ける飽和壓

溫 度	飽和壓	溫 度	飽和壓	溫 度	飽和壓	溫 度	飽和壓
−10	2.143	5	6.541	20	17.51	35	42.02
− 9	2.320	6	7.011	21	18.62	36	44.40
− 8	2.509	7	7.511	22	19.79	37	46.90
− 7	2.712	8	8.042	23	21.02	38	49.51
− 6	2.928	9	8.606	24	22.32	39	52.26
− 5	3.158	10	9.205	25	23.69	40	55.13
− 4	3.404	11	9.840	26	25.13	41	57.87
− 3	3.669	12	10.513	27	26.65	42	61.30
− 2	3.952	13	11.226	28	28.25	43	64.31
− 1	4.256	14	11.960	29	29.94	44	68.05
0	4.579	15	12.779	30	31.71	45	71.36
1	4.924	16	13.624	31	33.57	46	75.43
2	5.290	17	14.517	32	35.53	47	79.07
3	5.631	18	15.460	33	37.59	48	83.50
4	6.097	19	16.456	34	39.75	49	87.49

實際の場合に溫度に小數點以下があれば比例で近似値を求めればよい

この表でわかるやうに，今室溫が 15° であつて水蒸氣の壓力が 8 粍で

1) 蒸發の速さは風にも關係する．風は液體の表面の蒸氣を吹き飛ばして飽和蒸氣に達せしめないからである．

あるとすれば不飽和狀態であるから蒸發は續く．しかし，もし室溫が 5 度であるとすれば飽和の狀態であるから凝固が行はれ蒸發はしない．

大氣の濕り氣の程度をはつきり表すのに**濕度**といふ量を使ふ．

濕度は單位體積の空氣中にある水蒸氣の量と，その氣溫での飽和水蒸氣の量との比で表すことが出來る．通常濕度を云ひ表すには現在の大氣中の水蒸氣の分壓と，その溫度での飽和水蒸氣壓との比に 100 を掛けた數を用ひる．

$$\text{濕度}=\frac{\text{現在の水蒸氣の分壓}}{\text{該溫度に於ける飽和水蒸氣壓}}\times 100$$

2 濕度の測定 濕度を求めるには大氣中に於ける水蒸氣の分壓を求める必要がある．分壓を求めるには露點といふ溫度を測る．

(1) 露點計 夏，コップに冷たい水を入れて置くと，外側に露が附く．これは，現在の溫度では不飽和である水蒸氣が冷たいコップのために冷やされてその溫度では，飽和蒸氣或は過飽和蒸氣となつたので水蒸氣の一部分が凝結して水となり露を結ぶのである．

今現在の大氣を冷やして行くとその部分の水蒸氣の分壓は變らないが或る溫度までくだると水蒸氣は飽和になり，それよりいくらかでも溫度が下がると，過飽和になつて物體の表面に露がつく，その時の溫度を露點といふ．露點がわかれば溫度と飽和蒸氣壓との表からその時の水蒸氣の分壓がわかる．

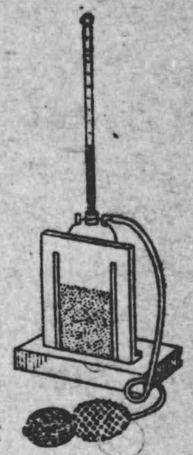
露點の觀測 敎科書の繪は側面からの解剖圖で，次ぎに載せたのは同じ器を斜に見たところである．

空氣を送り込んでエーテルの蒸發を盛んにするスプレー(ゴムポンプ)がある．エーテルに接した所と接してゐない所とを區別してある，磨いた鏡のやうになつてゐる金屬板がある．

エーテルが氣化の潛熱を周圍から奪ふ性質の大きいことはさきに調べた.

これでこの使用法が分るであらう.

注意　これで露の出來た瞬間の溫度卽ち水蒸氣の分壓を見たから，こんどは露の消える溫度（理論上ではこれは露が出來るときの溫度と一致する筈であるが觀測では少し違ふのが普通である，露が出來ても相當の大きさにならなければ眼に見えないからであらう）を觀測し兩方を平均するのが實際に近い値となる筈である.



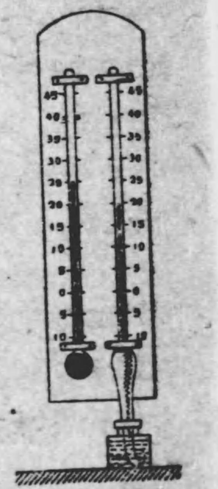
露點溫度計

問 1　氣溫が18度のとき露點を測つたら 9 度であつた. 濕度は幾らか. (表によつて18度及び 9 度のときの飽和蒸氣壓を見て，前頁の式によつて計算する.)

（2）乾濕計　教科書の插繪と本書のとは違ふが兩方とも全く同じ原理に基くものである. 構造を調べて溫度の測れる譯を考へよ.

(空氣が乾燥してゐれば濕布からの水蒸氣の蒸發が盛んになつて多量の氣化熱を奪ふから濕球溫度計の示度は降る. 乾濕兩溫度計の示度の差は大氣中の水蒸氣の多少を示す. これについてゐる表がある. 221 頁に示すからこの使用法をよく讀んで濕度を求めよ.)

（3）毛髮濕度計にもいろいろの構造のものがあるが皆濕度によつて長さが變ることを利用したものである.



乾濕球溫度計

教科書の繪をよく見て (1)蔓卷ばねの働き，(2) 毛髮の伸縮，(3) 針の動く方向を調べよ.

この濕度計の目盛は既に濕度のわかつてゐるものと比較して蔓卷天秤の目盛をきめたと同じやうにしてきめる.

濕球の度	乾球と濕球との溫度の差														
	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
攝氏	溫度	溫度	溫度	溫度	溫度	溫度	溫度	溫度	溫度	溫度	溫度	溫度	溫度	溫度	溫度
0	100	90	80	71	63	56	49	43	37	32	28	23	20	16	13
1	100	90	81	72	65	58	51	45	40	35	30	26	22	19	16
2	100	90	82	74	66	59	53	47	42	37	33	29	25	22	19
3	100	91	82	75	67	61	55	49	44	39	35	31	27	24	21
4	100	91	83	75	69	62	56	51	46	41	37	33	30	26	24
5	100	91	84	76	70	64	58	53	48	43	39	35	32	29	26
6	100	92	84	77	71	65	59	54	49	45	41	37	34	31	28
7	100	92	85	78	72	66	61	56	51	47	43	39	36	33	30
8	100	92	85	79	73	67	62	57	52	48	44	41	37	34	32
9	100	93	86	79	74	68	63	58	54	50	46	42	39	36	33
10	100	93	86	80	74	69	64	59	55	51	47	44	41	38	35
11	100	93	87	81	75	70	65	60	56	52	49	45	42	39	36
12	100	93	87	81	76	71	66	61	57	54	50	47	43	41	38
13	100	94	87	82	76	71	67	63	58	55	51	48	45	42	39
14	100	94	88	82	77	72	68	63	59	56	52	49	46	43	40
15	100	94	88	83	78	73	68	64	60	57	53	50	47	44	42
16	100	94	88	83	78	74	69	65	61	58	54	51	48	45	43
17	100	94	89	83	79	74	70	66	62	59	55	52	49	46	44
18	100	94	89	84	79	75	70	67	63	59	56	53	50	47	45
19	100	94	89	84	80	75	71	67	63	60	57	54	51	48	46
20	100	95	89	85	80	76	72	68	64	61	58	55	52	49	47
21	100	95	90	85	80	76	72	68	65	62	58	55	53	50	47
22	100	95	90	85	81	77	73	69	66	62	59	56	53	51	48
23	100	95	90	86	81	77	73	70	66	63	60	57	54	51	49
24	100	95	90	86	82	78	74	70	67	63	60	58	55	52	50
25	100	95	90	86	82	78	74	71	67	64	61	58	56	53	50
26	100	95	91	86	82	78	75	71	68	65	62	59	56	54	51
27	100	95	91	87	83	79	75	72	68	65	62	59	57	54	52
28	100	95	91	87	83	79	75	72	69	66	63	60	57	55	52
29	100	95	91	87	83	79	76	72	69	66	63	60	58	55	53
30	100	96	91	87	83	80	76	73	70	67	64	61	58	56	53

濕度と衛生　さきにも少し述べたやうにわれわれの皮膚からは絶えず蒸發作用が行はれてゐる．大氣中の濕度が大きいと，この蒸發が止み蒸發熱を皮膚から奪はないから熱の發散が充分でなくて不快を覺えるのである．われわれに適當な濕度は，溫度などの影響にもよるが大體50～60位の程度である．また濕度が大きいと夏は蒸し暑く感ずるが冬は蒸發が少なく暖かく感ずる．

濕度は直接われわれの健康に影響するばかりでなく細菌の發生・飮食物の腐敗など，間接の影響も大きい．

前頁の乾濕溫度計附屬の表を見るには，濕球の溫度の數から右へ橫に，兩球の溫度の差の數から下へ縱に進みて兩方の交る所を見る．そこがその時の濕度を示す．例へば濕球の溫度が15度で，兩球の溫度の差が 3.5 度であれば15度から右へ，3.5度から下へ進みその交點の64が濕度である．

第五章　濃度の差から起る現象

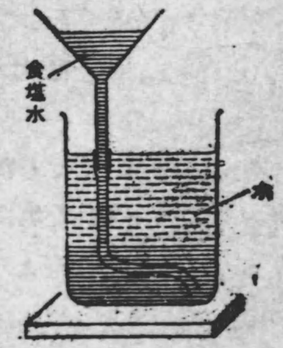
さきに教科書37頁の處で（本書80頁）明礬が水に溶ける狀態を觀察した．明礬を細かく碎いて水に入れ，それをかきまわすと溶け方が速いのを知つた．今から，一つの溶液の中に濃度の異なつたものが同時に存在してゐたら，どうなるであらうか．それを調べよう．

1　液體間の擴散　**實驗 1**　ガラス容器の中に水を入れて暫らく放置し，次に水に運動を起させないやうに極めて靜かにインキを一滴入れ，時間がたつに從つて各部の濃さがどう變化するかを觀察せよ．

注意　この實驗では濁つた水ではいけない．清水を選ぶこと．
器はあまり小さいものではいけない．大きいコップ位でよい．
變化の速さを見るのも大切である．
もう變化が終つたといふまでに幾時間かかるかを見よ．

實驗 2　ビーカーに水を入れて放置し，圖のやうに口にゴム管をつけた漏斗で，靜かに水が運動を起さないやうに底の方に食鹽水を入れる．水の深さの半分ばかりの處まで入れて靜かに漏斗を引き去る．

最初は食鹽水の表面がはつきり見られるが時がたつに從つてこの境がぼんやりして分からなくなるであらう．



食鹽水の擴散

このやうに溶質が溶液の濃い部分から薄い部分へ外力の作用を受けずに自分で廣がる現象を擴散といふ．擴散は濃度の場所による變化が急であるほど早く進むのである．

實驗 3* ビーカーを二つ用意して，水を同じ位入れ，實驗2のやうにして一方には濃い硫酸銅溶液を，他方には薄い硫酸銅溶液を底の方に入れよ．その何れが擴散作用が速いかを觀察せよ．

實驗 4* 試驗管に清水を半分ばかり入れその上に菜種油一滴を落して見よ．次に强く振つて見よ．擴散現象が起るか．（起らない）

注意　この實驗で試驗管を振つたとき油が小さい球狀となり，やがてそれが一緒に結び付いて大きい球となるのを見るであらう．この小さい球となること，やがてそれが集まつて大きくなるのはどういふ譯かこれは擴散作用を試驗する實驗の目的ではないが，實驗中起ることは豫期しない偶然の出來事でも決して見落してはならない．

水に溶けないものがあるやうに，二種類の濃さの差があるものが接してゐても擴散の起らない場合もある．

2　氣體間の擴散　氣體はどんな割合にでもまじり合ひ，またどんな氣體でもまじり合ふことは旣に調べた．次に濃さの相違からくる，まじり合ひ（擴散）について，はつきり調べてみよう．

實驗 5　密閉したガラス容器の中に水を入れた第一皿と鹽化カルシウム粒を入れた第二皿とを並べて置いて時間が經つと，どんな變化が起るかを觀察せよ．

鹽化カルシウムはよく水分を吸收するから，その表面の水蒸氣分壓は零である．

第一皿の水面の水蒸氣の分壓は溫度に相當する分壓を持つてゐる．

第一皿の水は減つて第二皿のカルシウム粒は相當に濕り，水滴がその周りにつくのを見るであらう．

水蒸氣がかなり速く第一皿から第二皿に動いたことを知るであらう．この實驗で，氣體の中でも擴散が行はれる事がわかる．

問 1　實驗5で水の溫度25度，容器內の壓力は水銀柱 761 粍であるとすれば，容器の空氣の分壓は水面から鹽化カルシウムへ行く間にどう變るであらうか．

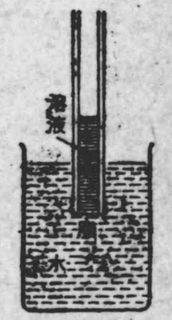
（容器內の壓力 761 粍は何の壓力と何の壓力との和になるか．
鹽化カルシウム皿の上の水蒸氣の分壓は零と見てよいであらう．
25 度の水蒸氣壓は第四章の表によつて 23.69 粍である．
水皿の上の空氣の分壓は（761－23.69）粍である．
以上のことが分かつたらこの問に答へられるであらう．）

3　滲透　溶液の濃度が場所によつて違ふときは，この間に仕切りがあつてもそれを通して，溶質や溶媒が廣がる場合がある．このことについて實驗しよう．

實驗 6　ガラス管の端に液が漏らないやうに膀胱膜を張り，中に濃い砂糖溶液を入れて管を水中に立て，內外の水面が同じ高さになるやうにして固定する．時間が經つと管內の液面がどうなるかを觀察せよ．

又，砂糖が外の水の中に滲み出したかどうかを調べよ．

（管內の液面は圖のやうに高くなるが砂糖が滲み出したことは殆んど認められないであらう．）



試驗管端の半透膜

註　この實驗に使用した膀胱膜のやうに，或る物質中の一成分だけを透して他の成分を透さないやうな膜，壁，を**半透膜**といふ．細胞膜，

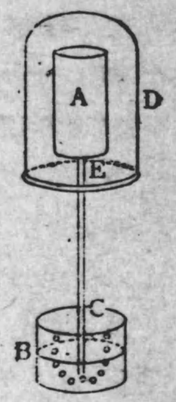
膀胱及び腸壁の膜などは半透膜として働く.

實驗 7　砂糖の代りに食鹽を使つて實驗 6 と同樣のことを試みよ. 食鹽が外の水に滲み出したか.

(結果は實驗 6 と同樣で試驗管內の液面が高くなるであらう.)

實驗 8*　素燒の筒に細管を通した栓を密にして, 細管の他端を水を入れた器の中に入れて置き, 大きい硝子器に水素を滿して圖のやうに素燒の筒の上にかぶせると, どんな現象が起るか.

(Bの容器から氣泡が上がるのを見るであらう.
水素と空氣とは密度に大きい差があるから, 水素の方が素燒を透して動くのが速いのである.
この氣泡は水素か. 空氣か. 大部分水素である.)



水素の擴散

これ等の實驗から, 或る物質[1] は氣體どうしの間でも液體どうしの間でもその間に置かれた物質を通り抜けて動くことがわかる. この現象を滲透といふ.

實驗 6 で, この現象の起るのは次のやうに考へることが出來る. 一般に溶液中に溶質を溶かすと溶質の分子は恰も氣體の分子のやうに溶媒中を運動する. よつて液內では溶質のなかつた場合と違つて溶液內に分壓を生ずる. この分壓を滲透壓といふ. この滲透壓は物質によつて異なるが一般に滲透壓は溶液が濃厚なるとき, また溫度が高いときに大きい.

1) アルコール・または砂糖・食鹽などの結晶質のものは膜質を通り抜けるが蛋白質・膠質などの非結晶質のものは膜質を通り抜けない.

問 2　皮膚などに朱がついても直ぐにとれるが, 赤インキがつくと容易にとれないのは何故か.

(朱は固體が水に交つてゐるだけで溶解してゐないから皮膚の表面に載つた程度である.
赤インキは溶液であつてこれが皮膚を隔てゝ內部と相對す.
赤色の色素が滲透作用をする.
皮膚が半透膜の役目をする. 以上がわかればこの問に答へられる.)

問 3　滲透の例を考へて見よ.

(イ)　ゴム風船に水素をつめて放つときは, はじめは高く空中に昇るが後に昇らなくなり, しまひに落ちる. (水素が滲透によつて外に出る.)

(ロ)　野菜を砂糖や鹽に漬けるとき, 滲透によつて野菜の內部の水分が出て, 漬け樽の液が多くなるのは滲透の例である.

野菜の細胞膜は完全な半透膜でないから野菜の水分が外に出るばかりでなく砂糖や鹽が野菜內に浸み込むから味をつけると共に腐敗を防ぐことになる.

(ハ)　煮物をするとき, はじめから鹽や醬油を入れると煮えないうちに水分が外へ出るから煮物が固くなる. 調味料はあとから入れるがよい.

ここで濃度の差から起る現象について復習旁々纏めて見よう.

溫度が一定のとき, 或る場所に二つ以上の物質があつて, そのうちどれかが密度が違つてゐれば, 外から何等の作用をうけないで, それ等のものが各々の密度を一樣にしようとする傾向をもつて物質の移動をはじめる. その移動は或るものは或る方向に, 他のものはそれと反對の方向におこる. この現象を擴散 (又は溷散) といふ. これ等の物質が直接に

觸れ合ふときは擴散（自由擴散）といひ，隔壁を通つて擴散する場合には滲透といふ．

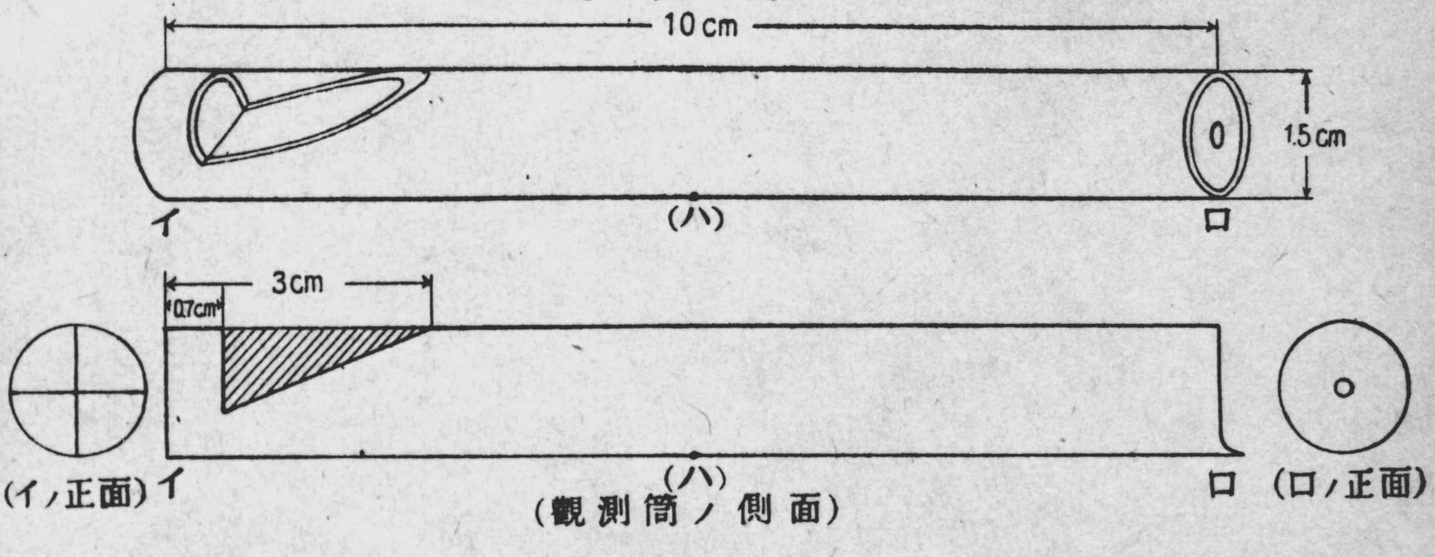
濃度の差（密度の差）が大きいほどこの現象は活潑に行はれる．この現象は物質分子の運動に基づくものと考へられ，溫度が增すと活潑となるのはこれがためである．野菜を漬けると冬と夏では漬り方に遲速のあるのはこれがためである．植物はその養分を細胞中に送り，動物體內で養分が攝取され，不要分が排泄せられるなどは動植物の細胞膜が微妙な半透膜の性質を持つのに基くのである．

なほ物質の擴散・滲透にまぎらはしい現象があるから，これもここに述べて置かう．

吸着と吸藏　冬期火鉢に炭を入れて惡臭の生ずるのを經驗したであらう．一般に固體はその表面に氣體或は水蒸氣を凝集する性質がある．この現象を吸着といふ．木炭は多孔質であつて內部まで表面が續いて入り込んでゐるといふ狀態であるから，たくさんの氣體を吸着する働きがある．木炭を熱すれば吸着してゐる氣體を放散し，又これを冷却すれば多量の氣體を吸着する働きを生ずる．木炭を脫臭・飲料水の濾過に用ひ，獸炭を脫色に，活性炭を毒ガス防禦に用ひるなどは皆この性質の應用である．

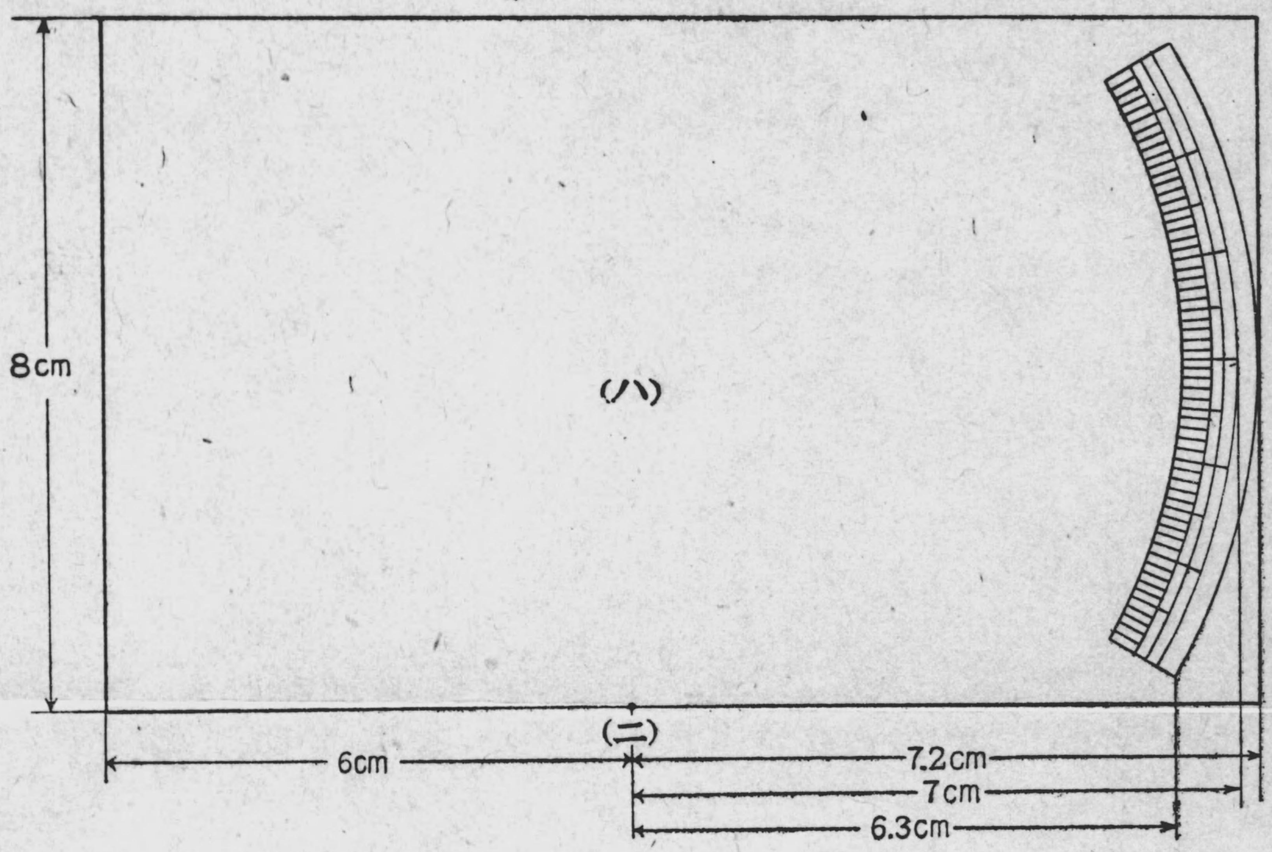
金屬は單に自己の表面に氣體を吸着するばかりでなく，またその實質內に吸收する性質がある．この實質內に吸着させる現象を吸藏といふ．金屬パラヂウムは常溫で自分の體積の 376 倍の水素を吸藏するといふ．

觀測筒

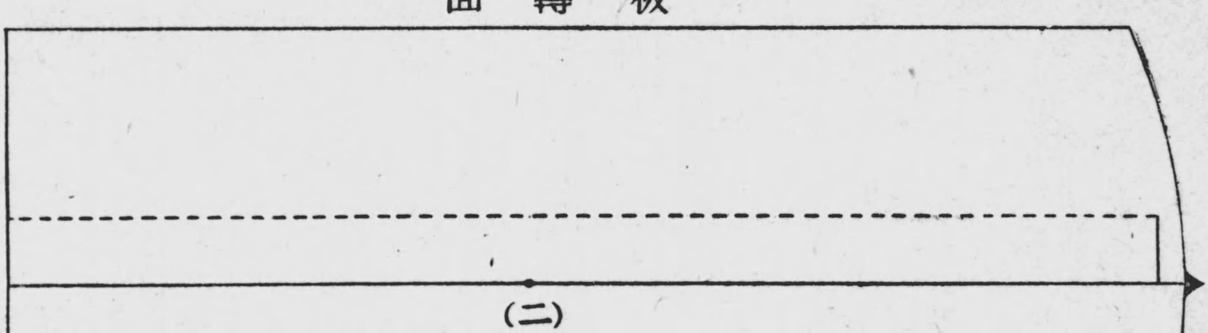


(觀測筒ノ側面)

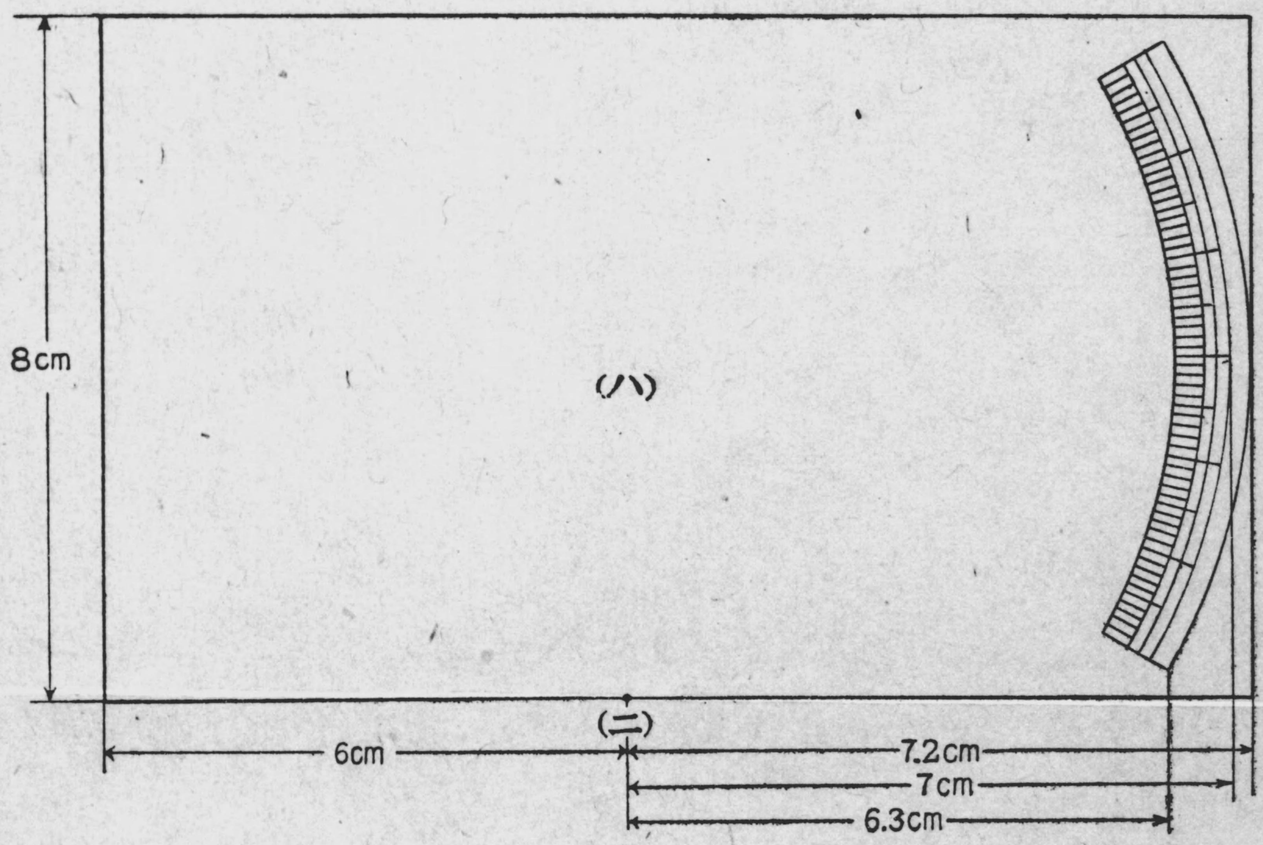
赤緯板



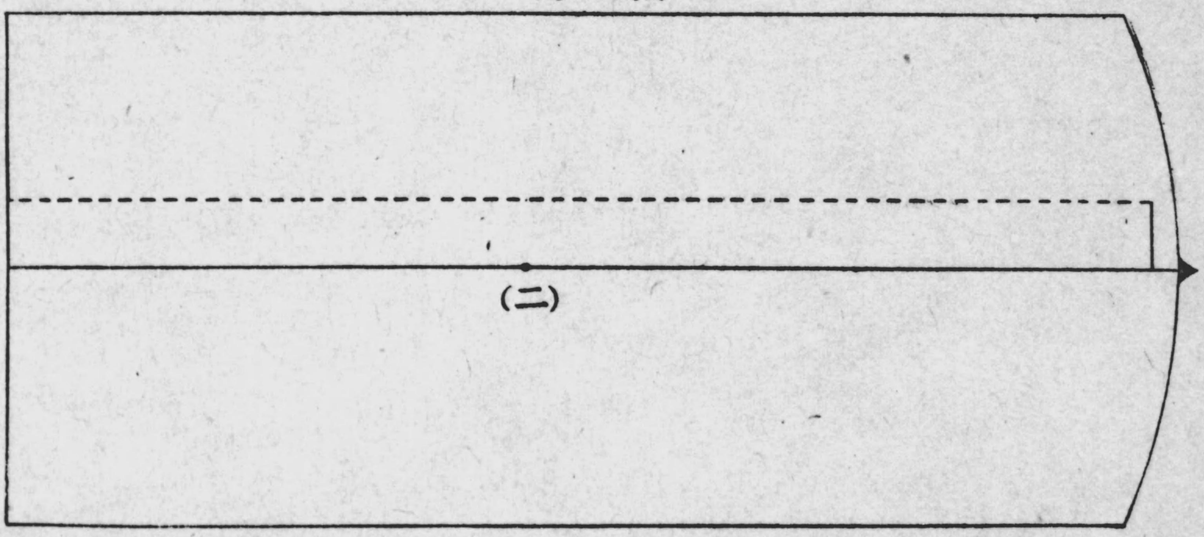
回轉板

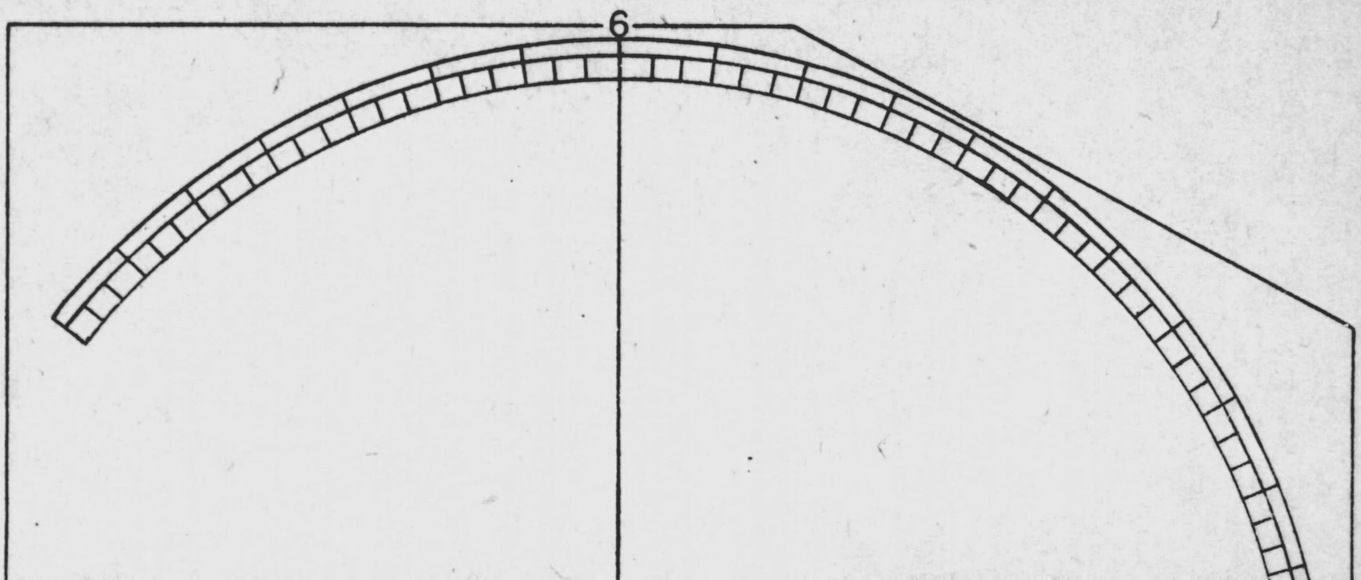


赤緯板



囲轉板





(I)
12
6
(I)
18
0

日本出版會承認
え230031

中等物象學習書
中學校用　卷一

昭和二十年十一月五日印刷　二〇、〇〇〇部
昭和二十年十二月十五日發行

定價金貳圓五拾錢

著者　淺見喜平　東京都神田區神保町一丁目三番地
發行者　坂本守正　京都市下京區西洞院七條南
印刷者　宮崎勇治　東京都神田區淡路町三丁目九番地
配給元　日本出版配給統制株式會社

東京都神田區神保町一丁目三番地
發行所　株式會社　山房
代表者　坂本守正
電話神田二一七一―八番
會員番號三三〇一二〇號

本製柄眞　（41都京）社會式株刷印外內　所刷印

448
239