



始



物 理 學
測 定 實 驗 法

山形高等學校教授
理 學 士
田中三四郎著

東 京
內 田 老 鶴 圃

368
357

特232
674

測 定 實 驗 法



山形高等學校教授
理學士
田中三四郎著

東 京
內 田 老 鶴 圃



緒 言

高等學校に於ける物理實驗は練習實驗であつて、他日各自の學術研究に際して行ふべき實驗の基礎を爲すものである。従つて練習實驗にありては實驗の結果に重きを置くよりも寧ろ如何なる方法で觀測を行ふべきかその方法が合理的であるや否やに就いて考慮すべきである。觀測が合理的に行はるれば良好なる實驗結果を得ること固より當然である。本書は上記の趣旨に基いて高等學校用の實驗指導書として編纂したもので特に器械の取扱方、その調整の方法、觀測の仕方等に重點を置いて説明した積りである。なほ數値の實際的取扱方は物理實驗に際して始めて修得するものであつて算術又は物理の計算問題に於ける假設的數値の取扱と異なる所があることを明にすべきである。この點に關しては「一般の注意」の項に於て並びに實驗報告様式の中に於て計算の實例を擧げてその取扱方を明にした。報告様式は「實驗8」まで掲げ餘はこれに準ずることとして省略した。これは紙數を節約して本書使用者の負擔の輕減を顧慮したためである。

本書に載せた實驗種目は總計43種でこれにて文部省制定の物理實驗要目は全部を網羅して居る。これ等の實驗種目を適當に配合すれば一學年間30回に全部を施行し得る豫定である。

予が同僚高井昇氏は本書のために種々新規の實驗裝置を考案せられ、また書肆内田老鶴圃は營利的打算を度外視して本書

の出版を引受けられた。茲にこれを特記してそれ等の好意に
對し感謝の意を表する次第である。

昭和十年九月

著 者 識

目 次

一般の注意	1
基本測定—副尺, カリパー, 測微螺旋	4
實驗 1. 球指にて球面の曲率半徑測定	6
2. 天秤にて質量の測定	9
3. Nicholson の浮秤にて固体の比重測定	14
4. Hare の比重計にて液体の比重測定	15
5. 比重瓶にて液体の比重測定	16
6. ゼンマイ秤にて水の表面張力測定	18
7. Poiseuille の公式によりて水の粘性係數測定	21
8. 伸びによりて針金の Young 率測定	23
9. 振れによりて針金の剛性率測定	25
10. Borda の振子にて重力の強さの測定	26
11. 水銀晴雨計にて大氣壓の測定	27
12. 寒暖計の定點の檢定	28
13. 露點計にて湿度の測定	30
14. 固体の線膨脹係數の測定	30
15. 混合法によりて固体の比熱測定	31
16. 冷却法によりて液体の比熱測定	32
17. Kundt の方法によりて固体中の音速及び Young 率の測定	35
18. 共鳴管にて音波の波長及び振動數測定	37
19. 振動記入器にて音叉の振動數測定	38
20. レンズの焦點距離及び曲率半徑の測定	39
21. 光の挺子にて小なる厚さの測定	42
22. 望遠鏡の倍率の測定	45
23. 顯微鏡の倍率の測定	45

24. 顕微鏡にて微小なる物體の長さ測定	47
25. 見掛けの厚さによりて屈折率の測定	48
26. 分光器にてスペクトルの観測	49
27. 最小のフレによりてプリズムの屈折率測定	51
28. 廻折格子にて Na 光の波長測定	54
29. 光度計にて光度の測定	58
30. 偏光計にて蔗糖の純分測定	59
31. 水平地磁力 H 及び磁気能率 M の測定	61
電流測定に関する一般の注意	64
32. 等電位線を書くこと	65
33. 線型電橋にて電気抵抗の測定	66
34. 箱型電橋にて抵抗の測定	68
35. 熱の仕事當量及び抵抗の温度係数測定	71
36. Potentiometer にて電池の電動力測定	72
37. Voltmeter にてアンペア計の検定	73
38. Kohlrausch の電橋にて液體の傳導度測定	74
39. 熱電動力の測定	76
40. 彈道電流計にて電気容量の測定	77
41. 彈道電流計の法によりて透磁率の測定	79
42. 磁力計の法によりて磁氣履歴線を書くこと	80
43. 交流抵抗の測定	83
附 表	
水の密度	85
水蒸氣の飽和壓 (其の一)	86
水蒸氣の飽和壓 (其の二)	87

物 理 學

測 定 實 驗 法

一 般 の 注 意

目盛の読み 物理實驗における量の測定は、結局、測器の指標と尺度の目盛線との合致點を觀測することに歸着する。この觀測の數値を**目盛の読み**と稱する。而して測定すべき量の數値は個々の目盛の讀みの値を數學的に組合せた結果として得られる。この故に目盛の讀取りは測定實驗の基礎を成すものである。

目盛を讀取るには出来るだけ視差を避ける事が肝要である。それには尺度と指標とを成るべく接近させ、且つ視線を尺度の面に垂直に向けて目盛を讀取る。なほ詳細は一々の器械に就て説明する。

目盛の読みは目盛の最小區分の $\frac{1}{10}$ まで眼分量にて讀取る。これは熟練すれば可なり精確に讀み得るものである。

讀みの値は必ず一々手帳に記入して計算の便に供する。記憶にのみ頼る數値の計算は却つて大なる勞力を要し、且つ往々過失を生ずるものである。

觀測の誤差 或量の眞の値と觀測して得た値との差を**觀測の誤差**と云ふ。眞の値は實際上知る事は出来ないが、極めて多數の觀測値の平均を取ればそれが理論上眞の値に最も近いものと考へられる。觀測値の組合せによりて得た測定量の値の内には當然個々の觀測の誤差が含まれて居る。測定量の値の誤差を**實驗の誤差**と名づける。

讀取りが正しく行はれたものとすれば讀みの値の最後の桁までが信頼せられるのであつて、それ以下の端數は確めることが出来ない。故に讀みの値に

は最後の桁の一単位以内の誤差は當然含まれて居る。而して讀みの精密度は讀みの値に對する誤差の割合即ち誤差率にて表はされる。例へば或長さの讀みの値が 25.4 mm であるとすれば誤差は最大限 ± 0.1 mm, 従つて誤差率は $\frac{1}{254}$ 即ち大略 $\frac{1}{100}$ 乃至 $\frac{1}{1000}$ である。長さ 254 cm の場合には誤差は ± 1 cm の程度で前の場合の 100 倍であるが誤差率即ち讀みの精密度は前と同様に $\frac{1}{100}$ 乃至 $\frac{1}{1000}$ である。

斯様に讀みの精密度は誤差の絶対値の大小ではなく、誤差率で定まるものであるから、従つて讀みの精密度は数値の桁数によりて定まることとなる。数値の小數點の位置又は位取りは單位の大きさの選び方によりて異なるから、讀みの精密度には關係がない。故に測定實驗に於ては、精密なる結果を得るためには讀みの数値の桁数を成るべく多く取るやうに心掛けねばならない。吾々の實驗に於ては通常四桁まで讀取ることが出来る。

讀取りの桁数を明示するためには最後の桁が偶々 0 であつてもこれを記入する。例へば 25.40 cm は 0.01 cm まで讀取つたことを示す。また 254000 cm の代りに 2.540×10^5 cm と書いて四桁だけ讀取つたことを明にする。

省略運算 d 及び e を 1 に比して小なる數とすれば次の省略運算が成り立つ。

$$(1 \pm d)^2 = 1 \pm 2d, \quad \sqrt{1 \pm d} = 1 \pm \frac{1}{2}d, \quad \frac{1}{1 \pm d} = 1 \mp d.$$

$$(1 \pm d)(1 \pm e) = 1 \pm d \pm e, \quad \frac{1 \pm d}{1 \pm e} = 1 \pm d \mp e.$$

讀みの値には誤差が含まれて居り、その誤差率は 1 に比して小なる數であるから、讀みの値の運算には屢ば省略運算が用ひられる。

觀測値の運算 寄せ算及び引き算は固より同一單位にて表はされた數に就て行はれる。この場合には各々の數値の終りの桁の位取りを揃へることが必要である。例へば溫度 20.2° に於て晴雨計の水銀柱の高さを測りて 756.2

mm を得たものとし、これを 0° に於ける高さに換算するには次の公式を用ひる (實驗 11 参照)。

$$b_0 = 756.2(1 - 0.000163 \times 20.2) \text{ mm.}$$

觀測値 756.2 は $\frac{1}{10000}$ 程度の誤差率を含んで居るから補正項 $0.000163 \times 20.2 = 0.0033$ の計算は同程度の精密度に止めて差支へない。その結果 $756.2 \times 0.0033 = 2.5$ であるから

$$b_0 = 756.2 - 2.5 = 753.7 \text{ mm}$$

となる。この場合に補正の値を 0.1 mm 以下まで算出しても無駄である。

掛け算、割り算の場合には觀測値の桁数を揃へることが必要である。例へば圓筒の體積を測る場合に直徑 $d = 2.41$ mm, 長さ $l = 15.3$ cm を得たものとする。然るときは各觀測値の誤差率を附記して體積を算出すれば

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{4} \pi d^2 l = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 0.241^2 \left(1 \pm \frac{1}{200}\right)^2 \times 15.3 \left(1 \pm \frac{1}{100}\right) \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 0.241^2 \times 15.3 \times \left(1 \pm \frac{2}{200} \pm \frac{1}{100}\right) \\ &= 0.6976 \times \left(1 \pm \frac{2}{200} \pm \frac{1}{100}\right) \\ &= 0.698 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$

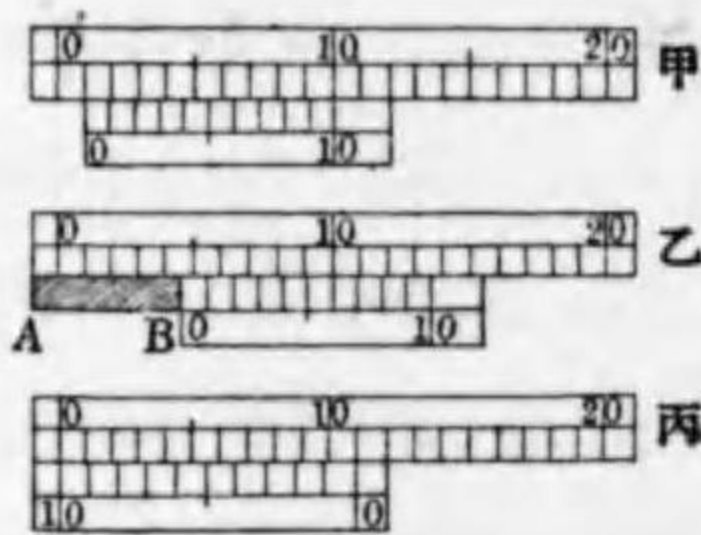
直徑及び長にの數値はいづれも三桁であるから π も三桁だけ取る。また最後の結果は四桁まで計算し、四捨五入して三桁で止める、それ以上精密に計算しても誤差の範囲内であるから無効である。なほ上例の直徑の値の如く因數が冪の形で入り込むときはその誤差は冪數だけ倍加せられるから、かゝる量は特に精密に觀測するを要する。

運算の際には掛け算では餘分の桁まで計算し過ぎる傾があり、割り算では桁數不足で打切る傾がある。對數表を用ひて計算すればこの誤りに陥らない。

基本測定 — 副尺, カリパー, 測微螺旋

副尺 通常物指には副尺 (Vernier) が附属しありて本尺の最小区分の端下を精密に読み得るやうにする。副尺を使用する場合には先づ

1. 副尺によりて本尺の一と目の何分の一まで読み得るかを確める。それには副尺の 0 を本尺の或目に合せて見る (甲圖)。かくして例へば副尺の目盛の 10 区分が本尺の目盛の 9 区分に等しいときは本尺の一と目の $\frac{1}{10}$ まで読み得ることが知られる、即ち本尺が mm まで目盛してあれば 0.1 mm まで読み得るのである。



2. 次に例へば棒 AB (乙圖) の一端 B に副尺を當てがつて B 端の読みを取るには、先づ副尺の 0 が本尺の 4 と 5 との間に在ることを確め、次に副尺のどの目盛線が本尺の目盛線と一致して居るかを捜す。その目盛線 (副尺の) が 6 であれば B 端の読みは 4.6 mm である。この際本尺の方の合致せる目盛線の読みは取るに及ばない。なほ始め目分量にて副尺の 0 の指す點の読みを mm の端下まで大體取つて置けば合致線を早く捜し出すことが出来る。

場合によりては、例へば副尺の 6 の線及び 7 の線が略ほ同等に本尺の目盛線と合致することがある。然るときは 4.6 と 4.7 との平均を取りて 4.65 を B の読みとする。

副尺を読む際視差を避けることは最も肝要である。依つて眼は必ず合致線の眞上に置いてこれを読むことに注意する。

3. 副尺によりては丙圖のやうに本尺の 11 区分を 10 等分して居るのがある。これは本尺の一と目が細か過ぎるとき用ひる方法で、この場合には副尺の目盛は本尺の目盛に對し逆の向きに數へる。而して合致線が 6 なら端下

が 0.6 であることを示す。

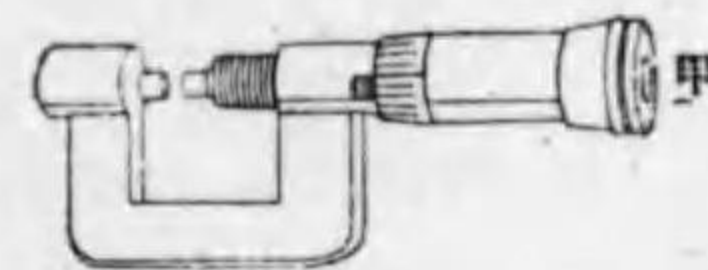
カリパー (Calliper). 圓筒の外直径及び内直径を測るに用ひる。先づ副尺にて本尺の 1 区分の何分の一まで読み得るかを調べる。次に兩嘴 A, B を密接させて、そのときの副尺の 0 線の読みを取る、これを零點の読みと名づける。副尺の 0 線は本尺の 0 線と合致するやうに作つてある筈であるが、これは必ずしも主要の事ではない。依つて器械の使用の始



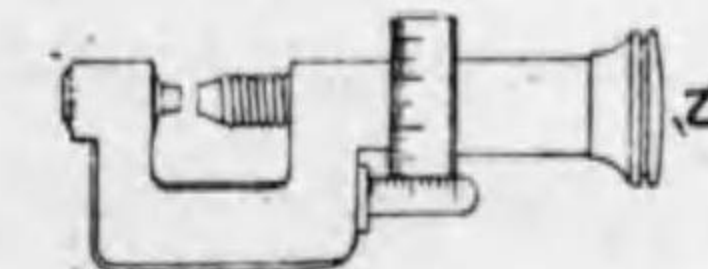
めには必ず零點の読み n_0 を取つて置く。次に測らんと欲する圓筒を平板面を有する兩嘴で挟んで、そのときの読み n を取る。然るときは圓筒の外直径は $d = n - n_0$ mm である。圓筒の切口は必ずしも眞圓でないから、少くとも三ヶ所に就いて直径を測つてその平均を取る。圓筒を兩嘴で挟む際壓力を適當にすることが必要である。摩擦のため丁度圓筒が滑らない程度に壓力を加へるが宜い。

圓筒の内直径を測るには稜のある兩嘴を圓筒の内側に挿し込んで測る。測定の方法は外径の場合と全く同一である。

測微螺旋 (Micrometer screw). 針金の直径を測るのに用ひる。副尺は圓盤又は圓筒より成り、これを一廻轉すれば本尺に沿ひて 1 mm だけ變位する。圓盤が 100 等分してあれば $\frac{1}{100}$ mm



まで讀むことが出来る。測定の要領は前と同一である。摩擦止めの附いて居る測微螺旋では壓力に關する心配はいらない。



針金は場所によりて直径が必ずしも同一でないから、少くとも三ヶ所(兩端と中央)に就いて測つてその平均を求めらる。

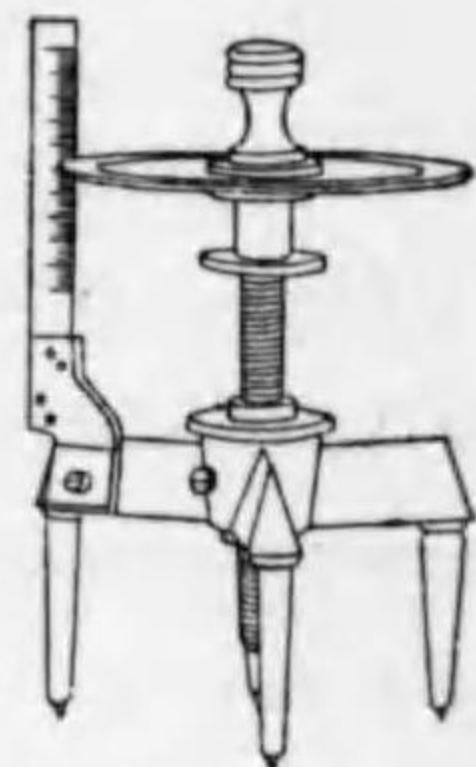
注意 1. 目盛の施してある部分は錆びないやうに注意して取扱ふ。従つてその部分

に指を觸れるのは宜しくない。

2. 圓の面積、球の體積等を表はす數學公式は通常半徑 r を用ひて居る。然るに實際に測定するものは直徑 d であるから、計算の際に d と r とを取り違へないやうに注意するを要する。

實驗 1. 球指にて球面の曲率半徑測定

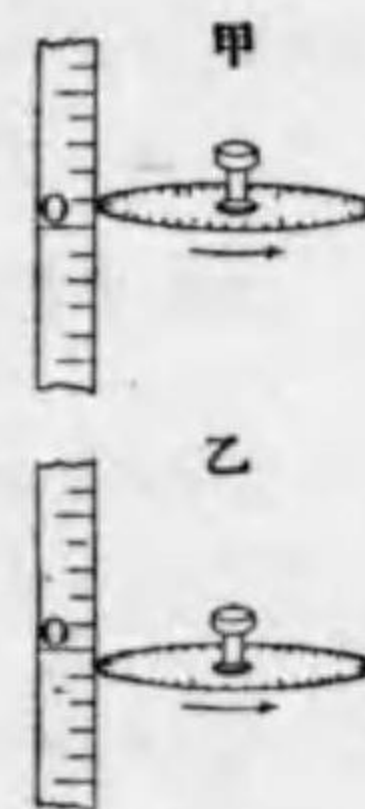
構造 固定せる三脚の尖端は正三角形を作る。その一脚には物指が立て、これが本尺である。中央の脚は固定三脚の作る正三角形の中心に於てその面に垂直に立つ。これを一廻轉すれば 1mm だけ上下する。中央脚と共に廻轉する目盛圓盤は副尺の用をする。100 等分した目盛があれば $\frac{1}{100}$ mm まで讀むことが出来る。結局前圖乙に示した測微螺旋の目盛圓盤と同じ役目をする。



操作 1. 平板上の讀み。平面で且つ滑かな表面を有する硝子板の上に三脚を載せる。捻り頭を捻つて中央脚の尖端を硝子平板に觸れしめたときの讀みを取る。これは所謂零點の讀みである。この際尖端の接觸を精確にすることが肝要である。それには大體接觸したと思はれたとき捻り頭を緩く撮んで捻り、球指全體がそれに連れて容易に廻轉するや否やを試みる。球指全體が容易に廻轉しないやうならば、中央脚の尖端は未だ平板に接觸して居ないのである。依つて中央脚を少しく捻ち下げて再び球指の廻轉を試みる。球指が容易に廻轉するときは、中央脚が下り過ぎて固定三脚の尖端が浮いた證據であるから、中央脚を少しく捻ち上げる。かくして中央脚を下げ過ぎたとき及び上げ過ぎたときの讀みをその都度に取り、再三上げ下げして二つの讀みの間の開きを狭めて行けば、遂に丁度接觸したときの讀みを得る。かゝる方法を挟み撃ちの法と稱する。中央脚を微小に進退させる

には兩手の臂を机上に支へて手先の動搖を防ぐやうにする。

零點の讀みが必ずしも 0 でないことは前に述べた通りである。零點の讀みが 0 以上のとき即ち目盛圓盤の縁が本尺の 0 と 1 との間



を指すとき(甲圖)には別段の注意は要しない、普通の副尺を讀むと同様である。讀みが 0 以下のとき(乙圖)には特別の注意を要する。例へば圓盤の縁が本尺の 0 と -1 との間を指すとき、圓盤上の合致せる目盛の讀みが 56.3 であるものとすれば、零點の讀みは

$$-1 + 0.563 \text{ 或は } 1.563 = -0.437 \text{ mm}$$

である。かやうに本尺の讀みが (+) (-) のいづれの場合でも圓盤上の讀みは常に (+) に取ればよいのである。

2. 球面上の讀み。先づ中央脚を十分捻ち上げて後球指を凸面上に載せる(中央脚の尖端を損ぜざるため)。前と同様の要領で中央脚の尖端を正しく凸面に接觸せしめてそのときの讀みを取る。

3. 固定三脚の尖端間の距離。三脚の尖端を平な紙の上に軽く押し付けて尖端の痕跡を印し、鉛筆にて三角形を完成して、物指にて三邊の長さを測り、これを平均する。視差を避けるため、物指の目盛してある縁を直接に三角形の邊線に當てがふ。邊の長さは $\frac{1}{10}$ mm まで讀む。

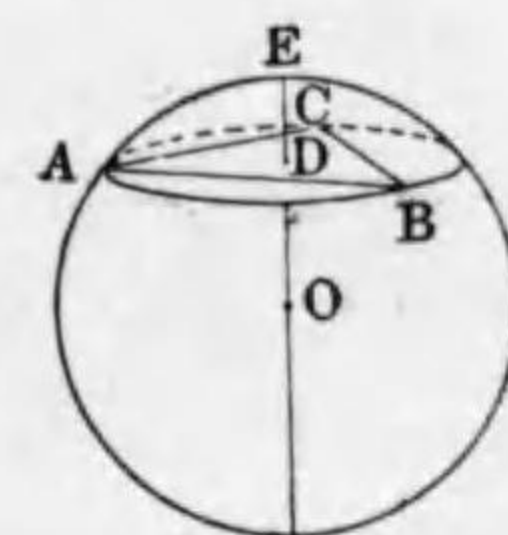
4. 計算。平面上の讀み n_0 と球面上の讀み n との差を $n - n_0 = a$ 、三角形の一邊の長さを l 、球面の曲率半徑を R とすれば

$$R = \frac{l^2}{6a} + \frac{a}{2}$$

證明 $DE = a$, $AB = BC = CA = l$, $OE = R$

$$AD = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} l = \frac{l}{\sqrt{3}}$$

$$(2R - a)a = AD^2 = \frac{l^2}{3}$$



$$\therefore R = \frac{l^2}{6a} + \frac{a}{2}$$

5. 凹球面の曲率半径. 新に平板上にて零點の讀みを取り, 次に凹球面上の讀みを取る. この場合には本尺上の讀みは(-), 圓盤上の讀みは(+)であることに特に注意する.

實驗報告 各球面に就いて三回實驗を行ひ, 次の様式に従つて測定の結果を報告する.

報告第何號 球指ニテ球面ノ曲率半径測定

年月日 實驗者 何 某

(共同者 何 某)

球指 No. 凸球面 No. 凹球面 No.

凸球面	回	平板上ノ讀ミ n_0		球面上ノ讀ミ n		$a = n - n_0$ mm	三角形ノ邊 l mm	
		本尺mm	圓盤 $\frac{1}{100}$ mm	本尺mm	圓盤 $\frac{1}{100}$ mm		l_1	l_2
凸球面	1	-1	87.0	9	80.0		l_1	79.0
	2	-1	87.5	9	80.2		l_2	78.9
	3	-1	87.7	9	79.6		l_3	79.1
	平均	-1	87.4	9	79.9	9.925		79.0
凹球面	1							
	2							
	3							
	平均							

凸球面ノ曲率半径 $R = \frac{l^2}{6a} + \frac{a}{2} = 10.98 \text{ cm.}$

凹球面ノ曲率半径 $R = \text{ } \text{ cm.}$

實驗は通常二人一組となりて同一の器械を用ひて行ふ. 場合によりては共同者は助手の役目を爲す. 交代に一方が観測者, 他方が助手となりて實驗を行ふ. この實驗にては助手を要せず, 従つて共同者の氏名を書くに及ばない.

實驗報告は世間に發表すべき性質のもの故, 丁寧且つ明瞭に認める. 特に數字は字

體を正しく書き, 行を揃へ, 位取りを揃へる.

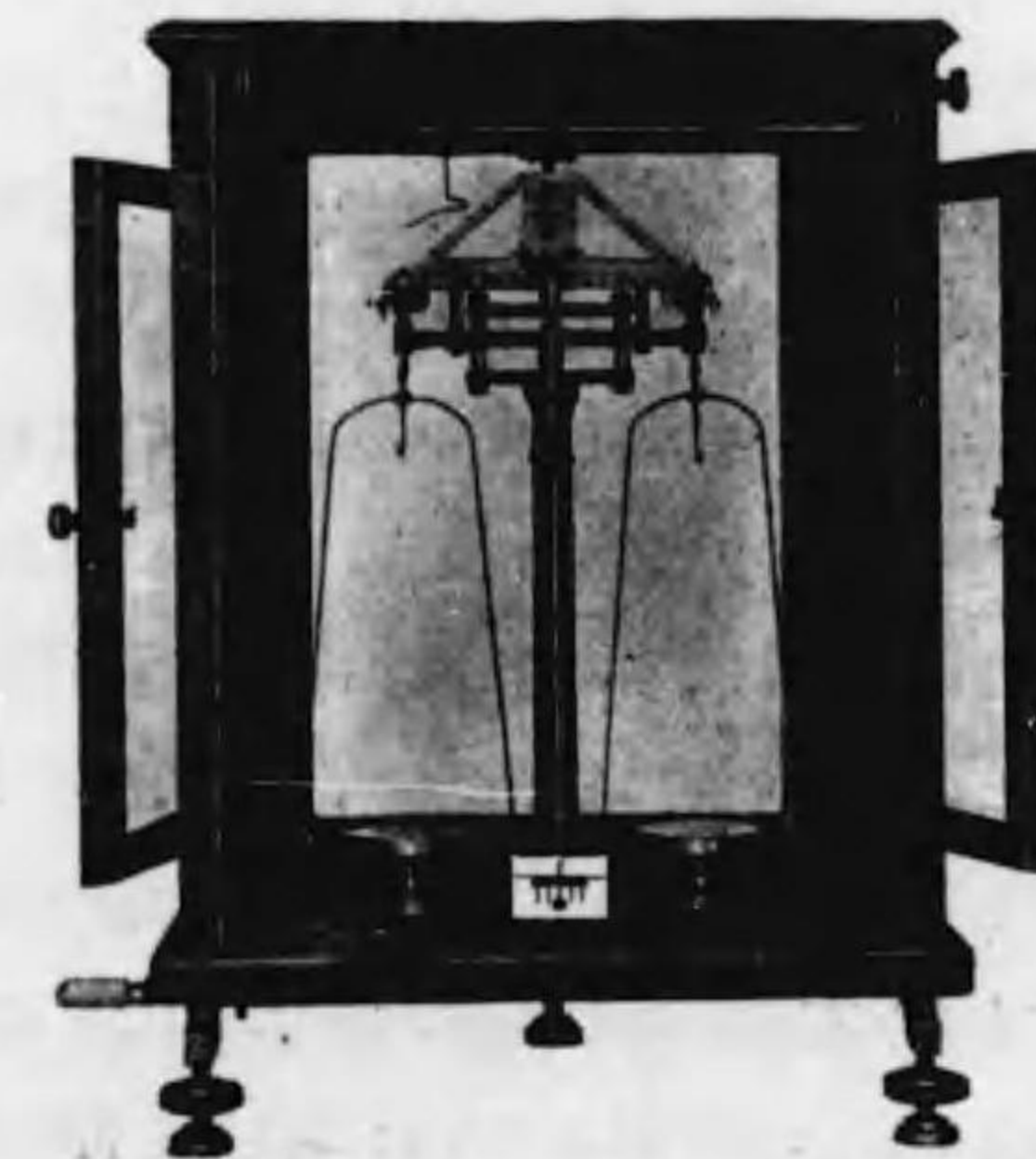
測定値には必ず單位を明記する. 平均値を求める際には合理的に手数を省くやうに心掛ける. 上例 a の値は n_0 及び n の平均値から求めたのである. 平均値及び最後の結果の數値は有効桁數を判定して, 過不足なきやうにする.

實驗 2. 天秤にて質量の測定

器械の調整 吾々の實驗に使用する天秤は 100 gr 乃至 $\frac{1}{10}$ mgr まで測り得るものなる故, 實測數値は 6 桁までを與へる. 従つて天秤は種々の實驗裝置の内最も精巧な器械の一であつて, これが取扱ひには大なる注意を要する.

天秤を入れてある箱には前方に上げ下げ戸, 左右に開き扉がある. 先づ前の戸を上げて, 軟き羽帚にて天秤の皿等に附着せる塵を拂ふ. 前の戸を開くのはこの時限りで, その他は常に締切つて置く. 次に水準を調整する. 天秤箱の三本足の内前方の二脚は水準螺旋となつて居る. 依つてこれを廻はして泡準器又は懸錘によりて水準を正す.

天秤箱の左側に把手が出て居る. これを左手で持つて向ふへ廻はすと天秤の桿の支へが下りて桿に附せる刃は支臺の上に乗せり, 天秤は振動を始める. 依つてその振動が滑かに行はれるか否かを確める. 振動が滑かでないときは何處かに故障があるのであるから, その箇所を調整しなければならない. 天秤の振動を観察するには桿に垂直に取り



付けてある指針の振動を熟視すれば宜い、桿の振動を見るには及ばない。指針が二三回振動し終れば把手を原に戻して支へを上げ、桿を支へる。支への上げ下げは静かに行ふを要する。支へを上げるには桿が水平となつたとき、従つて指針の尖端が真下の位置に來たときを見計つて行ふ。然らざるときは桿に激動を與へて宜しくない。桿は必要の時以外は必ず支へて置くことを忘れてはならない。依つて左手は常に把手をつかみ、一觀測が終るまでは把手から放さないやうにする。

操作 1. 零點の測定. 指針の尖端に對する所に目盛盤があり、これにて指針の位置を讀取る。目盛盤には數字が附してないが、右皿に分銅を載せる場合には右端を 0、中央を 10、左端を 20 と決めて置く。

天秤の零點とは兩皿に何物も載せないとき指針の指すべき目盛を云ふ。これを求めるには天秤を振動させて指針が振幅の兩端に於て占める位置（回歸點）の讀みを取り、それより計算によりて求めるのである。天秤が靜止するまで待つのは時間を空費するのみならず、支點に於ける僅少の摩擦のため不正の位置に靜止することがあるから、却つて不合理である。依つてこの方法を振動法と稱する。

先づ靜かに把手を向ふへ廻し、支へを下げて天秤を振動させる。指針の振幅は目盛の 10 區分内外が適度である。振動が餘り微小のときには跨ぎ分銅を一時桿の上に載せて振幅を大ならしめる。或は靜かに右扉を開き微風を吹き入れても宜い。決して手荒く支へを下げることによりて振動を起させてはならない。扱て天秤が振動を起したならば始めの一、二回の振動を棄て、後回歸點を觀測する。それには視差を避けるため視線を目盛盤に垂直に保ちて指針の尖端を凝視し指針が右端に來たりて將に左方に戻らんとするときの位置を目盛 1 區分の $\frac{1}{10}$ まで精密に讀み直ちにこれを手帳に記入する。次に左方の回歸點、次に右方、左方、右方の順に右回歸點を 3 回、左回歸點を 2 回讀み取る。指針はこの間に 2 往復を行つたのである。これ等の回歸點の讀

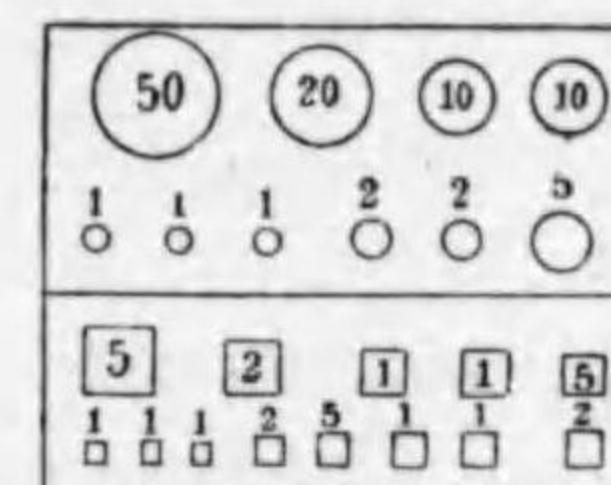
みから、次の例に従ひて零點を算出する。

精密を要すれば 3 往復の回歸點の讀みを取り簡略には 1 往復の讀みだけで零點を定める。回歸點の數は一方は奇數回、他方は偶數回取る、左右の奇偶が反對になつても差支へない。上表の記入及び計算は後に行ふこととし、回歸點の觀測が終れば直ちに把手を原に戻して桿を支へて置く。

左	右
(2) 16.3	(1) 2.5
(4) 15.5	(3) 3.9
	(5) 4.7
平均 15.9	3.7
零點 $P_0=9.8$	

2. 秤量. 左扉を開きて質量を測るべき物體を左皿に載せて扉を閉ぢる。次に右扉を開きて右皿に分銅を載せる。分銅は分銅箱に圖の如き順序で入れてある。互以上は眞鍮製の圓錐、磁以下は白金製又はアルミニウム製の板である。分銅は次の組合せから成る。

50	20	10	10	gr
5	2	1	1	1 gr
5	2	1	1	dgr
5	2	1	1	e gr
5	2	1	1	1 mgr



分銅を取扱ふには必ずピンセットを用ひる、決して指を觸れてはならない。分銅を皿に載せるには次の順序に従ふ。物體の重さよりも十分に大なりと思はれる分銅例へば 10 gr の分銅を右皿に載せ、左手で把手を少しく廻し、支へを僅か下げて指針のフレの向きを見る。指針が左へフレるときは分銅の重過ぎたことが知れるから、直ちに把手を戻して天秤を支へ、5 gr の分銅と取り替へる。今度は指針が右にフレたとすれば、物體の質量は 10 gr と 5 gr との間にあることが知れる、所謂挟み撃の法を行つたのである。次に 2 gr の分銅を加へる、指針が左にフレたとすれば 1 gr の分銅と取り替へる。そのとき指針が右にフレたとすれば物體の質量は 7 gr と 6 gr との間にある

ことが知れる。かやうに分銅が重過ぎれば一段下位の分銅と取り替へて行けば、開きが次第に減少して遂に 1 mgr の開きとなる。即ち物体の質量が W_1 gr と $W_2=W_1+0.001$ gr との間にあることが知れる。そこで右扉を閉ぢて次の操作に移る。

3. 静止點の測定。先づ皿上に分銅 W_1 が載せてあるとき指針の静止すべき位置 P_1 を振動法にて測定する。その方法は零點 P_0 の測定と全く同一である。次に 1 mgr だけ加へて分銅が W_2 のときの静止點 P_2 を測定する。然るときは静止點が P_0 に相當すべき分銅の重さ即ち測らんと欲する物体の質量 m は次式にて與へられる。

$$m = W_1 + (W_2 - W_1) \frac{P_0 - P_1}{P_2 - P_1} \text{ gr.}$$

これは $W_2 - W_1$ が小なる間は W_2, m, W_1 の差が P_2, P_0, P_1 の間隔に比例するものと見做したのである。計算は $\frac{1}{100}$ mgr まで行ひ、四捨五入して $\frac{1}{10}$ mgr に切上げる。

P_1, P_2 を測定し終つたならば次に分銅の重さ W_1, W_2 を計へる。それには先づ分銅箱の内の空所を調べて用ひた分銅を順次に手帳に記入する。次に皿の上の分銅を小なるものより順次に分銅箱の内に收める。その際手帳に記入した値と一致するや否やを確める。而して後手帳に記入した分銅の値の合計を求めてこれを W_1 或は W_2 とする。

注意 1. 屢々記した通り左手は常に把手を握りて必要以外は支へを上げて置く。秤量の際には指針の動き始める方向だけを知れば宜いのであるから、支へは少しばかり下げれば宜い、動きの向きが知れたならば直ちに支へを上げる。また支へを下げたまゝで或は天秤を放置し或は分銅を皿に載せるなどは十分注意して避けなければならぬ。

2. 分銅は皿の上に行儀よく大小の順に列べる。順が亂雑であると、分銅箱の内に收めるとき置き場所の間違ひを起し易い。

3. 最後の分銅の重さ W_1 と W_2 との差は器械に附屬して居る最小分銅即ち 1 mgr とする。この差を最小分銅まで取らないとすると、器械の與へ得る精密度を放棄したことになる。

4. P_1, P_2 はその間に P_0 を挟むやうに定めるを要する。従つて上記 m の式は内挿法による比例式である。 P_0 が P_1, P_2 の外に出るときは外挿法となり、精密度を減ずる譯である。

5. 振動法にては最小分銅の質量の $\frac{1}{10}$ まで測られるのであつて、それ以下の計算上の値を記入しても無効である。これは指針のフレる範圍が目盛の約 10 區分であり、その一區分の端下は目測で定めたからである。

零點算出の理論 秤の振動を減衰振動と見れば

$$\theta = A e^{-kt} \sin\left(\frac{2\pi t}{T} - \alpha\right).$$

k が小なる場合には $e^{-kt} = 1 - kt$. また $t = t_0$ のとき $\frac{2\pi t}{T} - \alpha = 90^\circ$ とする。然るときは t_0 より始まり $\frac{1}{2}T$ 毎に振幅を順次に $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5$ とすれば

$$\begin{array}{ll} \theta_1 = A(1 - kt_0) & \theta_2 = A\left\{1 - k\left(t_0 + \frac{1}{2}T\right)\right\} \\ \theta_3 = A\{1 - k(t_0 + T)\} & \theta_4 = A\left\{1 - k\left(t_0 + \frac{3}{2}T\right)\right\} \\ \theta_5 = A\{1 - k(t_0 + 2T)\} & \end{array}$$

$$\text{平均 } \frac{A\{1 - k(t_0 + T)\}}{\quad} \quad \text{平均 } \frac{A\{1 - k(t_0 + T)\}}{\quad}$$

即ち左右の平均振幅は相等しい。

報告第何號 天秤にて質量ノ測定

年月日 實驗者 何 某

天秤 No., 物體.....

分銅	零點 P_0		静止點 P_1		静止點 P_2	
	左	右	左	右	左	右
	0		$W_1 = 3.752$ gr		$W_2 = 3.753$ gr	
目盛ノ讀ミ	16.3	2.5	13.4	4.9	15.4	6.1
	15.5	3.9	13.0	5.9	14.9	6.8
		4.7		6.2		7.3

平均	15.9	3.7	13.2	5.67	15.15	6.73
	P ₀ =9.8		P ₁ =9.4		P ₂ =10.9	

$$m = W_1 + (W_2 - W_1) \frac{P_0 - P_1}{P_2 - P_1} = 3.752 + 0.00027 = 3.7523 \text{ gr.}$$

實驗 3. Nicholson の浮秤にて固体の比重測定

調整 圓筒容器に水道の水を入れる。浮秤を入れてもこぼれない程度にする。浮秤の頸をアルコールを浸せる布にて拭ひて後浮ばせる。氣泡が附着するときは硝子の棒にて除き去る。浮秤が容器の壁に接觸しないため及び分銅が水中に落ちないため二枚の木板で容器の蓋を爲し、浮秤を略ぼ容器の中央に保つ。寒暖計を挿入し、水の温度が一定になつた後實驗を始める。この時の温度 t_1 を記録する。

操作 先づ皿に分銅を載せて浮秤の頸に附せる標線を水面と一致せさる。このとき分銅の質量 W_1 を記録する。丁度標線を水面と一致せしめるべき分銅がないときは、標線が水面より上るときと下のときとに相當する二つの分銅の重さの平均を取る。次に比重を測るべき物体を皿の上に乗せ、分銅を減じて再び標線と一致せしめる。このときの皿の上分銅の質量 W_2 を記録する。物体の質量は $m = W_1 - W_2$ である。次に物体を浮秤の下に吊せる籠の内にに入れて水中に沈め、新に分銅を加へて標線を水面と一致せしめる。このとき分銅の質量 W_3 を記録する。



$B = W_3 - W_2$ は水の浮力である。再び水の温度 t_2 を測る。然るときは温度 $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ の水に對する物体の比重は

$$d_{t/t} = \frac{W_1 - W_2}{W_3 - W_2}$$

卷末の表によりて t° の水の比重 $D_{t/t}$ を求め、物体の 4° の水に對する更正比重を計算する。

$$d_{t/t} = d_{t/t} \times D_{t/t}$$

報告第何號 Nicholson ノ浮秤ニテ固体ノ比重測定

年月日 實驗者 何 某

浮秤 No., 物体.....

	物体の質量	水の浮力	水の温度
$W_1 = 25.48 \text{ gr}$	$m = W_1 - W_2$	$B = W_3 - W_2$	$t_1 = 27^\circ$
$W_2 = 16.46$	$= 9.02$	$= 0.97$	$t_2 = 27.5$
$W_3 = 17.43$			$t = 27.0$

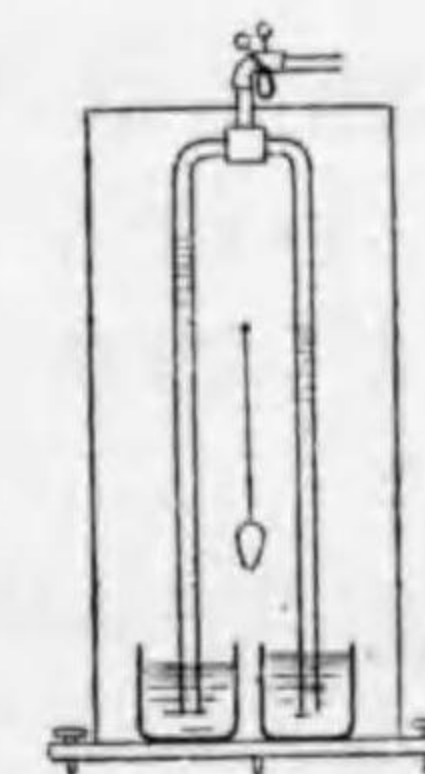
$$27^\circ \text{ノ水ニ對スル比重 } d_{27/27} = \frac{9.02}{0.97} = 9.30$$

$$D_{27/27} = 0.997. \text{ 更正比重 } d_{27/27} = \frac{9.02}{0.97} \times 0.997 = 9.27$$

實驗 4. Hare の比重計にて液体の比重測定

一方のコツブには水を入れ、他方のコツブには測るべき液(アルコール)を入れる。水準ネジの調節によりて連通管を鉛直にする。

上部の口より空氣を吸ひ出して管内の壓力を減ずれば水及び液は管内に上昇する。適當の高さに達した所にて上口をピンチコックにて押へる。管内の液面の高さが變化せざるを確めて後觀測を始める。



水の方のコツブの水面及水柱の上端の讀み n_1 及び n_2 を取り ($n_2 - n_1 = h$), 同様にアルコールの方の讀み n_1' , n_2' を取る ($n_2' - n_1' = h'$). 液柱の讀みは常に meniscus の底に於て取る。

水及び液の t 温度を測る.

$$\text{液の比重} \quad d_{t/A} = \frac{h}{h'}$$

水の密度表によりて 4° の水に對する比重に換算する.

$$d_{t/A} = \frac{h}{h'} \times D_{t/A} \quad (D_{t/A} = t^\circ \text{ の水の比重})$$

報告第何號 Hare ノ比重計 = テアルコールノ比重測定

年月日 實驗者 何 某

器械 No.

回	水			アルコール		
	n_1	n_2	h	n_1'	n_2'	h'
1						
2						
平均						

$$t = \dots \quad d_{t/A} = \frac{h}{h'} = \dots$$

$$D_{t/A} = \dots \quad d_{t/A} = d_{t/A} \times D_{t/A} = \dots$$

實驗 5. 比重瓶にて液體の比重測定

操作 比重瓶の栓を抜き瓶内を清水にて能く洗ひて後これを乾かす. 瓶を乾かすには瓶内に硝子管を挿し込み, これをゴム管にて水流ポンプに繋ぎ, 電熱器にて瓶を温めながら瓶内の空氣を吸ひ出し, 新しき乾いた空氣と入れ替へる.

空の比重瓶に栓を挿してこれを秤量する. この際天秤の跨ぎ分銅の練習をする.

跨ぎ分銅の使用法. 跨ぎ分銅は白金の針金より成り質量 1 egr を有する.

これを天秤の桿に跨がらせて mgr 分銅の代りをさせる. 桿の中央から兩端の皿懸け刃までの間が 10 等分してあるから, 跨ぎ分銅は懸け場所に應じて 1 mgr から 10 mgr までの分銅の用をする. 更に 1 區分が 10 等分してあるから跨ぎ分銅にて $\frac{1}{10}$ mgr まで秤られる譯である.

先づ零點を定める. 精密を要する場合には振動法に依るのであるが, 本實驗では簡略法を用ひることとする. それには跨ぎ分銅を適當の位置に懸けて天秤を振らせて, 指針が中央の目盛線の左右に略ほ相等しく振るやうにする. このときの跨ぎ分銅の位置の讀みを n_0 とする. n_0 は桿の中央から右を (+), 左を (-) と定める.

次に比重瓶を秤量する. 天秤の左皿に比重瓶を載せ, 右皿に分銅を載せ, egr の分銅までにて略ほ釣合はしめる. 然る後跨ぎ分銅の位置を調節して指針が中央の目盛線から左右に略ほ相等しく振れるやうにする. このときの跨ぎ分銅の位置の讀みを n とする. 然るときは跨ぎ分銅は $n - n_0$ mgr に相當する. 秤量の結果は mgr の位を四捨五入して egr に切り上げる. これを W とする.

次に比重瓶に清水を充たし, 栓を挿して溢れた水を脱脂綿にてよく拭ひ取り, 前法によりて秤量する (W_1). 測り終れば栓を抜き寒暖計を挿し込んで水の温度 t_1 を測る.

次に比重瓶内の水を捨て, 瓶内をよく乾かした後比重を測らんとする液を入れて秤量する (W_2). 然る後液の温度 t_2 を測る.

$$\text{液の比重} \quad d_{t_2/t_1} = \frac{W_2 - W}{W_1 - W}$$

$$d_{t_2/t_1} = \frac{W_2 - W}{W_1 - W} \times D_{t_1/t_2}$$

t_1, t_2 の差が小なるときには, それ等の代りに平均値 $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ を用ひて宜し.

實驗報告第何回 比重瓶ニテアルコールノ比重測定

年月日 實驗者 何 某

回	空瓶ノ重	水ヲ充タセルトキ	液ヲ充タセルトキ					
	W gr	W ₁	W ₂	W ₁ -W	W ₂ -W	t ₁	t ₂	t
1								
2								
平均						平均		

$$d_{t/n} = \frac{W_2 - W}{W_1 - W} = \dots\dots$$

$$d_{t/n} = d_{t/n} D_{t/n} = \dots\dots$$

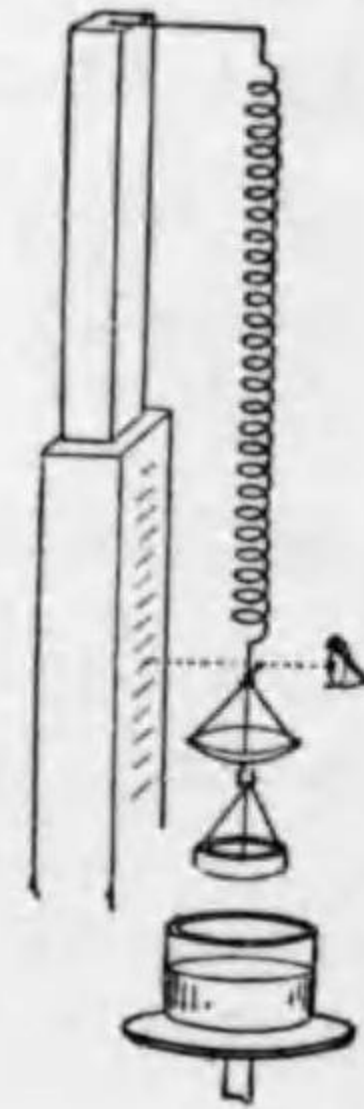
注意 二回の實驗に於ける温度が著しく異なるときは各回別々に比重を算出する。

實驗 6. ゼンマイ秤にて水の表面張力測定

調整 先づ器械の臺に附せる水準螺旋を捻りて尺度を直立せしめる。それには吊されたゼンマイと尺度とを一度は正面から、次に横から見て、兩者が平行になるやうにする。次に測定に用ひる金屬製圓環を洗濯曹達にて洗ひ、水洗して十分清潔にする。一旦洗つた後は測定を終るまで直接指を觸れないやうに注意する。指を觸れると指の脂肪がこれに附着し、それが水面に擴がるから表面張力の値が著しく減少する。水を入れる容器もまた同様に清潔にする。環の孔に糸を通し、これにて環をゼンマイの下端に水平になるやうに吊す。容器に清水を入れて上げ下げ臺の上に載せる。

操作 1. 上げ下げ臺を靜かに上げて環の下縁を容器内の水面に觸れしめる。この際環が水平でないときには、その下縁が水面に平行になるやうに直す。

2. 水面を極めて徐々に下げる。環は水面と共に引き下



げられてゼンマイは延びる。依つてゼンマイの下端に附してある指標の尖端を注視しながら更に水面を下げ、環が將に水面から離れんとするときの指標の読みを取る。この際視差を避けるため指標と尺度に映じたその像とが一致して見える位置に眼を保ち、そのときの視線上来る目盛を読む。最後に水の温度を測る。

3. 環が將に水面を離れんとするとき水が環を下方に引く力 F を測る。それには先づ水の容器を取り去り、環を能く乾かした後、これを吊したまゝにてゼンマイ秤の皿に分銅を載せてゼンマイを引き延ばす。指標が丁度前に指した目盛の所に來たとき分銅の重さ W を記録する。 W は力 F を表はす、即ち $F = Wg$ dyne.

以上 2 及び 3 の觀測を三回繰返へす。

4. カリパーにて環の内徑 D_1 及び外徑 D_2 を各三ヶ所に就いて測りその平均を求める。

計算 水の表面張力を T 、環の内外圓周の平均を L 、環の厚さを t 、環が將に水面を離れんとするとき環に附着せる水膜の高さを h 、水の密度を ρ とすれば

$$F = 2LT + Lth\rho g,$$

右邊第二項は附着せる水膜の重さに基づく補正項である。水膜の重さを無視すれば

$$F = 2LT' \quad \text{或は} \quad T' = \frac{F}{2L},$$

T' は第二項を無視したときの表面張力の近似値である。

h は直接觀測すること困難であるが理論上の計算の結果

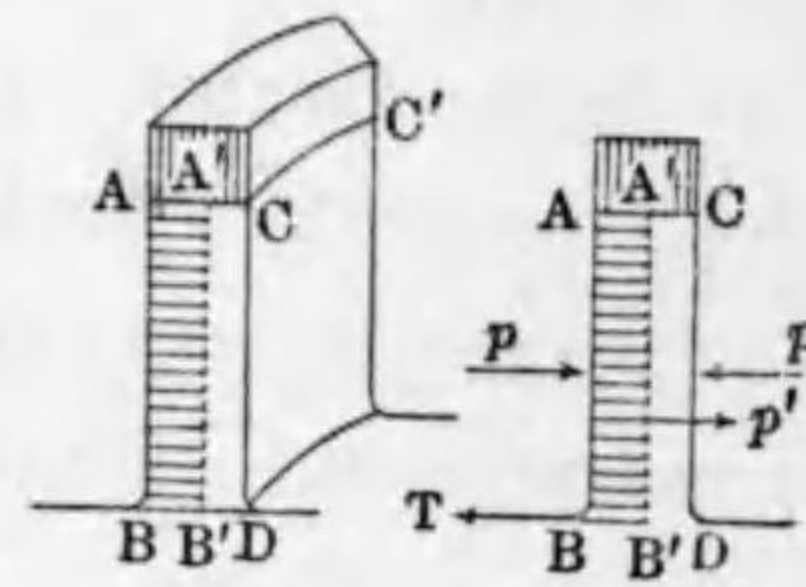
$$F = 2LT + Lt\sqrt{2T'\rho g}, \quad T' = \frac{F}{2L}$$

を得る。依つて

$$T = T' - \frac{t}{2} \sqrt{2L \rho g}, \quad T' = \frac{F}{2L}$$

水の場合には $\rho=1$ と見做して宜い。

理論 圖に於て ABDC を引き上げられた水膜の断面とする。高さ $AB=h$, 長さ $CC'=dl$ なる膜部を取る。この膜部を兩面に平行な任意の面 $A'B'$ にて二つの部分に仕切り, その左半部 $ABB'A'$ 部の釣合を考へる。この部分に働く水平方向の力は B に於ける表面張力 T , AB 面に働く大氣壓 p , $A'B'$ 面に於て右半部を傳はりて働く大氣壓 p' , 及び右半部が及ぼす負壓 p' から成る。 p' は B' に於ては 0, A' に於ては $h\rho g$ であるから, その平均は $\frac{1}{2}h\rho g$ 。偖て左半部の水膜が釣合ふためには水平方向の力は釣合ふを要する。大氣壓 p は左右兩面に於て相等的いから



$$Tdl = \frac{1}{2} h\rho g \times hdl$$

$$\therefore h = \sqrt{\frac{2T}{\rho g}}$$

依つて

$$F = 2LT + Lt\sqrt{2T\rho g}$$

かくて T を決定するため T の二次方程式を得る。 t が小なるときは第二項は補正項に過ぎないから次の省略計算を行ふ。即ち第二項を 0 と置いたときの T の近似値 $T' = \frac{F}{2L}$ を第二項の T に代用する。

$$F = 2LT + Lt\sqrt{2T'\rho g}$$

$$\therefore T = T' - \frac{t}{2} \sqrt{2T'\rho g}, \quad T' = \frac{F}{2L}$$

注意 1. 環を吊す糸は水に潤さぬやう注意する。

2. 水面を引き下ぐるとき環が動揺すると環は正當の位置に達せざる内に水面から離れる。この場合には環の下縁に附着する水膜の面は鉛直でなく, 従つて T は水平の方向でないが前理論式が成立しない。故に水面を下げるのは極めて静かに行ふ。

報告第何號 センマイ秤ニテ水ノ表面張力測定

年月日 實驗者 何 某

共同者 何 某

器械 No., 金屬環 No.

回	尺度ノ讀ミ	分銅 W gr	F=Wg dyne	水ノ温度
1				
2				
3				
平均	29.7	1.335	1303.9	14.5°

金屬環

回	内徑 D_1 mm	外徑 D_2 mm	厚サ t cm	周圍 L cm
1				
2			$\frac{D_2 - D_1}{2}$	$\pi \frac{D_1 + D_2}{2}$
2				
平均	30.500	31.067	0.0284	9.671

$$T' = \frac{F}{2L} = 67.64$$

$$\frac{t}{2} \sqrt{2T'\rho g} = 5.17$$

$$14.5^\circ \text{ニ於ケル } T = 62.47 \frac{\text{dyne}}{\text{cm}}$$

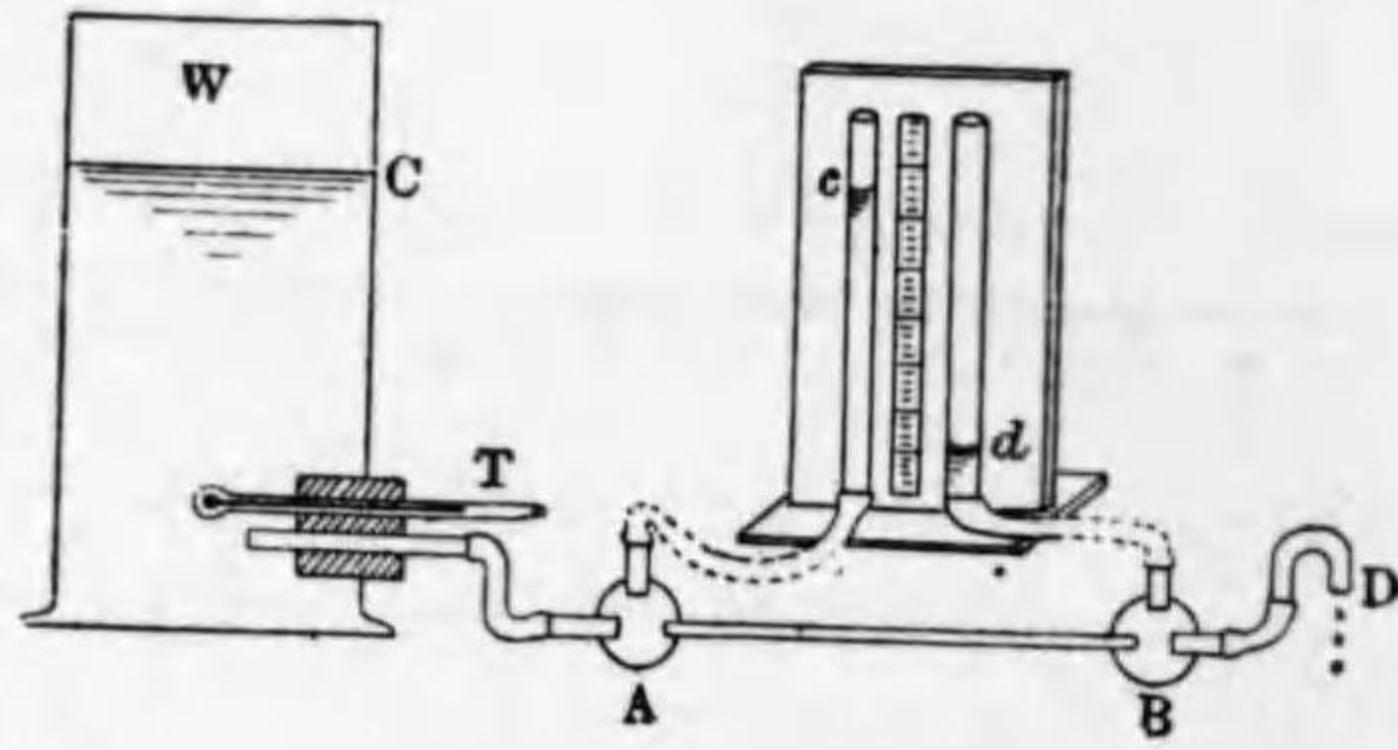
實驗 7. Poiseuille の公式によりて水の粘性係數測定

Poiseuille の公式

$$V = \frac{\pi r^4 p}{8\eta l} \quad \text{或は} \quad \eta = \frac{\pi r^4 p}{8lV}$$

茲に l は毛細管の長さ, r はその内半径, p は管の兩端の壓力の差, V は單位時間の流出液量, η は粘性係數. η の單位は C.G.S. 系にて $\frac{\text{dyne}}{\text{cm}^2 \text{sec}}$.

装置 AB は毛細管(長さ l , 半径 r). A, B 両端には三方口を有するゴム栓を嵌める. A 端は測壓器と水槽 W とに連絡し, B 端は測壓器と流出口とに連絡する. 流出水は刻度圓筒にて受ける. 水槽の水面 C は測壓管の水頭 e と同一水準, また流出口 D は測壓管の水頭 d と同一水準である.



操作 先づ暫く水を流出せしめた後, 或時刻から始めて 10 分乃至 15 分間の流出量を刻度圓筒にて測る. その時間の始め及び終りに於ける e 及び d の読みを取り, 且つ水の温度を測る. e は水の流出によりて下降する, d は變化しない.

毛細管の半径を測るには管内に水銀を充たして, その重さを測り, それより管の重さを減じて水銀の重さを知る. 水銀の重さ m と密度 ρ とからその體積 $V = \frac{m}{\rho}$ を求め, 更に管の長さ l を測つて, $V = \pi r^2 l$ から半径 r を求めるのである. 粘性係数の公式中には r^4 が入つて居るから r は餘程精密に測るを要する. 但しこの測定は相當に時間を要するから本實驗では豫め測定してある r 及び l の値を用ひる.

報告第何號 水ノ粘性係數測定

年月日 實驗者何 某

毛細管 $l = 41.40 \text{ cm}$, $r = 0.335 \text{ mm}$.

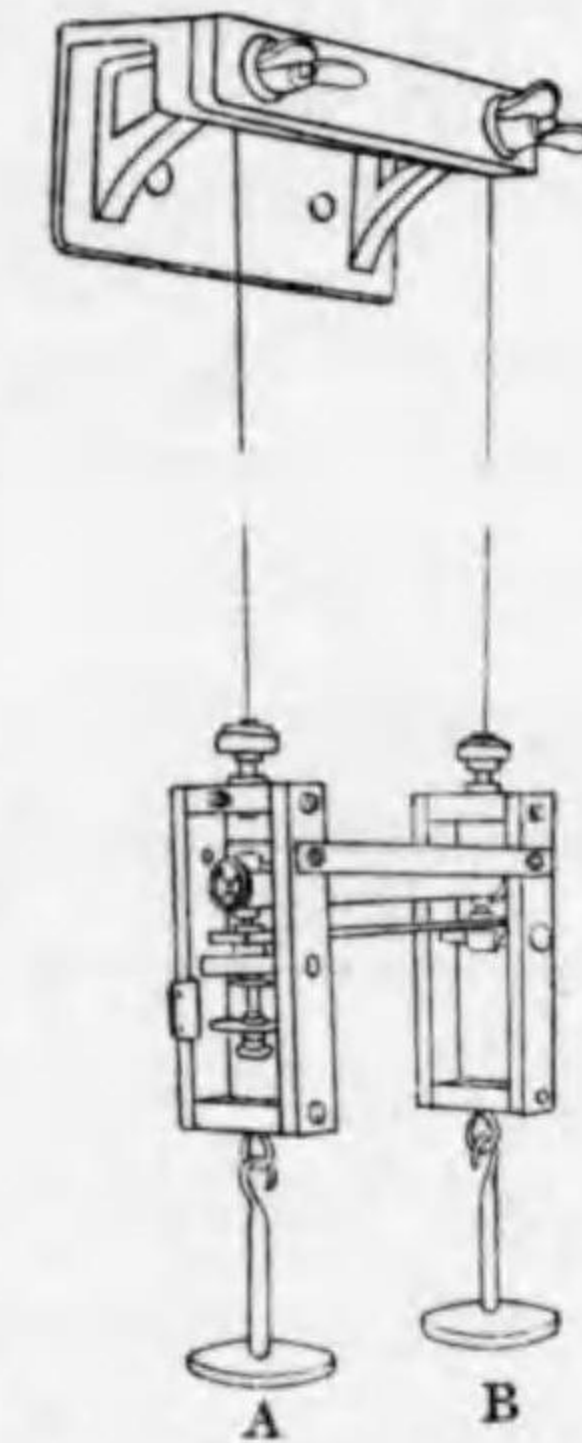
回	e	d	壓力差 p	時間	流出量	水ノ温度
1	始	.....	.....	.....分	..... \text{cm^3	始
	終	.....	.....			終
	平均	.....	.....			平均
2	始	.....	.....	.....分	..... \text{cm^3	始
	終	.....	.....			終
	平均	.....	.....			平均

第 1 回 $t_1 = \dots\dots \quad \eta = \frac{\pi r^4 p}{8lV} = \dots\dots$ (C.G.S. 單位)

第 2 回 $t_2 = \dots\dots \quad = \dots\dots$

實驗 8. 延びによりて針金の Young 率測定

装置 長さ 2 米許りの二本の針金の上端を天井に丈夫に取り付ける. 下端には泡準器を有する金屬棒を取り付ける. 泡準器の一方の端は固定せる中段の上に乗る, 他方の端は中段に固定せる測微螺旋の尖頭の上に乗る. 一方の棒の下端に錘を掛けてその方の針金を延ばし, 他の方の針金を標準として, 測微螺旋によりて針金の延びを測る.



操作 錘を掛けないとき泡準器を水平に調整して測微螺旋の読み n_0 を取る. n_0 は所謂零點である. 測微螺旋の読み方は球指の場合と全く同様である. 即ち先づ目盛圓盤の縁が本尺に接する點につき本尺の読み a を取り, 次に圓盤上の読み b を取り, 之を加へる. 但し a は (+) 又は (-) であるが b は常に (+) であることに注意する.

次に一方に 1 kgf の錘を掛けたときの読み n_1 を取り, かくして順次に 2, 3, 4, 5 kgf を掛けたときの読み n_2, n_3, n_4, n_5 を取る. 次に錘を順次に 1 kgf づゝ減じたときの読み $n_4', n_3', n_2', n_1', n_0'$ を取る. n と n' とは必ずしも一致しない. その平均を取りて n の値とする.

次に針金の直径 d 及び長さ l を測る. 直径は針金用測微螺旋にて針金の五ヶ所につきて測り, その平均を取る. 針金の長さは卷尺にて測る. 長さと同直径とは同一の精密度に測ること即ち同じ桁數だけ取ることが必要である.

計算 針金の断面積を A, 力 F に対する針金の伸びを Δl , 針金の Young 率を E とすれば

$$\frac{F}{A} = E \frac{\Delta l}{l} \quad \text{或は} \quad E = \frac{F}{A} \frac{l}{\Delta l}$$

F=1 kgr に対する伸び Δl は次の如くに計算する.

$$3 \text{ kgr に対する伸び } n_3 - n_0, n_4 - n_1, n_5 - n_2$$

$$1 \text{ kgr に対する伸び } \Delta l = \frac{1}{9} \{ (n_3 - n_0) + (n_4 - n_1) + (n_5 - n_2) \}$$

F=1 kgr を dyne に換算して E の値を絶対単位にて表はす.

報告第何號 延ビニヨリテ鋼線ノ Young 率測定

年月日 實驗者 何 某

共同者 何 某

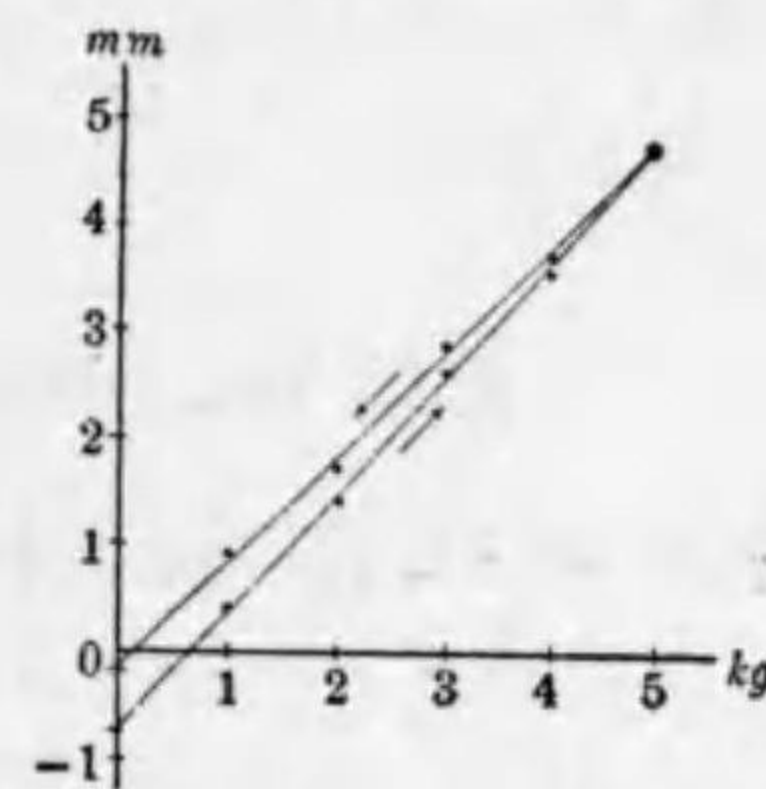
装置 No.

錘	錘ヲ増ストキ	減ズルトキ	平均	延ビ Δl	針金ノ直径 d
0	n_0			$n_3 - n_0$ mm	1 mm
1	n_1			$n_4 - n_1$	2
2	n_2			$n_5 - n_2$	3
3	n_3			計	4
4	n_4			Δl cm	5
5	n_5			l cm	平均 cm

$$E = \frac{F}{\frac{1}{4}\pi d^2} \frac{\Delta l}{l} = \times 10^{11} \frac{\text{dyne}}{\text{cm}^2}$$

曲線を引くこと 軸横に錘の重さを取り, 縦軸に伸びの値を取り, 錘の重さに對應する伸びの値の點を記す. これ等の點を連結すれば錘の重さと伸びとの關係を示す曲線を得る. 往路と歸路とに於て曲線の一致しないのは彈性餘効に基因する. 曲線を引くに當り單に記入點を折直線にて連結しては意味

を爲さない. 記入點の間を通る滑かな曲線を引くのである. 記入點のこの曲線からの偏倚は觀測誤差のために生じたものと見做す. 従つて滑かな曲線を引くことは圖の上で觀測誤差を除くことに當る. この實驗では曲線は大體直線の形を取る. これによりて伸びが張力に比例することが確められる.



實驗 9. 振れによりて剛性率の測定

装置 測らんと欲する針金(真鍮)約 1 米を取り, 針金挟みより下げてその下端に圓柱形の重錘を吊す. 錘の眞下に机を置き, 机の上に十字線を引き, 十字の交叉點を錘の中心と一致せしめる. 厚紙を細長き三角形に切りたるものを錘の下底に貼り付けて指標とする. 三角紙の尖端が机の面とすれすれになるやうにする.

操作 錘を約 90° 廻し, 靜かに放して針金に振れの振動を與へる. この際錘が横振れを爲さぬやうに注意する. かくして指標の尖端が机の上に引ける標線の上を通過する時刻を觀測して週期を求め. それには指標が標線を或る一方向に通過する瞬時に stop watch を起動せしめ, その後指標が標線を同じ方向に通過すること 10 回目の瞬時に stop watch を止める. その示す時間を t 秒とすれば週期は $T = \frac{1}{10}t$ 秒である. 次に針金の長さ l, 直径 2r 及び錘の直径 2R, 質量 M を測る.

計算

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{Mk^2}{\tau/l}}, \quad \begin{cases} k^2 = \frac{1}{2}R^2 \\ \tau = \text{針金の振れの常數} \end{cases}$$

$$\tau = \frac{1}{2}\pi nr^4, \quad n = \text{針金の剛性率}$$

$$\therefore n = \frac{4\pi MR^2 l}{T^2}$$

実験 10. Borda の振り子にて重力の強さ測定

装置 Borda の振り子は懸垂臺、懸垂用刃、球形の錘及び錘を吊す針金から成る。刃のみを振らせたときの週期が振り全体の週期と一致するときは、刃の質量は振り子の週期に無関係である。依つて先づ刃のみを懸垂臺に載せて振らせ、刃に附屬せる調節ネジを上下して、その週期が約 2 秒であるやうにする。而して後、長さ約 1 米の針金にて錘を吊して週期の観測を行ふ（長さ 1 米の単振り子の週期は約 2 秒である）。

操作 讀取用望遠鏡を振り子が静止するときの針金中の一點に調節する。次に錘を振動平面内に於て約 5 cm ほど一方に偏せしめる。それには細き糸にて錘を緩く縛り、糸の端を持ちて錘を一方に引き寄せ、マッチの焰にて糸を焼き切る。然るときは錘は滑かに動き出して規則正しき振動を行ふ。



週期を観測するには観測者は望遠鏡を覗きながら針金の像が望遠鏡の縦十字線を右より左へ(或は左より右へ)通過するとき合圖をする。合圖は最初(0), 第 20 回, 第 40 回, 第 60 回の四回行ふ。時刻の記録者は時計を見ながら合圖に應じてその時刻を記録する。然るときは週期 T は

$$T = \frac{1}{2 \times 40} \{(t_{40} - t_0) + (t_{60} - t_{20})\}.$$

次に振り子の長さ l 及び錘球の直径 $2R$ を測る。 l を測るには錘を吊したまゝにて行ふ。支柱に沿ひて三角定規を錘の下から當てがひかくして懸垂點から錘の下端までの距離を測る。錘の直径はカリパーにて測る。

回	時刻
0	t_0
20	t_{20}
40	t_{40}
60	t_{60}

計算 針金の質量を無視すれば

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{k^2 + h^2}{gh}}$$

依つて

$$g = \frac{4\pi^2(k^2 + h^2)}{hT^2}$$

茲に $h = l - R$, $k^2 = \frac{2}{5}R^2$.

理論 懸垂刃の質量を m_1 , 懸垂點の周りの廻轉半径を k_1 , 懸垂點から質心までの距離を h_1 とし, 懸垂刃を除きたる振動部のそれを m_2, k_2, h_2 とする。刃のみの週期を T_1 , 他の振動部のみの週期を T_2 , 全装置の週期を T とすれば

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{k_1^2}{h_1 g}}, \quad T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{k_2^2}{h_2 g}}, \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m_1 k_1^2 + m_2 k_2^2}{(m_1 h_1 + m_2 h_2) g}}$$

$T_1 = T_2$ のときには $\frac{k_1^2}{h_1} = \frac{k_2^2}{h_2}$, 従つて $T = 2\pi \sqrt{\frac{k_2^2}{h_2 g}} = T_2$. 即ち刃の質量は週期に無関係である。

実験 11. 水銀晴雨計にて大氣壓の測定

操作 I. 零點の調整. 晴雨計を鉛直に懸垂する。それには晴雨計の下端を締め付けて居る三本のネジ P を緩めて晴雨計を自由に懸垂させる。懸垂部は前後左右に振動し得る装置になつて居るから、晴雨計は鉛直の位置を取つて静止する。依つて三本のネジでその位置を固定する。次にネジ T を捻つて槽内の水銀面を象牙製の針の尖端に觸れしめる。晴雨計の尺度はこの針の尖端を零點として目盛されてある。水銀面が丁度針の尖端に觸れたことを確めるには、始め水銀面を下げ針と水銀面との間隙を通して後ろの板に貼り付けてある白きセルロイド板



を注視する。水銀面を徐々に上げて間隙が丁度無くなつた所で止める。なほ水銀面が針の尖端のために窪みを生じて居ないことを確める。これにて零點の調整が終る。

2. 水銀柱頭の読み。頭部は表面張力のため meniscus を作つて居る。その頂點の読みを取るのである。それには meniscus の頂點を掠めて後ろのセルロイドの白板を注視しながら副尺 V を徐々に下げる。副尺を動かすにはネジ S を捻る。副尺は前後二枚の板から成り、その下縁は同一水平面上に在る。依つて前後兩板の下縁と水銀柱頭の頂點とが同一視線に來た所で副尺を止めれば、その読みは直ちに晴雨計の水銀柱の高さ b mm を與へる。この際副尺を下げ過ぎる傾があるから、一旦読みを取つた後、副尺を極めて僅か上げてセルロイドの白板が將に見えた所で副尺の読みを取り、次に副尺を僅か下げて白板が將に隠れた所で副尺の読みを取る。二つの読みの差を次第に縮めてそれが副尺にて測り得る最小目盛以下になれば正しい位置を求め得たものとする。

温度更正 晴雨計附屬の寒暖計にて温度 t を讀む。水銀の體膨脹係數を $\alpha=0.000182$ 、尺度(晴雨計の保護器を兼ねる眞鍮管)の線膨脹係數を $\beta=0.000019$ とすれば、 0° に更正した大氣壓の値は

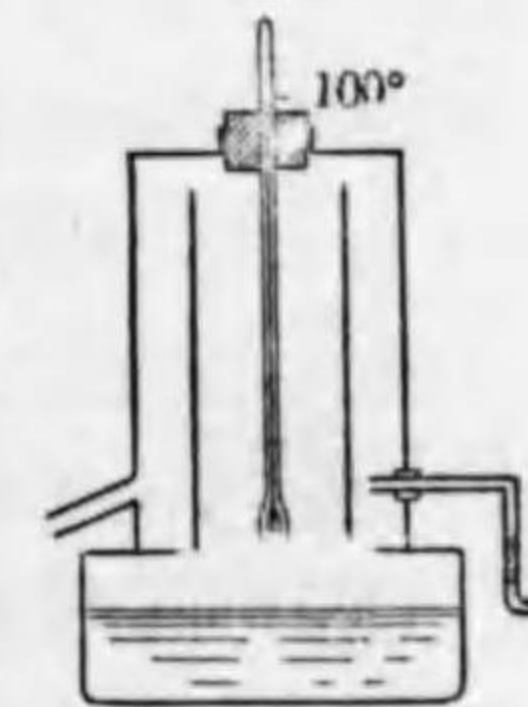
$$\begin{aligned} b_0 &= b\{1 - (\alpha - \beta)t\} \\ &= b(1 - 0.000163t) \text{ mm, 水銀柱.} \end{aligned}$$

實驗 12. 寒暖計の定點の檢定

1. 氷點の檢定。氷を細かく削りて氷點檢定器に充たす。一旦清水を注ぎて下のカランから流出せしめる。これは氷の細末の間に在る空所を水にて充たすため、空所があれば氷の蒸發のため温度の下降を來たす。硝子棒にて器の中央に孔を開けて寒暖計を挿入し、零度の目盛の附近まで水の細末にて

蔽ふ。カランを開け放しにして置いて融水を絶えず滴下せしめる。寒暖計の水銀の下降が大體停止せるを確めた後、更に約 5 分後に水銀の移動なきを確めてその読みを取る。虫眼鏡を用ひて水銀線の頭部の読みを最小目盛の $\frac{1}{10}$ まで正確に讀む。その際視差を避けるやうに注意する。

2. 沸點の檢定。沸點檢定器の下部に水を八分目程入れ、コルク栓に寒暖計を挿し、 100° の目盛が僅かに栓上に露出するやうにし、且つ寒暖計の球部は器内の水面から相當に離れて居るやうにする。器に附屬せる測壓計に水を入れ、兩脚の水面が同一水平面を爲すことを確める。容器内の水を熱する。盛に水蒸氣を發するやうになれば水銀線の頭部を觀察し、その移動が止みて後 5 分を経て頭部の読みを取る。測壓計に紙尺を當てがひ、兩脚の高さの差 h mm を測る。加熱を止めて後晴雨計にて大氣壓 b を測る。



零度に更正した大氣壓の値を b_0 mm、測壓計の示す壓力 h を水銀柱に換算したものを $p\left(=\frac{h}{13.6}\right)$ mm とすれば、沸騰水より發する水蒸氣の温度は $b_0 + p$ mm を飽和壓とする水蒸氣の温度に等しい。この値は卷末の飽和壓の表から求める。

3. 補正曲線。横軸に寒暖計に刻みある温度の目盛を取り、縦軸に補正值を取る。補正值とは觀測値に加へて正值を得べき數である。この實驗では補正值は氷點及び沸點の二ヶ所の値を得ただけであるから、その二つの値に相當する點を求め、これを直線にて連結し、この直線を以て補正曲線とする。

注意 1. 寒暖計は使用せざるときは必ず筒の内に入れ置き、決して裸のままにて机上に置かぬこと。

2. 寒暖計にて水をかき廻し或は氷屑に孔をあける等の如く總て寒暖計に硝子棒の代用をさせぬこと。

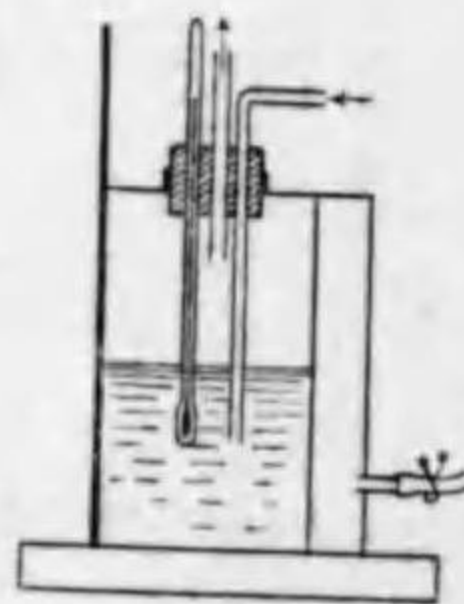
3. 寒暖計は使用の始めに最高目盛を檢し置き、加熱温度がそれを超過せぬやう注

意すること。

4. 沸點檢定器内の水が沸騰し盡きざるやう注意すること。水が無くなれば器内の温度急昇して寒暖計は破壊する。

實驗 13. 露點計にて湿度の測定

操作 先づ露點計の二重壁内の空氣を吸ひ出す。次に器内にエーテルを半ば入れ寒暖計の球部をエーテル液内に挿し込む。次にエーテル内に靜かに氣流を送りて磨きたる金屬面を注視する。金屬面に露を生じたのを認めたならば直ちに氣流を送ることを止めて寒暖計の大略の讀みを取る。そのまま暫らく放置して露の消滅せるを認めたならば再び氣流を送る。但し今回は氣流を極めて靜かに送る。露の生じた瞬間の寒暖計の讀み t_1 を精密に取る。そのまま放置して露の消えたときの讀み t_2 を取る。 $t_1 \sim t_2$ の差が 0.5° 以内になるやうにして三回繰返へして測定し、その平均を t° とする。



氣温 T° を觀測する。表によりて t° 及び T° に對する水蒸氣の飽和壓 p 及び P を求めて湿度を得る。

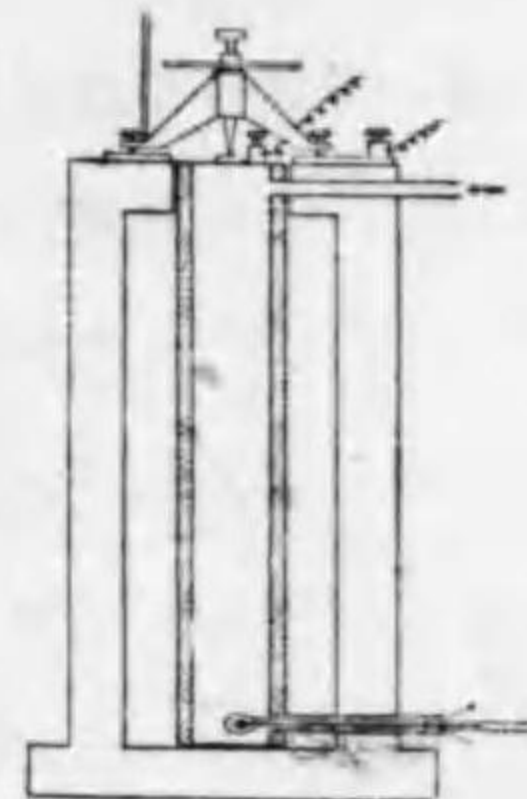
$$\text{湿度} = \frac{p}{P} \times 100\%$$

實驗 14. 固體の線膨脹係數の測定

裝置 眞鍮の線膨脹係數を測定する。管狀の眞鍮棒を用ひ、上下に側管を附して水蒸氣の出入口とする。下の側管には寒暖計を挿入する。眞鍮棒は石綿にて包み針金にて捲き、木の枠にて支へて直立せしめる。眞鍮棒の伸びを測るには球指を用ひる。球指の中央脚の接觸を確めるには電氣的接觸の法に

依る。

操作 先づ室温に於ける棒の長さ l を物指にて測り、棒の温度 t_1 を挿入せる寒暖計にて測る。次に球指の零點の讀みを取る。それには木の枠の上面に中央に孔を明けた銅板を載せ、その上に球指の三脚を載せる。銅板の上面は略ぼ眞鍮棒の上端面と同一水平を保たしめる。眞鍮棒と銅板とを針金にて電池及び電流計に連絡する。始め球指の中央脚を上げて置いた後、



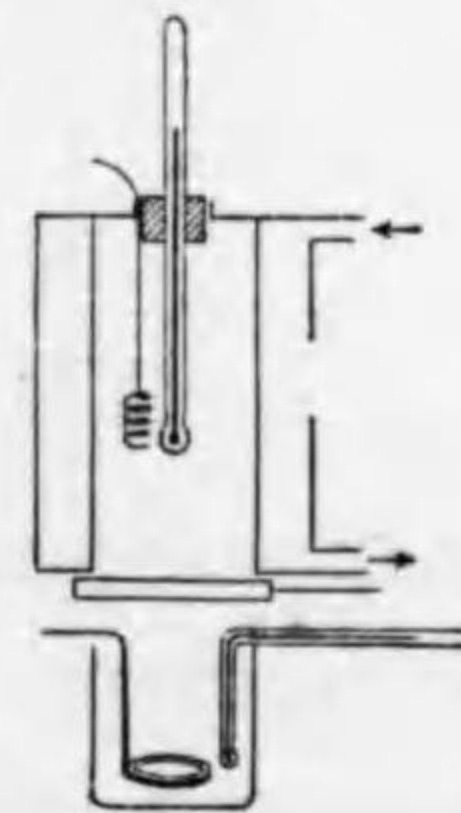
これを徐々に捻ぢ下げる。中央脚の尖端が眞鍮棒に觸れるときは電池の輪道は閉ぢて電流計の針は動く。依つてそのときの球指の讀み n_0 を取る。讀み取り終れば直ちにツマミを二回ほど廻はして中央脚を引き上げ置く。これは眞鍮棒の膨脹の餘地を明けるためである。

次に上方の側管から 100° の水蒸氣を通して眞鍮棒を熱する。寒暖計の温度が十分上昇して定常となりたるを確めてその温度 t_2 を讀む。球指にて棒の延長に相當する讀み n を取る。棒の伸びは $\Delta l = n - n_0$ 。

$$\text{線膨脹係數} \quad \alpha = \frac{\Delta l}{l(t_2 - t_1)}$$

實驗 15. 混合法によりて固體の比熱測定

操作 1. 銅の比重を測定する。測定すべき銅片として銅線約 50 gr を束ねたものを取る。egr まで測り得る簡易天秤にてその質量を秤量する。次に銅片に糸を附して加熱器の中ほどに吊す。加熱器に寒暖計を挿入し、コルク栓にて密閉する。寒暖計の球部は銅片と略ぼ同じ高さに在るやうにする。 100° の水蒸氣を通じて加熱する。加熱の間の時間を利用して次の測定を



行ふ。

2. 熱量計の水當量. 熱量計の容器を附屬の寒暖計, 攪拌器と共に秤量する (W). 次に熱量計内に水を七分目ほど入れて秤量する (W_1). その差 $W_1 - W = m'$ は水の質量である. 水の温度 t' を測る. 次に刻度圓筒に 70° 位の湯を前の水の $\frac{1}{3}$ 位取り, その温度 t を測りて後, 手早く熱量計内に注ぎ, 攪拌器にて水をかき混ぜ, 温度が一定になつたのを確めて混合後の温度 T を読む. 更に熱量計全部を秤量する (W_2). $W_2 - W_1 = m$ は加へた湯の質量である. 熱量計の水當量を w とすれば

$$m(t - T) = (m' + w)(T - t')$$

$$\therefore w = \frac{m(t - T)}{T - t'} - m'$$

3. 比熱の測定. 前の通り熱量計に七分目ほど水を入れて秤量する. 水の質量は $m = W_1 - W$ (前と同一の記號を使用する). 加熱器の寒暖計の示す温度が一定となつたならばその温度 t を読み, 熱量計を加熱器の下に持來たし, 熱量計の温度 t' を読んで後, 加熱器の底を開き手早く銅片を熱量計内に落す. 熱量計を引き出し, 攪拌器にて水をかき混ぜて混合後の温度 T を測る. 銅片は糸を附けたまゝ靜かに落して熱量計の水が飛散せぬやうに注意する. 最初に秤量した銅片の質量を m とすれば, 銅の比熱 c は

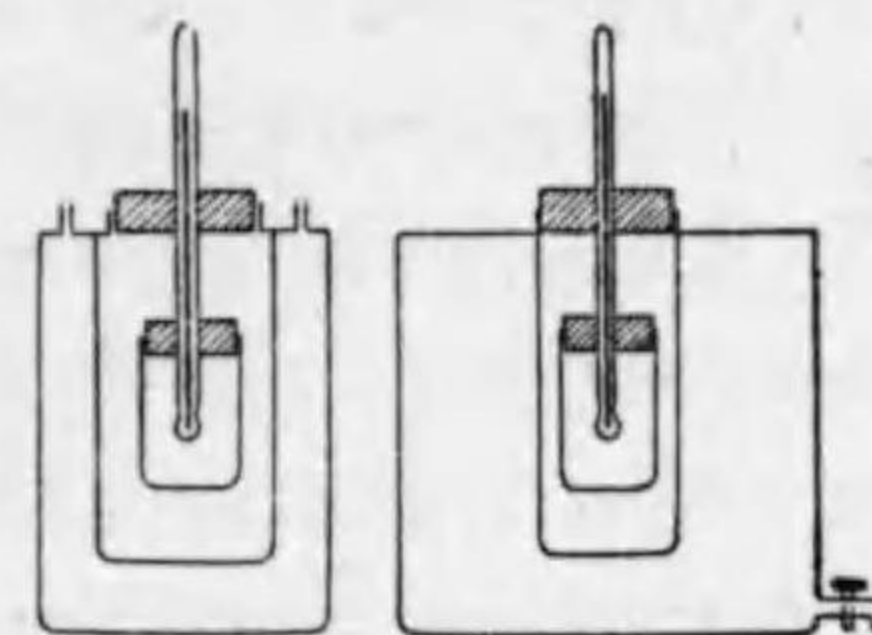
$$cm(t - T) = (m' + w)(T - t')$$

$$\therefore c = \frac{(m' + w)(T - t')}{m(t - T)}$$

實驗 16. 冷却法によりて液體の比熱測定

装置 柏木式装置を用ひる. 熱量計, 加熱器, 冷却器から成る. 熱量計は銅製の有底圓筒で, コルク栓を通して寒暖計を挿入する. 加熱器は二重壁の容器で, 内腔には熱量計を挿入する. それには熱量計の寒暖計を更に加熱器

の cork 栓に挿して熱量計を加熱器の中途に支へる. 外腔には水を入れ, これを熱して熱量計を加熱する. 冷却器もまた二重壁の容器で, 内腔は熱量計を丁度入れ得る位の大きさであつて, 加熱器の cork 栓をそのまま冷却器の栓に利用して熱量計を内腔内に支へる. 内腔の壁は熱量計からの輻射熱を能く吸収するやうに煤煙が塗つてある. 外腔は可なり大なる容量を有する, これに水を入れて恒温槽の役目をさせる.



操作 1. 水の加熱. 熱量計を清水にて洗ひよく乾かし, 寒暖計及び cork 栓を除きて容器だけの質量 m_0 を測る (egr まで). 次に水を七分目ほど入れて秤量し (W'), 水の質量 $W' - m_0 = m'$ を求める. 熱量計に栓を挿し, 寒暖計の球部は器内の水の中ほどに位するやうにして, 熱量計を加熱器の内腔の内に支へる. 加熱器を熱して熱量計の温度が約 70° に達すれば加熱を止めて熱量計を冷却器に挿し込む. 加熱を止めてもなほ暫くは温度が上昇するから目標の温度に達する手前 (3° ほど手前) で加熱を止める. 熱量計を冷却器内に入れるとき側壁に接觸しないやうに注意する.

2. 水の冷却観測. 加熱の間に豫め手帳に次の様式に従ひ 70° から 50° まで 1° 置きに記入して置く, これは冷却の時刻を記入するためである. 熱量計を冷却器内に挿入して寒暖計の温度を観測する. 助手は stop watch を持ちて用意し, 観測者は寒暖計の温度が下降して 70° になつたとき合圖を爲し, 助手は stop watch を起動せしめる. 観測者は其後 $69^\circ, 68^\circ, \dots$ 毎に合圖を爲し, 助手はその都度時刻を手帳に記入する.

冷却ノ表	
温度	時刻
70°	0:00
69°	
68°	
⋮	
52°	
51°	
50°	

3. 測定液の加熱及び冷却. 比熱を測らんとする液グリセリンに就いて前

と同様の操作を行ふ。即ち先づ熱量計内の水を捨て、グリセリンを約七分目入れ、秤量して (W), グリセリンの質量 $W - m_0 = m$ を求め、次に約 70° に加熱し、次に冷却の時刻を観測する。

4. 熱量計の水當量。これは計算上求める。熱量計(銅)の質量を m' gr(これは既に求めてある), 比熱を 0.093 とすればその熱容量は $0.093 m'$ 。次に寒暖計の方は 1 cm^3 に就ての体積比熱が幸ひ水銀と硝子とにつき略ぼ相等しく 0.45 であるから、体積を測りて熱容量を求める。それには寒暖計の頸部のコルク栓の下面に當る所に豫め鉛筆にて印しを付け置き、コルク栓を上方にづらし、寒暖計を刻度圓筒 (0.1 c.c. まで目盛せるもの) の水の内に挿し込む。圓筒内の水面が始めの位置から寒暖計の頸部の印しの所まで上昇した高さを観測して、寒暖計の體積 $v \text{ cm}^3$ を求める。依つて寒暖計の熱容量は $0.45 v$ 。かくして熱量計の水當量は

$$w = 0.093 m' + 0.45 v.$$

計算 冷却の法則。一物體の冷却の速さ(單位時間に失ふ熱量)は周圍との溫度差に比例する。この實驗では冷却する物體は熱量計であるからその内容が異なるも冷却の速さは異なる。而して冷却器の溫度は不變と見做し得るから、熱量計の二つの溫度間に於ける單位時間の放熱量は二つの液に就いて相等しい。依つて水及びグリセリンに就いて熱量計が t_1° から t_2° まで冷却するに要した時間を T' 秒及び T 秒とすれば 1 秒間の放熱量は

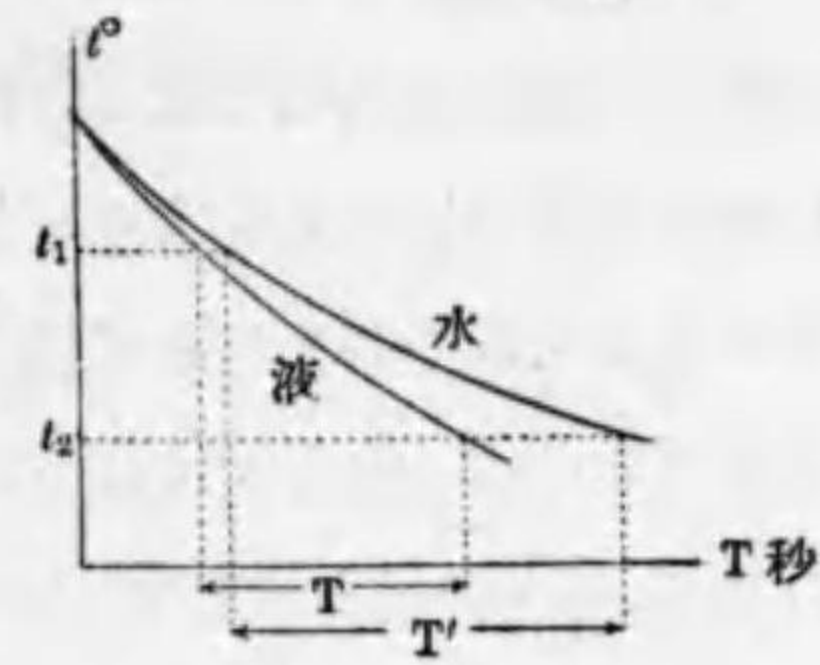
$$\frac{(cm+w)(t_1-t_2)}{T} = \frac{(m'+w)(t_1-t_2)}{T'}$$

$$\therefore c = \frac{m'+w}{m} \frac{T}{T'} - \frac{w}{m}$$

冷却の表により $t_1 = 70^\circ$, $t_2 = 55^\circ$ 及び $t_1 = 65^\circ$, $t_2 = 50^\circ$ につき c の値を求めて平均する。

曲線 方眼紙上にて横軸に時間、縦軸に溫度を取り、冷却の表により水及

びグリセリンに就き相對應する溫度と時刻とに相當する座標點を取る。それ等の點の間を通る滑かな曲線を引く。これが冷却曲線である。 t_1, t_2 に相當する横線を引き、それが曲線と會した點から縦線を引いて圖上にて T, T' を求め、それから c を計算することが出来る。曲線を用ひれば筒々の観測に於ける不規則の誤差を平均することゝなる。



實驗 17. Kundt の方法によりて固體中の音速及び Young 率の測定

装置 兩端の開いた硝子管を暖めてよく内部を乾かし、管の一端をコルク片にて閉ぢ、管内に少量の乾いた石松子の粉を入れる。粉は極めて少量が宜い、管長に沿ひて管壁が粉にて薄く蔽はれる程度にする。硝子管を金具にて机上に水平に取り付ける。測らんとする固體(硝子棒)の一端に厚紙の小圓盤を封蠟にて貼付ける。硝子棒を締め金にて中央を固定して水平に置き、その一端の厚紙圓盤にて硝子管の開端を塞ぐ。管が冷えて常溫となつてから實驗を始める。

操作 アルコールで潤した布で硝子棒を摩りて縦振動を起させる。それには先づ布を棒の中程締め金の附近に當て、親指と食指及び中指とにて緩く布を挟み、棒に沿ひて布を滑らし、棒の半長の $\frac{1}{3}$ 頃までは次第に強く挟み、こゝで力を抜いて棒の端まで摩る。その發する音は低いなだらかな調子が宜い、餘り強く摩ると陪音が出て音が鋭くなる。棒は正しく中央を固定することが必要である。棒は緊かり固定し、摩る際固定點が棒の中央から移動しな

いやうにする。

硝子棒を鳴らしながら硝子管を進退せしめると管内空気柱の長さが適當となれば空気柱は共鳴を起し、石松子の粉は盛に振動し、縞を作りて並列する。縞は定常波の腹の所に當る。餘り強く硝子棒を振動させると縞は崩れて粉は節に當る所に小高くなりて集まる、これは宜しくない。縞は少くとも 6 個生ぜしめる。硝子管を紙尺の上に當てがひ、縞の中央の讀みを取る。之を $n_0, n_1, n_2, n_3, n_4, n_5$ とすれば二つの相隣れる縞の間の間隔は

$$l = \frac{1}{9} \{ (n_3 - n_0) + (n_4 - n_1) + (n_5 - n_2) \}$$

であつて、これが空気柱の定常波の半波長に等しい。

次に管内に寒暖計を挿入して空気柱の温度 t を測る。次に硝子棒の長さ L を測る。棒の中央は節、兩端は腹であるから、 L は硝子棒の定常波の半波長に等しい。

計算 硝子棒及び空気柱の定常波の振動数は相等しい、これを毎秒 n 回とする。温度 t° に於ける空気中の音速を v 、硝子中の音速を V とする。

$$n = \frac{v}{2l} = \frac{V}{2L}$$

$v = 331 + 0.6t \frac{m}{sec}$ として V を求める。

次に
$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \text{或は} \quad E = \rho V^2$$

より硝子の密度 $\rho = 2.5$ が與へられてあるものとして Young 率 E を求める。

次に同様の實驗を眞鍮棒及び鐵棒に就いて行ひ夫々音速及び Young 率を求める。

實驗 18. 共鳴管にて音波の波長及び振動數測定

1. 波長の測定. 共鳴管と漏斗とをゴム管にて連絡する。漏斗を共鳴管の下底の水準まで下げて漏斗から水を入れる。漏斗を上げて管内の水面が管口から約 10 cm の所にて漏斗を止める。音叉を管口の上に保ち、小槌にて打ち音を發せしめる。音叉を取扱ふ際には音叉の脚(振動部)に手を觸れないやうに注意する。音叉を鳴らしながら徐々に漏斗を下げる。管内の空気柱の長さが適當となれば共鳴により強い音が聞える。そのときの水位の大體の位置を検し置き、次の方法にて精密にその位置を觀測する。即ち強音が聞えたならば直ちにゴム管を指にて押へ、漏斗を少しく上げ、指を緩めて管内の水位を徐々に上昇させる。その際強音を聞いたときの水位の讀み n を取る。そこで再びゴム管を押へ、漏斗を少しく下げ、指を緩めて、水位を徐々に下降させて強音を聞くとときの讀み n' を取り、前の讀みとの平均 n_1 を求める。管に刻める尺度は管口を 0 として目盛してあるから n_1 は共鳴せる空気柱の長さを與へる。

次に管内の水位を n_1 の 3 倍ほど下げるときは再び共鳴を生ずる。そのときの水位 n_2 を前と同様の方法で測る。

共鳴管内の空気柱の振動は開管の振動で、上端は腹、下端は節である。依つて $n_2 - n_1$ は二節間の間隔であるから半波長に等しい、即ち

$$\lambda = 2(n_2 - n_1)$$

2. 管端補正. 管口が正しく腹部と一致すれば $n_1 = \frac{1}{4}\lambda$ であるべき筈なれど、腹部は管口より少しく外に在る。その距離は管の内半径 r に比例する。これを ar と置けば $\lambda = 4(n_1 + ar)$ 。 a を管端補正係數と名づける。

3. 音叉の振動數. 空気中の音速を $v = 331 + 0.6t \frac{m}{sec}$ として次式により

て算出する。

$$\text{振動数 } n = \frac{v}{\lambda}$$

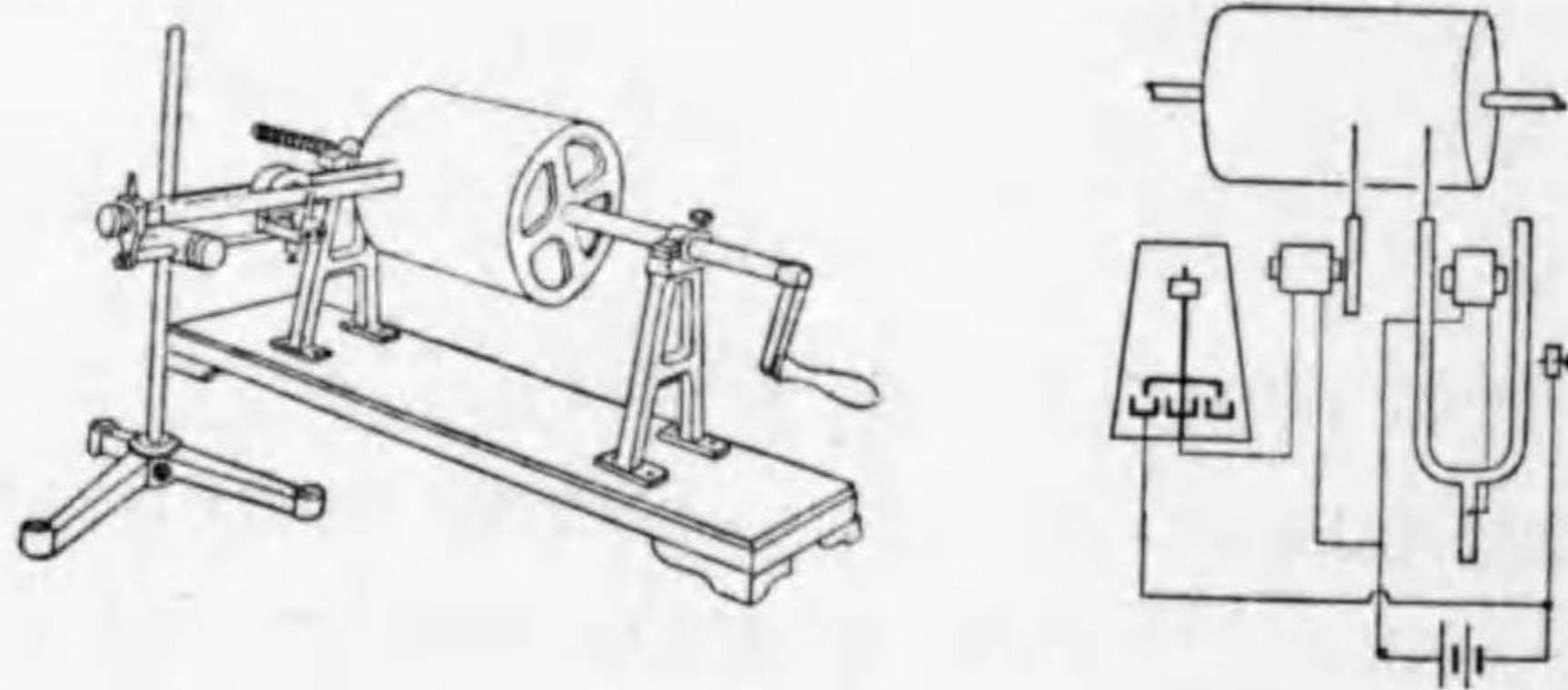
実験 19. 振動記入器にて音叉の振動数測定

装置 振動記入器は螺旋軸を有する圓柱より成る。把手を取りて廻せば圓柱は廻轉すると共に前進する。圓柱に滑かな紙を捲き、縞目を糊付けする。石油ランプにて紙に煤煙を塗る。

測定用音叉は電磁装置によりて自動的に繼續して振動し得る。音叉の一方の脚の端に薄き金屬の舌片が附してある。その尖端を煤紙に當て、振動を記入せしめる。

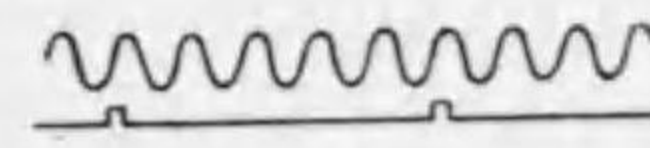
時間測定用として時間記録器を用ひる。小なる電磁石から成り、その補子に薄き金屬の舌片が附けてある。電磁石のコイルに一秒毎に1回短時間の電流を通すれば、補子はその都度電磁石に吸引せられて、舌片は煤紙上に突起を記す。電流の斷續は斷續装置を有する振子時計、chronometer 或は metronome を用ひる。本實驗にては metronome を使用する。

以上の諸器械を圖に示す如く装置する。



操作 音叉を振動せしめながら圓柱を廻すときは、音叉の畫く曲線と時間

記録器の畫く直線とは圖の如く相並びて現はれる。依つて小刀にて煤紙を縞目から切り離し、鉛筆又は針金にて煤紙上に實驗者の氏名を記入した後、ニスを注ぎて煤煙を固定する。



煤紙上にて各1秒間に相當する波の山の數若しくは谷の數を數へ、これを平均して振動數を得る。

空氣中の音速。本實驗によりて音叉の振動數 n を測定し、次にその音叉を用ひて前回の共鳴管の實驗を行ひ、空氣柱の定常波の波長 λ を測定するときは、これより空氣中の音速を求めることを得る。即ち

$$v = n\lambda$$

これは實驗のときの温度 t に於て水蒸氣にて飽和された空氣中の音速である。これを 0° に於ける乾燥せる空氣中の音速 v_0 の値に更正するには次式による。

$$v_t = v_0 \sqrt{1 + 0.004t}$$

従つて

$$v_0 = v_t (1 - 0.002t)$$

乾燥せる空氣にては $v_t = \sqrt{\gamma \frac{p}{\rho_0} (1 + \alpha t)} = v_0 \sqrt{1 + \alpha t}$, 但し $\gamma = 1.41$, $\alpha = 0.00366$. 濕潤せる空氣にては密度が減少するにより (γ も幾分か減少する), $\alpha = 0.004$ を用ひる。

実験 20. レンズの焦点距離及び曲率半径の測定

I. 凸レンズの焦点距離 レンズ L によりて生ずる光源 P の像を Q とする。焦点距離 f は



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{u+v}{uv}$$

但し $u = LP$, $v = LQ$.

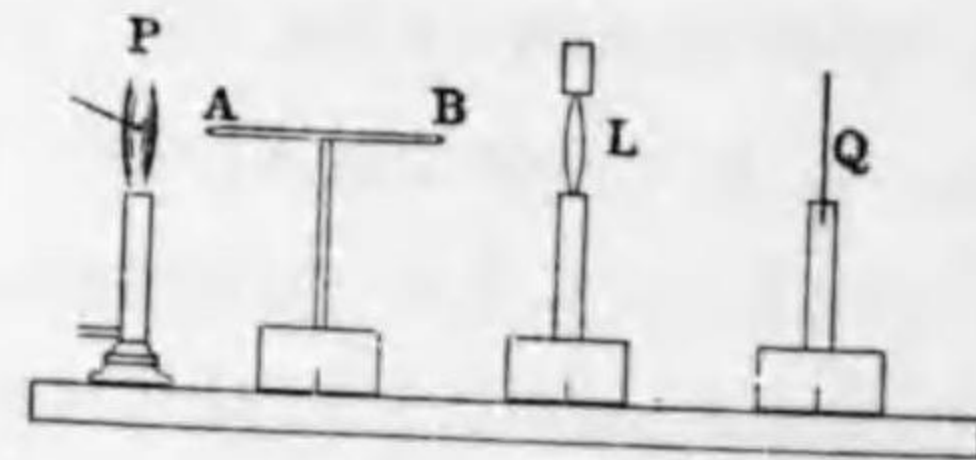
次にレンズを L' の位置に移して再び像を Q に生ぜしめる。 $PQ = D$,

$LL'=d$ とすれば $u=\frac{D-d}{2}$, $v=\frac{D+d}{2}$. 依つて

$$f=\frac{(D-d)(D+d)}{4D}$$

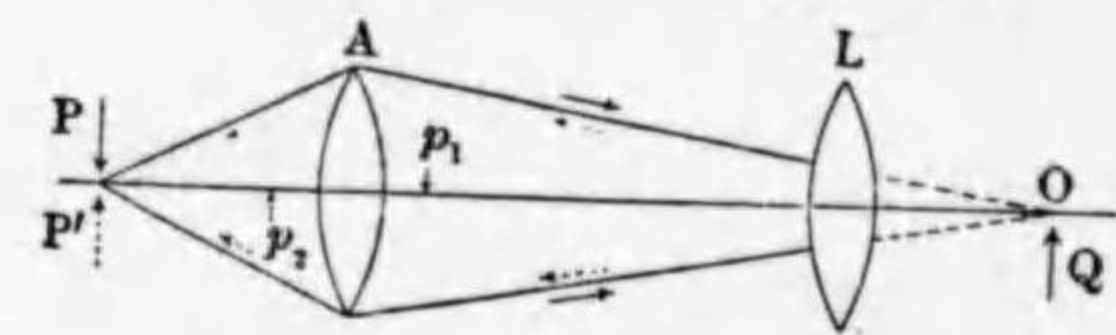
D, d を測るには光學臺を用ひる. 光源には白金線を瓦斯焰で輝かしたものを
用ひ、像を寫す衛立には摺硝子板を用ひる、摺つた面をレンズの方に向
ける. なほ補助尺として金屬棒 AB を用ひる. 豫めその長さ l を測つて置
く. レンズはその縁に二個のコルゲ

片を當てがひ、これを眞鍮の帶金に
て締めてレンズ支臺の直立板の孔の
内に嵌める.



先づレンズを L (前圖) の位置に置
いて像を摺硝子上に結ばしめる. 硝子の滑かな面の方から像を望んで像の精
確な位置を定める. 光學臺の尺度にて L の読み n を取る. 次にレンズを L'
の位置に移して読み n' を取る. $n-n'=d$ である. 次に P, Q 間の距離 D
を測る, それには補助尺 AB を使用する. AB を水平にして先づ A 端を白
金線に當てたときの読み s_1 を取り, 次に B 端を摺硝子に當てたときの読み
 s_2 を取る. $l+s_1-s_2=D$ である.

2. 凸レンズの凸面の曲率半徑 A を補助レンズ, L を測るべきレンズ



とする. A によりて生ずる光
源 P の像を Q とする. L が
A, Q の間にありてその前面
(圖に於て左側) の曲率中心 O

が Q と一致するときは, 光線は L の前面に垂直に當るが故に, 反射光線は
同じ道を復歸して P の位置に等大逆方向の實像 P' を生ずる, 依つてこの
ときの L の前面と Q との距離を測りて曲率半徑を得る.

先づ L を除いて像 Q を生ぜしめてその大體の位置を定める. 次に L を
A, Q の間に置く. A, L 兩レンズの軸を能く一致せしめ, 且つ光源 P を正
しくその共通軸上に置く. レンズの面が廣くないから, この注意を缺くと像
P' は現はれない. また同じ理由で A, L の間隔を小にした方が像は現はれ
易い. 眼を P の前方約 30 cm の距離に置き軸に沿ひて眺めるとレンズ A
の前面の反射にて生じた直立虚像 p_1 及び A の後面の反射にて生じた倒立
實像 p_2 が見える. この二つは P より小さいから容易に P' と識別される.
なほこの外に L の後面で反射して生ずる像が現はれることがある. これは
A, L の間に出来, 光源を動かしてもその位置は餘り變らないから區別がつ
く. 扱て始め Q が O と一致せずして L, O の間に在りとすれば P' は P
よりも A に近い方に生ずる筈である. 依つて P を次第に A に近づけると
Q は次第に O に近づき, 従つて P' は P の附近に於て P と略ぼ等大の倒
立像として現はれて来る. 依つて光源の位置を前後させて P' を P と一致
せしめる. 視差の有無を検してその一致を精密にする. かくして曲率中心 O
は Q の位置と一致したのであるから, 先づ L の位置の読み n_1 を取り, 次
に L を除いて像 Q を生ぜしめてその読み n_2 を取る. 更にレンズの厚さ
 t をカリバーにて測る. 然るときは $\frac{t}{2}+n_1-n_2$ が求める曲率半徑 r である.

兩凸レンズ ($r_1=r_2$ と見做す) を用ひ, レンズの屈折率 μ が既知のもの
として (實驗 25 によりて測定する)

$$\frac{1}{f}=(\mu-1)\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right)$$

によりて f を求め, (1) によりて得た結果と比較する.

3. 凹レンズの焦點距離 先づ補助レンズ A によりて光源 P の像 Q を
生ぜしめる. 次に測るべき凹レンズ L

を A, Q の間に置いて像 Q' を生ぜし
める. この際 A の焦點距離は L の焦



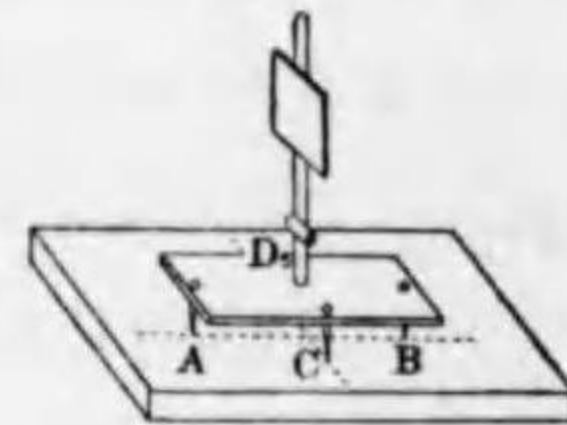
点距離よりも短いことを要する。Q, Q' はレンズ L に対する共軛点であるから

$$-\frac{1}{f} = -\frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

によりて f を得る。但し $u=LQ, v=LQ'$ 。始め Q の読み n_1 を取り、次に L 及び Q' の読み n 及び n_2 を取る。 $n-n_1=u, n-n_2=v$ から f を求める。

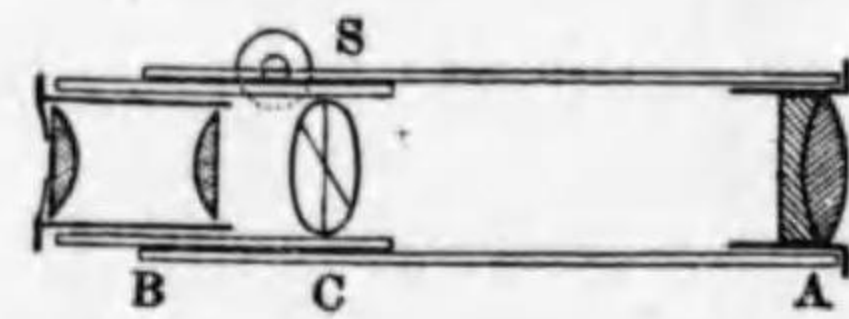
実験 21. 光の挺子にて小なる厚さの測定

装置 光の挺子は小なる金属板の臺に蝶番を有する柱を立て、これに小なる平面鏡を取り付けたものである。臺が傾くときは鏡からの反射光線の方向がフレるから、そのフレの角から臺の傾きの度を知るのである。臺には尖端を有する四つの脚が取り付けられている。丈夫なコンクリート台の上に硝子の厚板を置き、光の挺子を上に乗せる。硝子板には直交二線を墨にて引き、四脚をその上に置いて器械の位置を一定ならしめる。



讀取用望遠鏡の調整 望遠鏡の支柱には直立の尺度が取り付けられている。尺度から發した光線が光の挺子の小鏡に當り反射したのを望遠鏡にて受けて、鏡に映じた尺度の像を望遠鏡にて讀み取る。それには次の順序にて調整を行ふ。先づ望遠鏡は挺子から約 2 米の距離に置く。

調整 1. 望遠鏡を使用する際には必ず先づ十字線を明瞭に見得るやうにする。それには對眼レンズ B を指にて抜き挿して B と十字線 C との距離を調整する。この調整には調節ネジ S は用ひない、S は像を眺めるとき用ひるのである。



對眼レンズのこの位置は實驗を終るまで變更しないやうに注意する。

2. 光の挺子の小鏡の面を大體望遠鏡の視軸に垂直に向ける。
3. 先づ直接肉眼にて小鏡に映する尺度の像を探る。これは望遠鏡にて觀測するとき必ず豫め行ふ操作であつて、最初から望遠鏡を覗いても像は決して見えない。
4. 若し肉眼を左右に移動させて見ても像が現はれなければ、これは鏡が鉛直に對して傾けるためである。よつて鏡の附近に手をかざし、その像を眺めることによりて鏡が何れに傾けるやを確めてこれを直ほす。
5. 尺度の像が見えたならば鏡の向きを直して(附屬のピンセットにて)像の見える眼の位置が大體望遠鏡の附近に在るやうにする。更に望遠鏡を動かしてその視軸を眼の視線と一致せしめる。それには尺度の像を見ながら望遠鏡を視線内に持來たし、鏡筒の上縁に沿ひてすれすれに尺度の像を眺めて筒の向きを視線に平行にすればよい。
6. 次に望遠鏡を覗く。併し望遠鏡は未だ調整してないから尺度の像は見えない。依つて先づ調節ネジ S を捻つて對眼レンズを一杯に引き出し、然る後調節ネジを捻つて徐々に差込む(固より對眼レンズと十字線との距離は不變に保つ)。さすれば先づ小鏡の像が見え始める。尺度の像はまだ見えない。これは鏡に映れる尺度の像は鏡の背後更に遠方に在るからである。依つて更に對眼レンズを差込めば遂に尺度の像が見えるやうになる。

7. 望遠鏡の支柱に取り付けある微動ネジによりて望遠鏡の向きを調整して尺度の像が視野の中央に生ずるやうにし、調節ネジ S によりて尺度の像が正しく十字線と一致して視差の起らないやうにする。

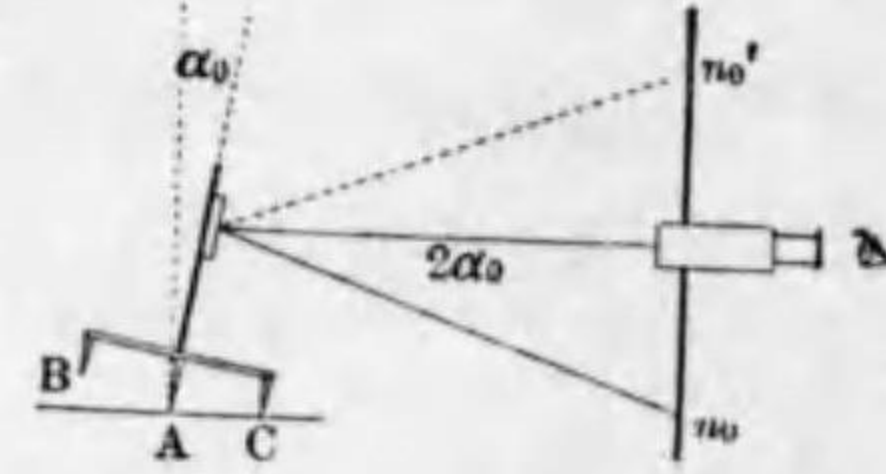
8. 十字線が傾いて居る場合には望遠鏡の筒を廻せば宜い筈なれど、筒は直接廻はすことが出来ないから、支柱に附屬せる水準ネジによりて間接に望遠鏡の筒を幾分か廻して十字線の傾きを直す。

操作 1. 光の挺子の前後の脚 A, B は中央の脚 C, D よりも少しく短か

い. 依つて小なる重りを金属台に載せて先づ前脚 A を硝子板に接せしめて、横十字線と一致する目盛 n_0 を読み取る.

次に後脚 B を硝子板に接せしめて読み n_0' を取る. $n_0 - n_0' = d_0$ とする.

2. 厚さを測るべき薄き物體 (cover glass) を中央脚 C, D の下に置き. 前の



通り, 前脚 A を硝子板に接せしめたときの読み n 及び後脚 B を接せしめたときの読み n' を取る. $n - n' = d$ とする.

3. 中央脚と尺度との距離 D を巻尺にて測る. 次に中央脚と前後脚の一つとの距離 l を測る. 中央脚は前後脚の中央に在るものと見做し前後脚の距離を測りて二等分する. 前後脚の距離は挺子の四脚を厚紙の上に載せて脚の痕跡を作りその間の距離を巻尺度にて測る.

計算 中央脚が前後脚よりも長いことが t_0 であるとすれば

$$t_0 = l \sin \alpha_0,$$

但し α_0 は鏡の傾きの角. 然るに $\alpha_0 = \frac{1}{4} \frac{n_0 - n_0'}{D} = \frac{d_0}{4D}$.

依つて角 α_0 が小なるときは

$$t_0 = \frac{ld_0}{4D}.$$

次に薄き物體の厚さを t とし, これを左右脚の下に置いたときの鏡の傾きの角を α とすれば

$$t + t_0 = l \sin \alpha.$$

然るに $\alpha = \frac{1}{4} \frac{n - n'}{D} = \frac{d}{4D}$. 依つて

$$t = \frac{l}{4D} (d - d_0).$$

小鏡と尺度との距離 D を變じて實驗を二回繰返へして t を求める.

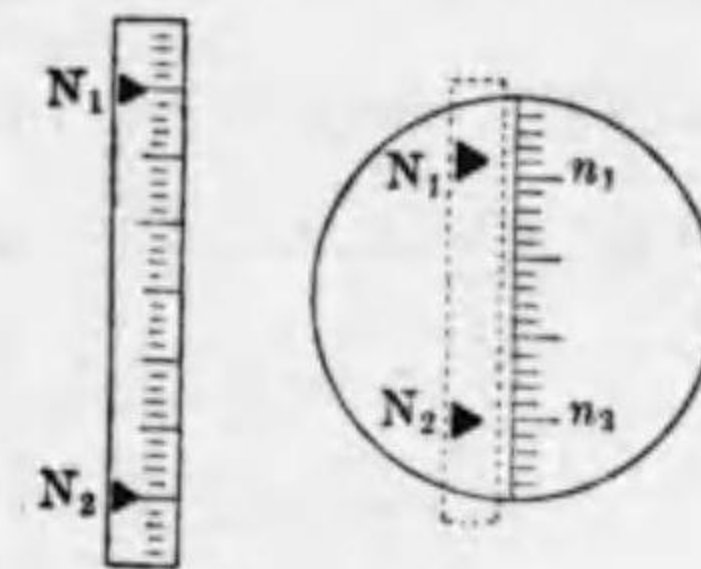
實驗 22. 望遠鏡の倍率の測定

調整 讀取用望遠鏡の倍率を測定する. 望遠鏡を水平に支へ, それより約 5 米の距離に於て尺度を鉛直に立てる. それには mm 目盛の紙尺を實驗室の壁に貼り付ける. 尺度には約 1 米を距て、二ヶ所に赤インキにて指標 N_1 , N_2 を記し置く.

前實驗で説明した方法により望遠鏡を調節する. 即ち先づ十字線を明瞭に見得るやうにし, 次に尺度の像を十字線の位置に生ぜしめる. 尺度の像は縦十字線と一致せしめる.

操作 右眼にて望遠鏡を覗いて尺度の像を見ると同時に, 左眼にて直接に尺度を見る. 然るときは望遠鏡を通して見た廓

大された尺度の像と肉眼にて直接に見た尺度とが相並んで見える. 望遠鏡の方向を調整して, 尺度の像と實物とが相接して見えるやうにする. かくして指標 N_1, N_2 に対する像の目盛 n_1, n_2 を読み取る. 然るときは



$$\text{倍率} = \frac{N_1 - N_2}{n_1 - n_2},$$

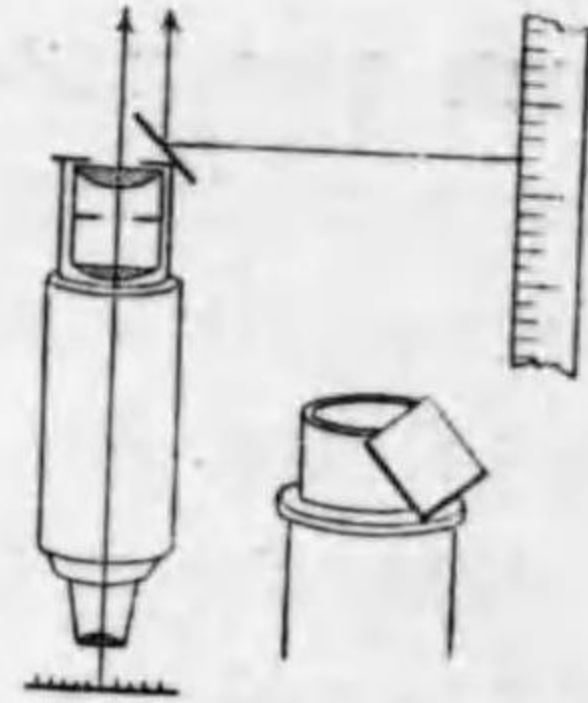
理論 望遠鏡の倍率とは遠距離に在る物體を望遠鏡にて見たときの視角 α と同一物體を直接肉眼にて見たときの視角 β との比 $\frac{\alpha}{\beta}$ である. 實驗に於て望遠鏡から尺度までの距離を D とし, 肉眼にて $n_1 - n_2$ を見たものとすればその視角は $\beta = \frac{n_1 - n_2}{D}$ である. 然るに望遠鏡にては同一物の視角が $\alpha = \frac{N_1 - N_2}{D}$ として現はれる. 依つて上式の結果を得る.

實驗 23. 顯微鏡の倍率の測定

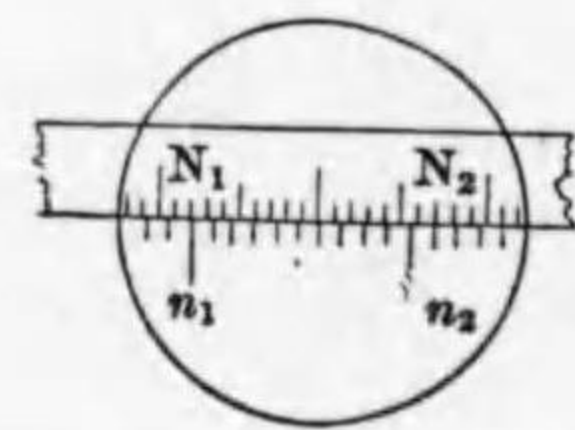
顯微鏡の倍率とは物體の像を明視距離に生ぜしめたときの像の大きさと物體

を明視距離に於て肉眼にて見たときの大さとの比である。

装置 顕微鏡の筒を鉛直に置き、顕微鏡より約 25 cm の距離に於て耗尺度を鉛直に立てる。顕微鏡の對眼部の上に小平面鏡を水平に對し約 45° の傾きに置く。それには顕微鏡の上端に乗り得る金屬環を作り、その縁の一部を 45° の傾きに削いで之に鏡を取り付ける。載物臺に $\frac{1}{100}$ mm 目盛の對物 micrometer を載せる。



操作 先づ顕微鏡を調節して micrometer の像を明瞭に生ぜしめる。micrometer の目盛の刻んである部分を容易に見付け得る爲め目盛を取巻いて數條の圓が刻んである。最初には顕微鏡を上下して micrometer の硝子板面に調節し (硝子面上のキズを目標にするか又は石松子の粉を少しく撒いてこれを目標にして調節する)、次に硝子板を動かせば視野の内に數條の圓弧が現はれて来る。而して後その中央を探れば目盛が現れる。次に小鏡の反射によりて生ずる耗尺度の像を肉眼にて眺める。この際耗尺度の位置を眼より鏡まで及び鏡より尺度までの距離の和が 25 cm であるやうにする。一方の眼にて顕微鏡を通しての micrometer の像と鏡による尺度の像とを同時に眺めながら鏡の向きを調整して二つの像が並列して現はれるやうにする。次に顕微鏡を調節して二つの像の間に視差なきやうにする。然るときは顕微鏡による micrometer の像もまた 25 cm の距離に生じたのである。(二つ像が同一の明視距離に生じたのでなければこれを比較しても無意義である)。



かくして耗尺度の目盛 N_1, N_2 に対する micrometer の目盛 n_1, n_2 を讀む、然るときは $N_1 \sim N_2 = N$ mm 内に micrometer の目盛は $n_1 \sim n_2 = n$ だけ含まれて居ることゝなる。然るに n の方の一區分は $\frac{1}{100}$ mm であるから、顕微鏡によりて

$n \times \frac{1}{100}$ mm が N mm に廓大されたのである。依つて

$$\text{倍率} = \frac{N}{n} \times 100.$$

實驗 24. 顕微鏡にて微小なる物體の長さ測定

操作 1. 載物臺に $\frac{1}{100}$ mm 目盛の對物 micrometer を載せ、顕微鏡の位置を調節して micrometer を明瞭に見得るやうにする。

2. 對眼レンズは Huygens 式であつて二枚のレンズから成る、眼に近い方が eye-lens で遠い方が field-lens である。兩者の中央に stop がある。eye-lens を抜いて、對眼 micrometer を目盛のある面を下にして stop の上に載せ、再び eye-lens を嵌める。eye-lens を嵌めるときには eye-lens 自身の重さで落込ませる、力を加へて押込んではいけない。次に對物 micrometer の向きを直ほして二つの micrometer の像が平行に相重なりて見えるやうにする。對物 micrometer の像が明る過ぎると對眼 micrometer の像が見えないことがある。然るときは集光鏡を調節して視野の明さを適當にして兩 micrometer を同時に見得るやうにする。

3. 對眼 micrometer の一區分の長さを測定する。それには前實驗倍率の測定と同様に對眼 micrometer の N 區分が對物 micrometer の n 區分を含むことを觀測する。然るときは對眼 micrometer の一區分は $\frac{n}{N} \times \frac{1}{100}$ mm に相當する。

4. 對物 micrometer を取り去り、その代りに測らんとする小物體 (毛髪又は絹の纖維) を stage glass に載せ、cover glass にて蔽ひて載物臺に載せる。毛髪の直径が對眼 micrometer の幾區分を蔽ふかを觀測する。これを N' 區分とすれば

$$\text{毛髪の直径} = N' \times \frac{n}{N} \times \frac{1}{100} \text{ mm.}$$

実験 25. 見掛けの厚さによりて屈折率の測定

装置 物体の眞の厚さ及び見掛けの厚さを測るには讀取用顯微鏡を用ひる。この顯微鏡は望遠鏡と同様に對眼レンズは Ramsden 式であつて十字線を備へて居る。水平臺に直立せる目盛柱に沿ひて顯微鏡を上下することを得る。目盛は $\frac{1}{2}$ mm の目が刻みてあり、副尺は本尺の 49 區分を 50 等分し、
から目盛は $\frac{1}{50} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{100}$ mm まで讀取ることを得る。

1. 硝子の屈折率 兩面平行な厚さ約 3 cm の硝子板を用ひる。先づ顯微鏡の水平臺上に墨にて細き標線を引き顯微鏡を上下してこれに調節する。それには先づ對眼レンズを抜き挿しして十字線を明瞭に見得るやうにして後標線の像を望み、視差の有無によりて標線の像が正しく十字線と一致せることを確める。このときの顯微鏡の位置の讀み n を取る。

次に標線上に硝子板を載せる。標線の見掛けの位置は少しく浮き上がる譯であるから、顯微鏡をそれだけ引上げて再び標線の像が見えるやうに調節してその讀み n_1 を取る。次に硝子板の上面に石松子の粉末を少し許り撒いて顯微鏡の位置をそれに調節する。その讀み n_2 を取る。然るときは硝子板の見掛けの厚さは $n_2 - n_1$ 、眞の厚さは $n_2 - n$ 。依つて硝子の屈折率

$$\mu = \frac{n_2 - n}{n_2 - n_1}$$

2. レンズの屈折率 同様の方法によりて凸レンズの屈折率を測定する。これは実験 25 に於て凸レンズの焦點距離を求める際入用なのである。

3. 水の屈折率 液體の場合には小なる容器を用ひる。容器の底には鏤にて標線を刻む。前と同様に容器の空のときの顯微鏡の位置の讀み n 、器内に

水を深さ約 2 cm ほど入れたときの讀み n_1 、及び水面に石松子の粉を撒いて水面の讀み n_2 を取る。然るときは

$$\text{水の屈折率 } \mu = \frac{n_2 - n}{n_2 - n_1}$$

実験 26. 分光器にてスペクトルの観測

構造 分光器は望遠鏡、collimator 及び尺度筒を有し、中央の臺にはプリズムを載せこれを圓筒状の金屬箱にて蔽ふ。collimator、尺度筒及びプリズムは固定してあり、望遠鏡のみが小なる範圍内に於て廻轉し得てスペクトルの各部に對し最小のフレの位置を取り得るやうにする。

調整 collimator を屋外の明るき方に向け細隙を可なり廣くして望遠鏡を覗くと着色したスペクトルが見える。(黒線はまだ見えて居ない)。よつて望遠鏡を調節してスペクトルの輪廓が判きり現はれるやうにする。スペクトルの輪廓は細隙の像が光の分散によつて擴つて出來たものであるから、これが鮮明に見えれば望遠鏡は細隙に對して調節されたのである。

観測 1. 太陽スペクトル 平面鏡を collimator の前に置き直射日光又は天空より來たる光を鏡にて反射させてこれを collimator 内に送込む。屋外は可なり明るきやうなるも、建物、塀、樹木等から反射して來る光は弱いから、直射日光の得られぬときには必ず天空の光を用ひる。

スペクトルを観察しつゝ細隙を次第に狭くするときは遂に黒線が現はれて來る。細隙を極めて狭くするときスペクトル全體に互りて水平の方向に不齊の暗黒線が現はれることがある。これは細隙に附着せる塵埃が細隙の所々を塞いだためか或は細隙の縁が錆びて凹凸を生じたためである。故に細隙は常に清淨に保たなければならない。

黒線が現はれたならば、橙色と黄色との境に見える D 線を基準とし、赤の方に順次に C, B, a, A 線、堇の方に E, b, F, G, H, K 線を探す。曇雨天

のときには赤端 A 線, 莖端 H, K 線は通常見えない. 快晴の日には細隙を極めて細くし, 望遠鏡の調節を精確にすると D 線が D_1, D_2 の二本に分離して見える.

次に尺度筒の前にランプを置いて尺度を照らす. 照らす光は極く弱くして宜い. 然るときはスペクトルの上に尺度の像が重なつて現はれる. 尺度筒を調節して尺度の像がスペクトルの黒線に對し視差を起さないようにし, なほ尺度の目盛線が黒線と平行になるやうにする. 尺度には 0 から 10 まで目盛りであるから尺度の位置を調整して或目盛線例へば目盛線 3 が D 線と一致するやうにする. それには尺度筒の筒先に小ネチがあるからこれを廻して尺度の位置を調整する.

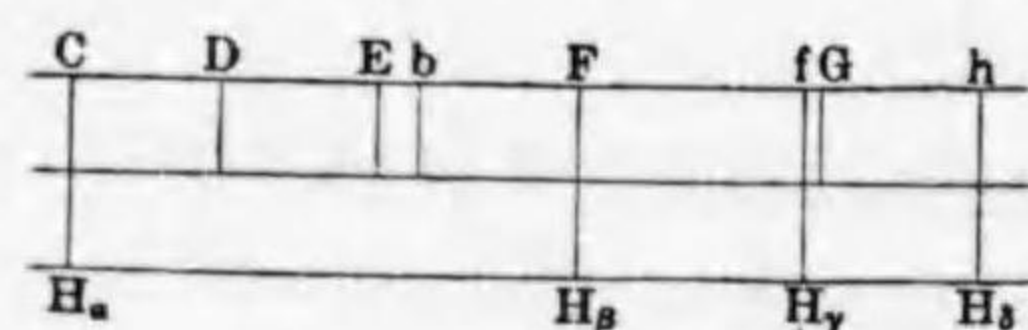
手帳に尺度の圖を畫き, 黒線を觀察して順次にその位置を記入する. この際望遠鏡を少しづつ廻して各黒線が順次に望遠鏡の視野の中央に現はれるやうにして觀測する. スペクトル

の左右兩端は光が弱いから, 細隙を少しく廣くした方が黒線が見易い.



2. 水素のスペクトル 水素瓦斯封入の眞空管の兩極を感應コイルに繋いで眞空放電を行はしめ, その際發する光を分光器にて觀測する. 火花間隙 10 cm 以下の小形の感應コイルを用ひる. 水素のスペクトルは $H_\alpha, H_\beta, H_\gamma, H_\delta$ の四線から成る. 電壓が十分でないときには H_δ は見えないことがある.

3. スペクトルの比較 分光器の細隙の前に比較用プリズムが附屬して居る. これは小なる全反射プリズムであつて, 細隙の下半部だけ蔽ふやうになつて居る. 依つて collimator を水素の眞空管の方に向けてそのスペクトル



線を觀察すると同時に, 太陽光を横から全反射プリズムに當てるときは, 太陽スペクトルと水素スペ

クトルとが上下相重なりて現はれる. 水素の四線を太陽スペクトルの黒線と比較してそのスペクトル圖を畫く.

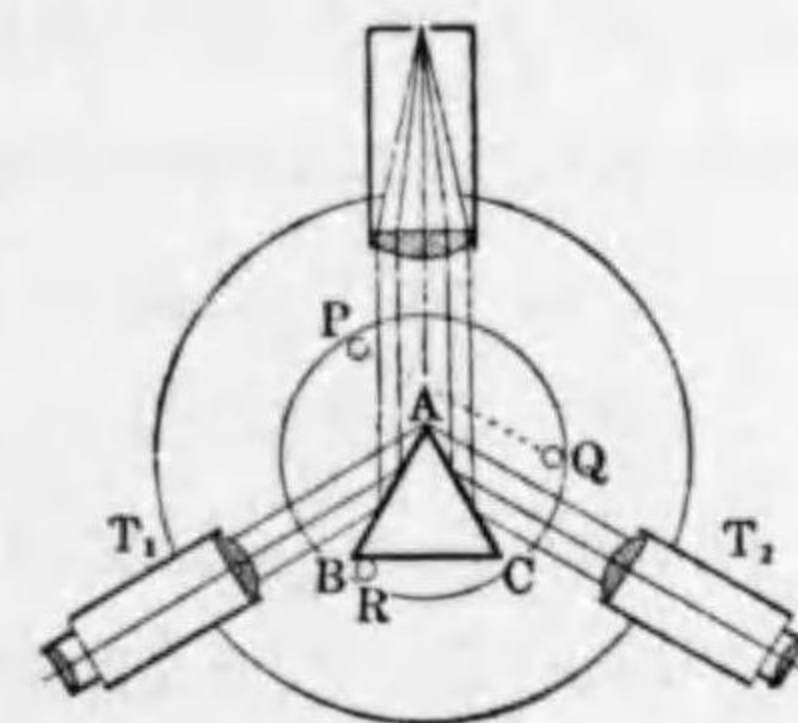
實驗 27. 最小のフレによりてプリズムの屈折率測定

構造 この實驗には簡単な分光計を用ひる. 分光計の構造は大體分光器と同様で望遠鏡及び collimator を有する. 但し尺度筒を缺きその代りに圓盤には目盛が施しありて望遠鏡の廻轉角を測る用をする. 中央には廻轉臺があつてこれにプリズムを載せる. 望遠鏡及び廻轉臺の廻轉軸は目盛圓盤の中心軸と一致して居る.

調整 1. 望遠鏡 十字線を明瞭に見得るやうにして後窓硝子を開きて屋外遠方の景色例へば煙突或は電柱の先端に望遠鏡を調節する. 勿論十字線に對して視差の無きやうにする. これにて望遠鏡は平行光線に對して調整されたのである.

2. Collimator. 望遠鏡を collimator と一直線を爲す位置に持來たして細隙の像を望む. Collimator の筒先部を抜き挿して細隙の像が十字線と一致するやうにする. これにて collimator は平行光線を送り出すやうに調整されたのである. 細隙の像が十字線と一致しないときには collimator の筒先きを廻して細隙の向きを直ぼす.

3. プリズム 暗室内に於て細隙の前に Na 焰を置く. Na 焰は食鹽棒(食鹽を粘土にて固めたもの)を瓦斯焰の酸化焰にて熱して作る. 中央の廻轉臺の上にプリズムを載せる. 廻轉臺は三本の水準ネチ P, Q, R にて支へられる. プリズムの屈折稜を A とすれば, その二つの面 AB, AC の内一面 AB を P, Q を結ぶ直線に垂直



の位置を取るやうに置く。かくすれば稜 A を光線の進路に垂直にする調整を行ふに便利である。即ち先づ望遠鏡を T_1 の位置に置き、AB 面からの反射光線を受けて細隙の像を縦十字線に一致せしめる。ネチ P 或は Q を廻して細隙の像が上下の中央に生ずるやうにする。これにて面 AB は光線の進路に對し垂直となつたのである。次に望遠鏡を T_2 の位置に移し面 AC からの反射光線に就いて同様の調整を行ふ、但し今回はネチ R を廻して面 AC の傾きを直はす。R を廻しても面 AB の傾きは變じないから、これにて AB、AC の二面從つて稜 A が光線の進路に垂直に調整されたのである。

- 注意 1.** プリズムの面は極めて清潔に保つを要する。プリズムを取扱ふには三つの稜を三本の指にて掴む。決してプリズムの面に指を觸れぬこと。またプリズムは軟硝子であるから普通の布でその面を拭くと疵が付く、ガーゼにアルコールを浸ませたもので拭く。
2. プリズムは廻轉臺の中心より少しく外づして置く。プリズムが collimator に近過ぎるとプリズム面からの反射光線が望遠鏡を外づれる。反射光線が成るべく多く望遠鏡内に入るやうな位置にプリズムを置く。
3. 細隙の像を得るには必ず先づ肉眼にて細隙の位置を探し出す。それにはプリズムの反射面を見ながら眼を水平に移動する。すると先づ稜の反射像が見えてその内に collimator の筒口が黒く見える。依つて眼をその附近で少しく左右に動かせば細隙の像を見付けることが出来る。かくして眼をこの位置に保ちて望遠鏡を眼の位置に持來たしてこれを覗けば細隙の像が認められる。
4. 望遠鏡を廻すには望遠鏡の取り付けである枠を持ちて廻はす。望遠鏡の筒を持ちて廻すと望遠鏡の視軸の向きに狂を生ずる。

観測 1. プリズムの角の測定 前の調整に於けると同様に先づ面 AB からの反射によりて生ずる細隙の像を望み、そのときの望遠鏡の位置を副尺によりて圓盤上の目盛にて読み、これを n_1 とする。この際像を探すまでは細隙の幅を廣くし、一旦像を得たならば細隙を成るべく狭くする。視野が暗過ぎて十字線が見え難きときは電燈の光をプリズム面から望遠鏡の筒内に反射

せしめて視野を明るくする。

次に面 AC からの反射光線によりて生ずる細隙の像を望みて望遠鏡の位置の読み n_2 を取る。然るときはプリズムの角 A は

$$A = \frac{1}{2}(n_1 - n_2).$$

但し n_1 と n_2 とが目盛の 0° を跨ぐ場合には小なる読みの方に 360° を加へたものを用ひる。

2. 最小のフレの角の測定 最小のフレの際には光の進路がプリズムに對して對稱であるから大體その見當にプリズムを置く。観測 1 の方法と同様に先づ肉眼にて屈折による細隙の像を探し、然る後望遠鏡をその位置に當てがひて細隙の像を縦十字線に一致せしめる。屈折光線のフレが減ずる方向にプリズムを廻し、細隙の像の移動につれて望遠鏡を廻し、像の移動を望遠鏡にて追ひ掛けて行く。かくして或位置に達すれば、プリズムを何れの方向に廻しても像は常に同一の方向即ちフレの角の増す方向にのみ移動する。これが最小のフレの位置である。その位置に縦十字線を合はせて読み n_1 を取る。

次にプリズムを廻して反對の側に屈折像を生ぜしめ、望遠鏡をそれに當てがひ、最小のフレを観測して読み n_2 を取る。然るときは最小のフレの角 D は

$$D = \frac{1}{2}(n_1 - n_2).$$

3. プリズムの屈折率 A 及び D の値から次式によりプリズムを作る硝子の屈折率 μ を得る。

$$\mu = \frac{\sin \frac{1}{2}(D+A)}{\sin \frac{1}{2}A}.$$

實驗 28. 廻折格子にて Na 光の波長測定

構造 この實驗に用ひる分光計は前實驗に於ける分光計よりも精巧な構造を有する。依つて實驗に先ち分光計を明るき室に持出して豫めその構造を熟知し置くを要する。

望遠鏡、目盛圓盤及び廻轉臺は同一の廻轉軸の周りに廻轉することを得る。

これ等は四個の止

めネチ $S_1, S_2, S_3,$

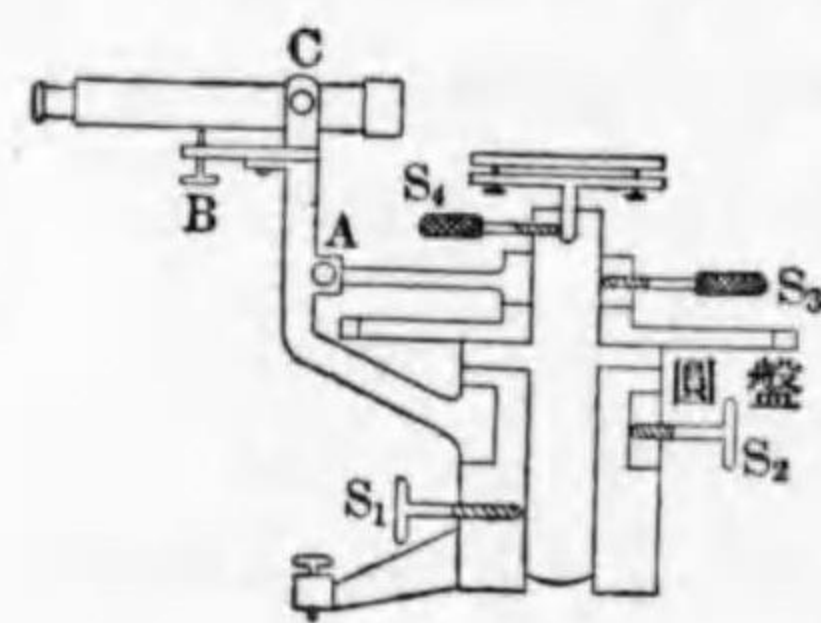
S_4 によりて固定

せられる。ネチ S_1

は目盛圓盤を固定

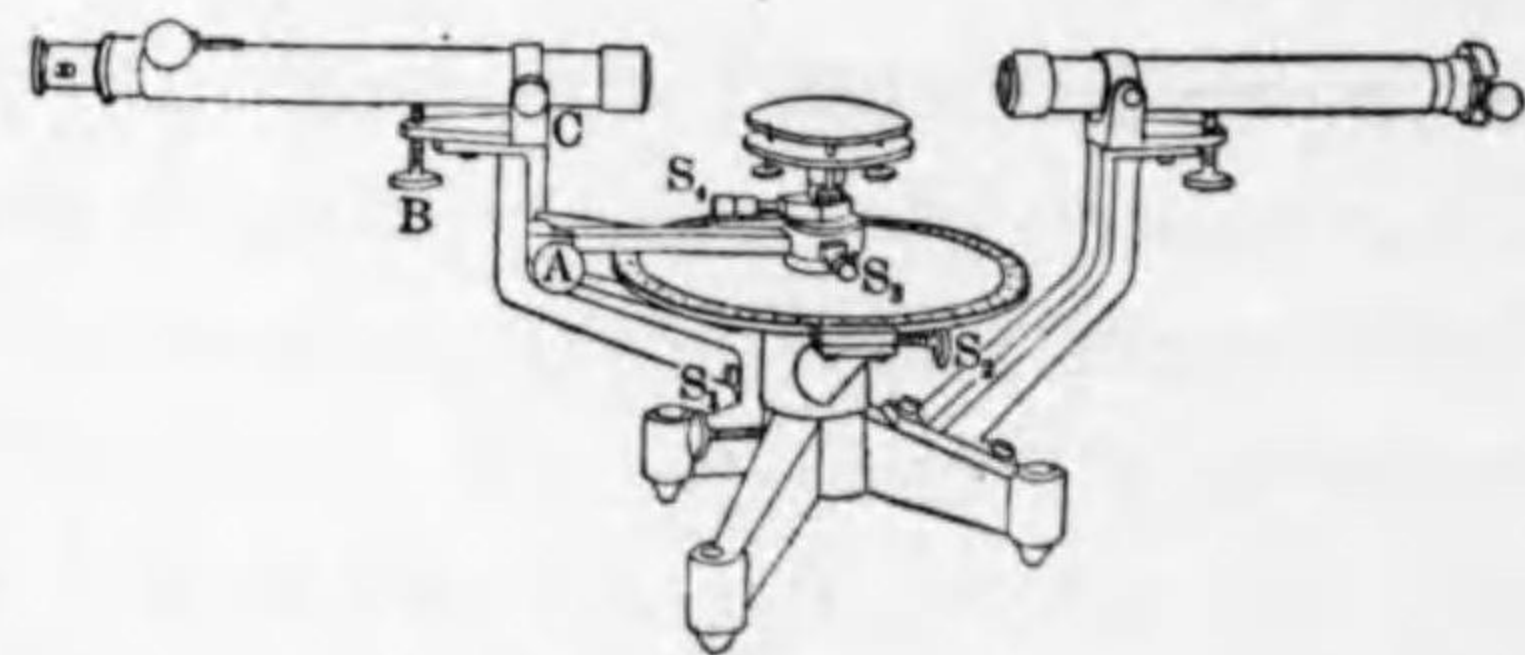
し、 S_2 は望遠鏡を

固定する。 S_3 は圓盤の軸より出づる挺子を圓盤軸に固定し、 S_4 は廻轉臺を圓盤軸に固定する。挺子の一端は望遠鏡の臂金具に喰込み、呼びネチ A にて押へられてゐる。これは望遠鏡又は圓盤の微細調整を行ふときに使用する。



即ち先づ S_3 を締め、次に S_1 を締めて圓盤を固定し、 S_2 を緩めて望遠鏡を自由にした後 A を捻るときは望遠鏡の方向は圓盤に對して微細の移動をする。反對に S_1 を緩め S_2 を締めて A を捻れば圓盤が移動する。

望遠鏡は水準ネチ B と二本の止めネチ C とで臂金具の上に取り付けられる。二本の止めネチの内一本は固定されあり、他の一本だけが締め緩めすることが出来る。望遠鏡を取りはずす場合には後者を緩めて行ひ、望遠鏡を元の位置に取り付ける際にはそのネチを締める。かくすれば望遠鏡の向きに狂ひを起さない。Collimeter もまた同様に二本の止めネチと一本の水準ネチと

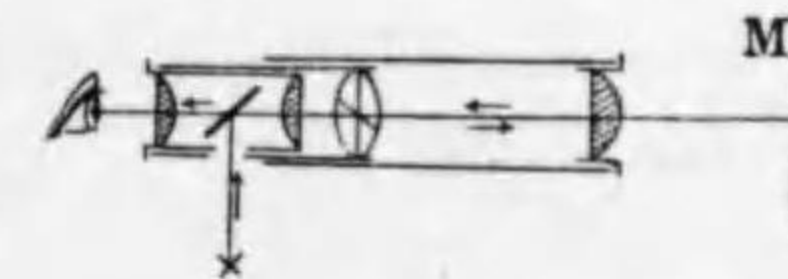


にて支へられてある。

調整 1. 望遠鏡及び collimator を平行光線に調整すること。この調整は明るき室にて行ふ。先づ前實驗の通り十字線を明瞭に見得るやうにする。それには望遠鏡を約 5 米を隔て、室の壁に向け、右眼は十字線を望み、左眼は壁上の標識を見ながら對眼レンズを動かして十字線に合はす。かくすれば平行光線に整調された眼にて十字線を望むことになる。次に望遠鏡を取りはずして遠方の目標に向け平行光線に對して調整した後、望遠鏡を元の位置に取り付ける。これにて望遠鏡の調整は終る。次に望遠鏡を collimator と一直線を爲す位置に廻して細線の像を望み、collimator の筒先に取り付けある部分を抜き挿して細線の像を十字線上に生ぜしめる。然るときは collimator から出て来る光線は平行光線である。

2. 望遠鏡の視軸をその廻轉軸に垂直に調整すること。以下の調整は暗室内に於て行ふ。兩面平行なる硝子板 M を廻轉臺の上に立てる。前實驗と同様に硝子板の面が廻轉臺の二つの水準ネチを結ぶ直線に垂直の位置を取るやうに置く。望遠鏡を硝子板の面に向け、對眼レンズの筒に設けて

ある側孔から光を望遠鏡内に送る。筒内には望遠鏡の視軸に對し 45° の傾きを爲せる硝子板があつて、光はこれに當り反射して視軸の方向に進み、



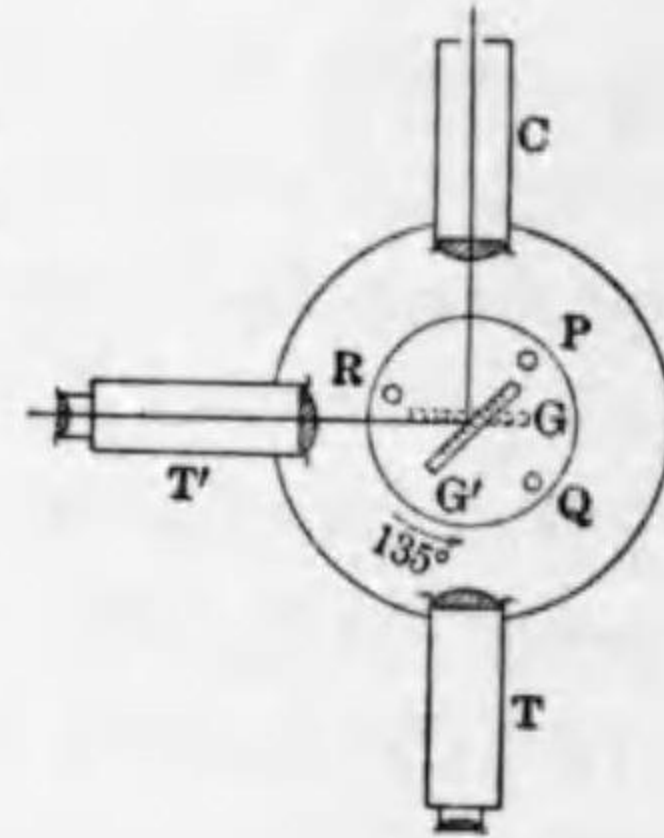
廻轉臺上の硝子板 M に當り、反射して筒内に復歸する。この際十字線は照らされるから反射光線によりその像を自己の場所に生ずる。依つて廻轉臺を少しく廻して M の向きを整へれば十字線の像が現はれる。先づ縦十字線につき實物と像とを一致せしめる。更に M の仰向きを直ほして横十字線を一致せしめる。かくして M は望遠鏡の視軸に垂直に調整されたのである。そこで廻轉臺を固定し、望遠鏡を 180° 廻して M の裏面に就いて前と同様の操作を行ふ。このとき横十字線が實物と像と喰違ひを生じたならば、それは望遠鏡の視軸が廻轉軸に垂直でないためである。依つてその喰違ひの半分は M の仰向きを變へることによりて直ほし、他の半分は望遠鏡の水準ネチを捻つてその仰向きを變へて直ほす。次にまた望遠鏡を 180° 廻して M の前面に就い

て同じ操作を行ふ。かく M の両面につきて交互に横十字線の喰違ひを直ほして行けば遂に何れの面に就いても横十字線が實物と像と全く一致するやうになる。かくして望遠鏡の視軸はその廻轉軸に垂直に調整されたのである。この法を autocollimation の法と云ふ。

3. Collimator の調整. Na 焰にて細隙を照らす。廻轉臺上の硝子板を取り去り、望遠鏡を collimator に向け、調整 1 に於けると同様の方法で細隙の像を十字線上に生ぜしめて、collimator から出る光線が平行光線であることを確める。

次に collimator を支へて居る水準ネヂを捻りて細隙の像を縦十字線上中央の位置に生ぜしめて collimator の仰向きを直ほす。

4. 廻折格子の調整. 廻折格子は格子線のある方の面を望遠鏡に向け、collimator から来る平行光線に垂直に立てるのである。それには先づ望遠鏡を collimator と一直線を爲す位置 T から 90° 廻して T' の位置に持來たし、collimator に垂直の位置を取らしめる。次に廻折格子を廻轉臺上に載せ、格子の面を二つの水準ネヂ P, Q を結ぶ直線に垂直に置く。かくて望遠鏡を覗きながら廻轉臺を徐々に廻すときは、格子面が望遠鏡 T' 及び collimator に對し 45° の角を爲す位置 G' に來れば反射光線によりて細隙の像が現はれる。このとき像の高さが視野の中央でなければネヂ P 或は Q を捻りて像を視野の上下の中央に生ぜしめて格子面の仰向きを正す。かくして格子を G' の位置から矢の方向に 135° 廻して G の位置に持來たせば格子面は collimator に垂直の位置を取る。望遠鏡を T の位置から T' の位置に移すには先づ T の位置に於て副尺の読み n を取り、次に S₁ によりて圓盤を固定し、S₂ 及び S₃ を緩めて望遠鏡を廻し、n+90° の位置まで副尺を



持來たせば宜し。なほ S₃ を締め A によりて微細調整を行ふ。次に格子を G' から G に移すには先づ S₂ を締めて望遠鏡を固定し、S₄ を締めて廻轉臺を圓盤の軸に固定し、S₁ 及び S₃ を緩めて圓盤を自由にした後、n+90°+135° の位置まで圓盤を廻す。更

に S₃ を締め A によりて微細調整を行ふ。これ等の廻轉に要する角度は右の様式に従ひ手帳に記入し計算して求める。暗算にては却つて誤

T の位置	n=125° 12'
	+ 90°
T' の位置	n+90°=215° 12'
	+135°
G の位置	n+90°+135°=350° 12'

りを起し易い。角度の値が 360° を超えるときはこれを引き去りたる値を取る。

上の調整が終れば S₁ S₄ を締めて圓盤及び廻轉臺を固定し、S₂ S₃ を緩めて望遠鏡を自由にして次の観測を行ふ。

廻折格子の調整はまた autocollimation の法によりて行ふことを得る。即ち調整 2 に於ける硝子板 M の代りに廻折格子を用ひ、望遠鏡を T の位置に置いて前々圖に示す方法によりて十字線の反射像が實物と合致するやうにすれば、G は望遠鏡の視軸に垂直に立つこととなる。

観測 Na 光の波長測定. 先づ細隙を十分廣くして肉眼にて廻折格子を通して細隙の中央像を見る。次に眼を水平に保ちながら右側に移動せしめて第一次の廻折像を捜し出す。次に望遠鏡を眼の位置に持來たして細隙の像を視野の中央に生ぜしめる。然る後細隙を出来るだけ細くし、ネヂ S₃ を締め、微細調整によりて縦十字線を細隙の像と一致せしめて望遠鏡の副尺の読みを取る。視野が暗くして十字線が見え悪いときは弱き光を望遠鏡の筒内に入れて視野を明るくする。副尺は二つある。その読みを A, B とする。讀取りが済めば必ず S₃ を緩めて望遠鏡を自由に爲し置く。次に左側の第一次廻折像につき同様の観測を行ひ二つの副尺の読み A', B' を取る。然るときは第一次像の廻折角は $\frac{1}{2}(A \sim A')$ 及び $\frac{1}{2}(B \sim B')$ であるから、その平均値 θ_1 を第一

次廻折角の値とする。格子線の数が 1 cm につき N 本とすれば Na 光の D 線の波長は

$$\lambda = \frac{1}{N} \sin \theta_1,$$

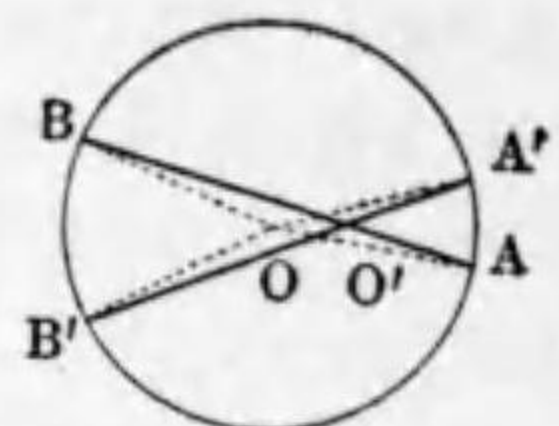
λ は Å 単位の $\frac{1}{10}$ まで求める。

次に第二次の廻折像につき同様の実験を繰返す。そのときの廻折角の平均値を θ_2 とすれば

$$\lambda = \frac{1}{2N} \sin \theta_2.$$

二つの λ の値の平均値を求めて D 線の波長を得る。

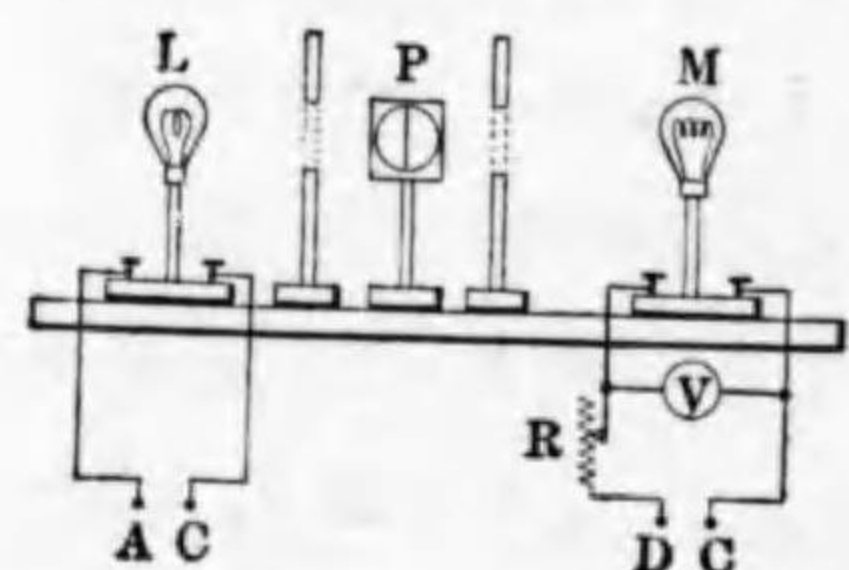
二個の副尺 A, B は 180° の距離に在る。これが二個ある理由は一は読み誤りを防ぐためと、一は望遠鏡の廻轉軸が圓盤の幾何學的中心と一致しないときの誤差補正のためである。圖によつて知れる通り、廻轉中心 O' が圓の中心 O からはづれるときは、望遠鏡の廻轉角は $\angle AO'A'$ $= \angle BO'B'$ であるが副尺の読みは $\angle AOA' \neq \angle BOB'$ である。よつてその平均を取りて廻轉角の値とする。



D 線が D_1, D_2 の二本に分離して見える場合には各線に就いて波長 λ_1, λ_2 を求める、但し長波長の方を D_1 とし、短波長の方を D_2 とする。

実験 29. 光度計にて光度の測定

装置 Joly の光度計を用ひる。目盛せる光學臺の中程に光度計 P を立て、その一方の側に約 30 cm を隔て、光度の知れて居る標準の電球 L を置き、他方に光度を測るべき電球 M を置く。P, L 間及び P, M 間には圓き孔を有する衝立を二枚ほど立て、室の壁等から反射して光度



計に當る光を遮斷する。

操作 1. L は直接 100 volt の交流電源に連結する。M は加減抵抗器 R を經て 100 volt の直流電源に連結する。L 及び M には voltmeter V, V' を繋ぎて端子電壓を測る。L の位置を固定して P, L 間の距離を一定に保ち、V, V' の示度が共に 100 volt なることを確めた後、M を左右に進退せしめて光度計の兩半圓の明るさ相等しき位置を求める。PL=r, PM=r₁ ならば M の光度は

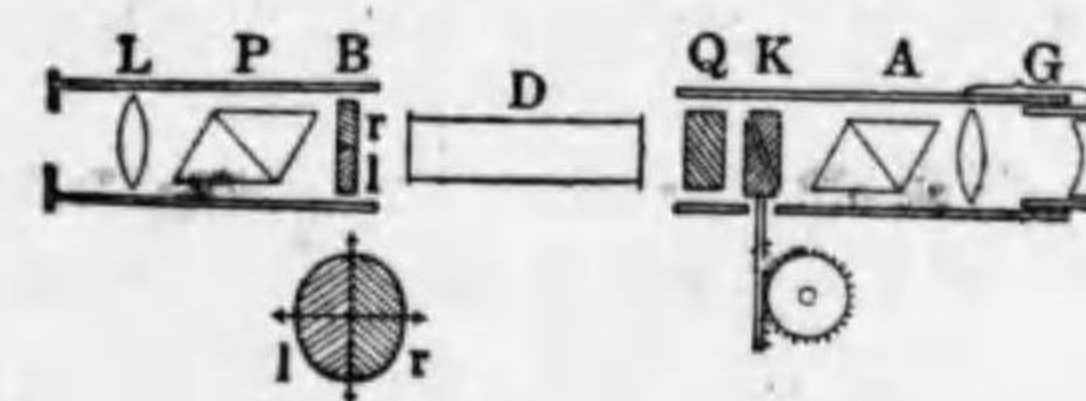
$$M = \frac{r_1^2}{r^2} L.$$

2. M の回路の抵抗を次第に増して V'=100, 95, 90, 85, 80 volt となし、その都度 P の兩半圓の明るさ相等しき M の位置を求める。その際 V の示度は常に一定なることを確める。P, M 間の距離を順次に r₁, r₂, ……r₅ とすれば光度は r₁², ……r₅² に比例する。依つて電壓を横軸に、光度の割合を縦軸に取りて電壓と光度との關係を示す曲線を引く。

実験 30. 偏光計にて蔗糖の純分測定

構造 この實驗に使用する Soleil の偏光計は Na 光の代りに白光を用ひること及び偏光面の廻轉の代りに水晶楔の變位を用ひることを特徴とする。

偏光ニコル P の筒と分解ニコル A の筒とより成り、その間に檢すべき砂糖溶液を入れた管 D を置く。L は光を平行光線にするレンズ。B は雙水晶板と名づけるもので右廻り水晶 r と左廻り水晶 l との半圓板を合せて圓板となせるもの。その境界線を偏光ニコル P の振動面と一致せしめる。境界線は通常上下の方向に置く。雙水晶板の厚さを適當(約 3 mm)



にすれば D 線の振動方向は各々反対の方向に 90° だけ廻轉せられて水平の方向を取る。依つて分解ニコル A の振動面が境界線の方向と一致するときには視野の兩半は等しく D 線を缺くから、光源に白光を用ふれば兩半圓板は同一の色を呈し、その境界が消滅する。Q は右廻り水晶板、K は楔形に切つた二枚の左廻り水晶板。K の一方をむらすことによりて K の厚さを Q の厚さに等しくすれば Q, K の作用は打消し合ふ。D 管に右廻りの活光物質を入れるときは、K の厚さを適當に増すことによりて、D, Q, K の作用を打消させることが出来る。G は Galileo の望遠鏡。

操作 1. 零點の読み。光源には電燈を用ひる。D 管を取りはづし、望遠鏡を覗きてこれを雙水晶 B に調節する。B の兩半は左右異なる色に現はれる。水晶楔 K に附屬せるネヂを捻つて K の厚さを變じて兩半の色を同一ならしめる。兩半の境界が消滅したとき K に附屬せる尺度にて読み n_0 を取る。これが零點の読みである。

2. 器械の常數。尺度の目盛 1 區分に相當する偏光面の廻轉角の値を偏光計の常數と云ふ。純蔗糖の 10% 溶液を長さ 10 cm の D 管に入れたもの（これは調製しあるものを用ひる）を P, A の間に置く。再び K の厚さを調節して B の境界が消滅したときの尺度の読み n を取る。蔗糖の廻轉能（100% 溶液、長さ 1 dm の廻轉角）は $[\alpha]=66.5^\circ$ であるから

$$\text{器械の常數 } c = \frac{[\alpha]}{10(n-n_0)}$$

3. 蔗糖の純分測定。普通の白砂糖約 5 gr を取りて秤量する (mgr まで測り、egr に切上ぐ)。これを m gr とする。これを約 95 c.c. の清水に溶かして $m\%$ の砂糖溶液を作る。よく攪拌して一樣なる溶液となして後長さ 2 dm の D 管に入れる。D 管の口には硝子板の蓋があつてエポナイト帽で止めてある。D 管の口を開けるときには硝子蓋を落さぬやうに、必ず管を鉛直に持ちて帽をネヂはづすのである。管内の氣泡が残らぬやうにするには溶

液を少しく盛り高く入れ、硝子蓋を水平に當てがひて餘分の液を切り取るやうにして蓋をする。

前の通り D 管を P, A 間に置いて觀測し、尺度の読み n' を取る。砂糖 m gr 中の蔗糖を z gr とすれば、この溶液の蔗糖の濃度は

$$\text{濃度} = \frac{n' - n_0}{2(n - n_0)} \times 10 = z\%$$

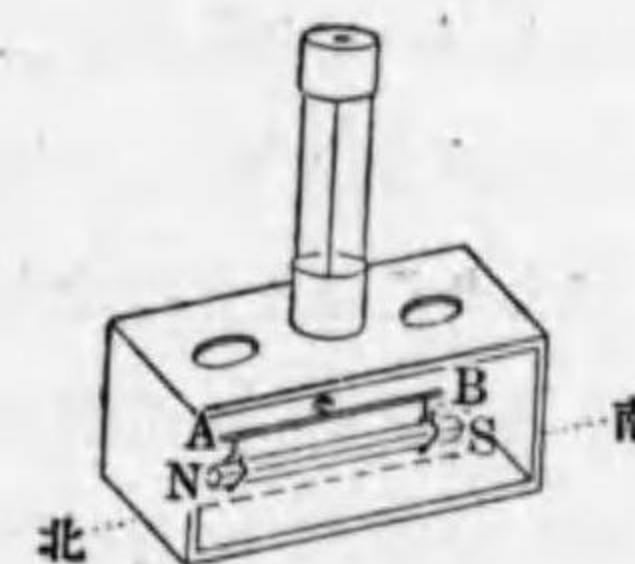
従つて

$$\text{純分} = \frac{z}{m} \times 100\%$$

實驗 31. 水平地磁力 H 及び磁氣能率 M の測定

この測定は HM 及び $\frac{H}{M}$ の測定之二組から成る。

1. 振動磁力計によりて HM の測定。振動磁力計の箱の長邊を南北の方向に向けて据える。磁石を吊す前に吊り糸の振れを除く。それには磁石と略ほ同じ重さの眞輪棒を吊り棒 AB に挿して振らせる。眞輪棒が靜止したならばこれを抜き、磁石の N 極を北に向けて AB に挿し込み水平に吊す。さすれば磁石は徐ろに南北の方向を取つて靜止する。依つて箱の長邊の方向が磁石の方向と一致するやうに箱の向きを整へる。



次に磁石の振動週期の觀測に移る。磁石を振らせるには別の磁石を振動磁石に近づけて釣合の位置から偏せしめる。週期を觀測するには觀測者は箱の上側の孔から窺いて磁石の一端が箱の底に引いて
在る赤線の上を通過する時刻を相圖し、記録者は時計によりてその時刻を記録する。磁石の一端が赤線
を同じ方向に通過する時刻を引續き 10 回 (2n 回)

	分	秒
t_1
t_2		
\vdots		
t_{10}		

観測し、これを前表の如く記録する。これより週期を求めるには次の公式による。

$$T = \{(t_{2n} - t_n) + (t_{2n-1} - t_{n-1}) + \dots + (t_{n+1} - t_1)\} \div n^2$$

振動磁石の慣性能率を I とすれば

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{HM}} \quad \text{依つて} \quad HM = \frac{4\pi^2 I}{T^2}$$

2. フレ磁力計にて $\frac{H}{M}$ の測定。フレ磁力計としては反射磁力計を用ひる。小鏡の裏に小磁針を貼り付けたものを撚りの掛らぬ絹の繊維で吊す。繭を煮てこれをほごして引き出せば撚りの掛らぬ糸を得る。

磁力計の小鏡の面を東或は西に向け（従つて貼付しある小磁針は南北の方向を取る）、その前に光源を置き凸レンズ L によりて細線の針金の像を尺度の上に生ぜしめる。磁力計と光源との距離は1米以上とする。

かくして前に用ひた振動磁石を東西線上 A の位置に置く。然るときは磁力計 M の小鏡はフレルによりそのときの針金の像の読み n を取る。次に磁石をその位置に於て N, S を反対にな

して像の読み n' を取る。 A, M 間の距離 r 及び M と尺度 S との間の距離 d を測る。磁力計の小磁針のフレの角は

$$\varphi = \frac{1}{4} \frac{n - n'}{d}$$

依つて

$$\frac{H}{M} = \frac{2}{r^3 \tan \varphi} = \frac{8d}{r^3 (n - n')}$$

次に磁石を反対の側 A' に置いて距離 r' とフレの角 φ' とを測りて $\frac{H}{M}$

を求め、前の値と平均する。

3. 磁石の慣性能率。質量 m 、長さ l 、幅及び厚さ a なる正方柱體の長さ
に垂直なる中央軸の周りの慣性能率は

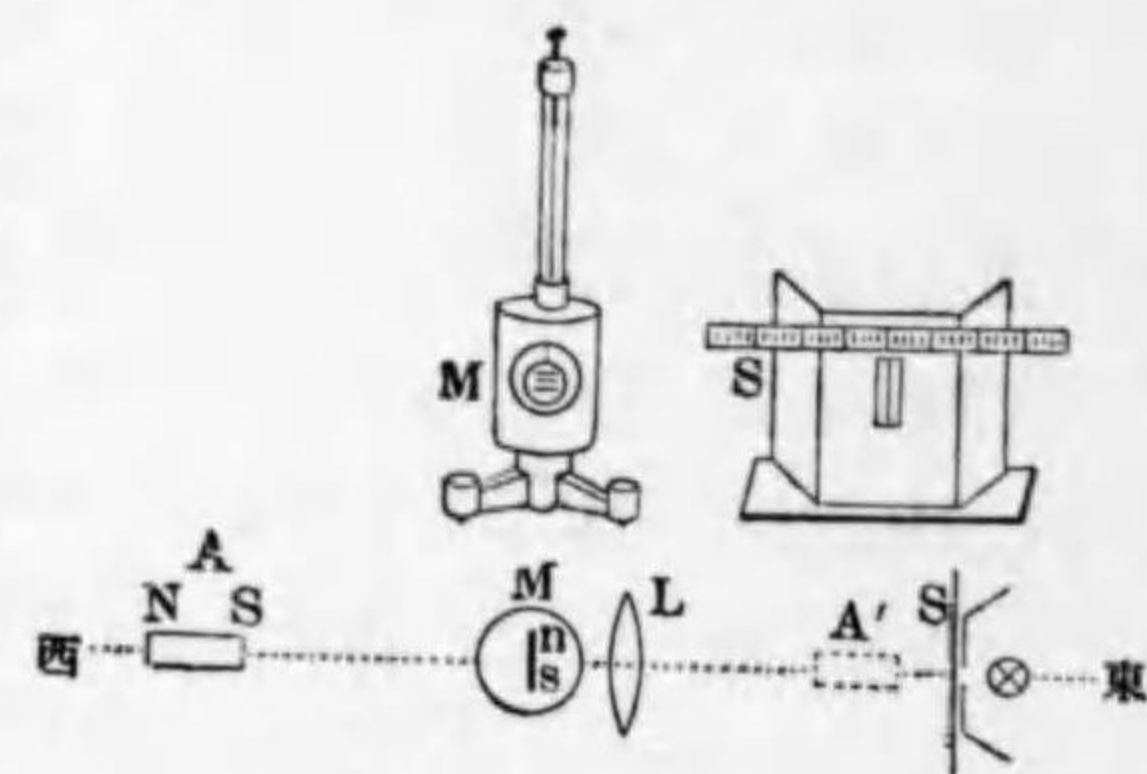
$$I = m \frac{l^2 + a^2}{12}$$

依つて磁石の質量 m 、長さ l を測り、幅及び厚さ a を測りて慣性能率を計算する。

4. 計算 $HM = \frac{4\pi^2 I}{T^2}, \quad \frac{H}{M} = \frac{2}{r^3 \tan \varphi}$

より $H = \sqrt{HM \times \frac{H}{M}}$

及び $M = \sqrt{HM \div \frac{H}{M}}$



電流測定に関する一般の注意

1. 結線. 電路の結線を行ふには先づ結線略圖を畫き、それに従つて器械を連結する。結線が正當なることを確めた上で最後に電池又は電源を連結する。結線を解く場合には最初に電源を除く。

導線の接續部の接觸抵抗は接續が不十分であると可なり大となる。依つて針金の兩端の接續部は清潔にし、錆があれば鍍紙で磨いて後接續する。締めネジは相當強く締め付け、針金を引張つても抜けない程度にする。

2. 抵抗器. 抵抗箱の plug もまた同様に可なり強く挿す。Plug を廻しながら押し込み、plug を掴みて持ち上げても抜けない程度とする。Plug を抜くには廻しながら引き上げる。摺動抵抗器は始めに摺動子を抵抗最大の方に移して後使用する。

3. 電氣計器. 過大の電流を通ずれば發熱の爲め斷線する。通じ得べき最大電流は計器により各々一定の値がある。器計には通常抵抗の値と最大電流の値とが記してあるから、それを超過しないやうに注意する。

4. 電流計. 電流計を使用する際には必ず直列抵抗又は並列抵抗を挿入して電流計を保護する。直列抵抗ならば最初に抵抗を最大に、電流を最小に爲し置き、次第に抵抗を減じて電流を強くする。並列抵抗ならば最初に抵抗を最小に爲し置き、次第に抵抗を増して電流計を通る電流を強くする。

電流計は電流の有無を検する檢流器として用ひる場合が多い。この場合には一瞬間電流を通じ、電流計の指針のフレの向きを検して後直ちに電流を斷つ。電流を通ずる時間が短かければ過熱斷線の心配が少ない。

5. 電流計の種類. 吾々の實驗に使用する電流計はは總て可動コイル型である。これを細別すれば

指針電流計 (軸承式, 懸吊コイル式)

鏡電流計 (懸吊コイル式)

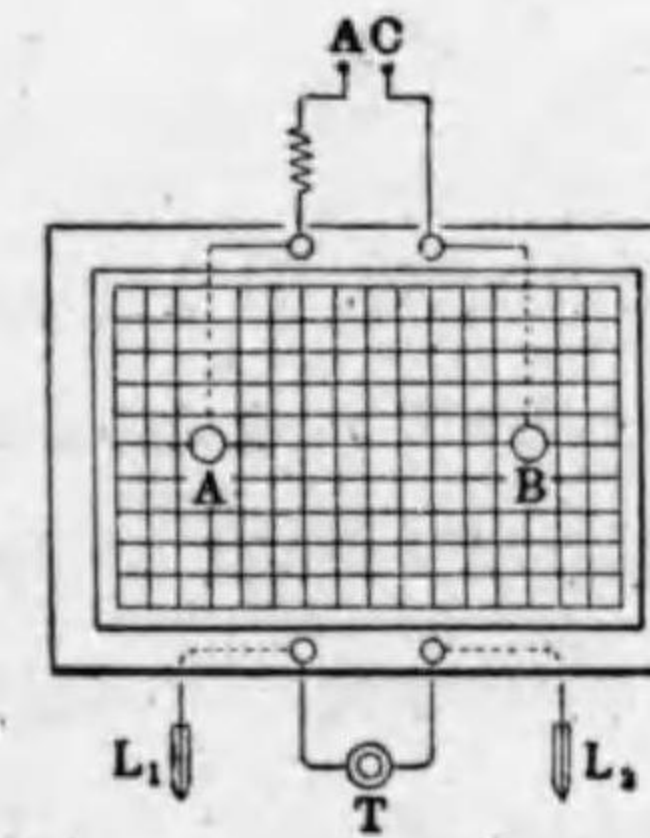
軸承式はコイルの廻轉軸が軸承にて支へられ、懸吊式はコイルが細き彈性針金で吊されて居る。懸吊式では不使用の間はコイルは支持装置で支持されて居り、使用の際に支持をはづしてコイルを自由にする。なほ水準を調整してコイルが場磁石の兩極間で自由に廻轉し得るやうにする。

指針電流計を読み取るには視差を避けるため指針の眞上より見る。目盛盤が平面鏡であれば指針とその像とを一致させて、その視線上の目盛を読む。

鏡電流計の場合には反射磁力計に就いて行つたやうに尺度と細隙とを用ひるランプ尺度法と、光の挺子の場合のやうに尺度と望遠鏡とを用ひる望遠鏡尺度法とがある。前者は暗室を要する代りに場所を要すること少なく、且つ簡単な装置で済む。後者はやゝ廣き場所を要し且つ望遠鏡を必要とする代りに明るき室にて行ひ得る便がある。ランプ尺度法では電流計の鏡には凹面鏡を用ひる。若し平面鏡のときは凸レンズを補助に使用する。望遠鏡尺度法では平面鏡を用ひる。

實驗 32. 等電位線を畫くこと

裝置 30×40 cm² 位の木板の中央 20 cm の間隔に二つの端子 (terminal) A, B を取り付ける。エポナイト板に 20 cm の間隔に二つの孔を明け、木板の上に載せて端子をその孔に嵌める。更に方眼紙に同様二つの孔を明けてその上に重ね、ネジにて端子を締める。兩端子を 100 volt の交流電源に結線する。途中に兩切スキツチ及び高抵抗 (約 100 ohm) を入れる。高抵抗は短絡を防ぐためである。別に電話の戴頭受話器 T と二本の連結試験棒



(testing lead) L_1, L_2 を備へる。試験棒は導線にエポナイトの握りを附したものである。

操作 方眼紙を稀き鹽水にて潤してこれに導性を與へる。受話器を耳に當て、 L_1 の尖端を方眼紙上の一點に當て、 L_2 を他の點に當て、受話器が音を發するや否やを探る。音を發せざる點では L_1, L_2 間に電流通ぜぬ故その二點は等電位である。受話器の音は L_2 を紙に觸れる毎にコトコトと聞えるだけで連続した音ではない。音の聞えぬ場所が一點でなく少しく廣い範圍に互る場合には音が同じ強さで微かに聞える二つの點の中間を取る。

A, B 間を 2 cm 置きに等分して八ヶ所の點 1, 2, ……8 を取り、先づ L_1 を點 1 に當て L_2 にて等電位の點を求め、その點の位置を鉛筆にて記し置く。次に L_1 を順次に 2, 3, …… に移しそれに相當する等電位の點を L_2 にて求める。1 及び 8 の如く端子に近き點の等電位線は彎曲が急であるから等電位點の數を多く求める必要がある。等電位點を求め終ればスイッチを切りて電源を取り去り、端子のネジをはづして方眼紙を取り出し、よく水洗し、乾かした後等電位點を滑かな曲線にて連結して等電位線を引く。

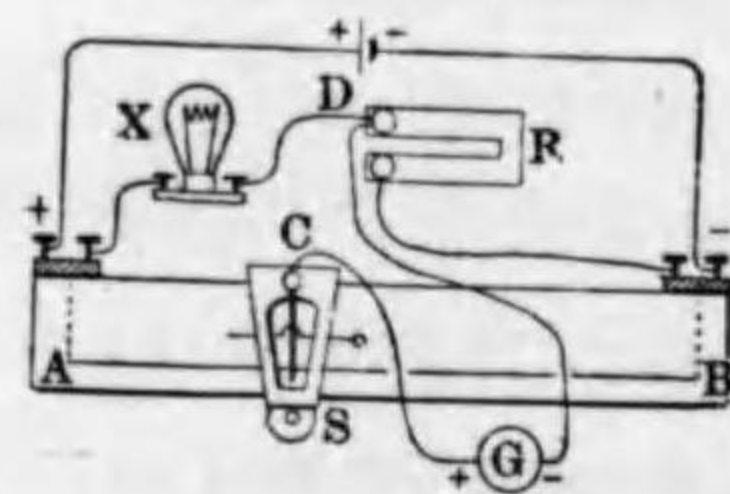
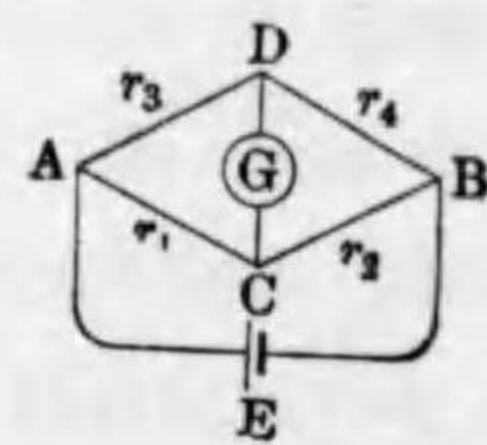
實驗 33. 線型電橋にて電気抵抗の測定

理論 電橋が釣合ふときは各部の抵抗の間に次の關係が成立する。

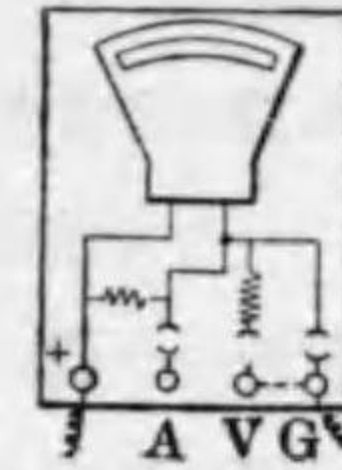
$$r_1 r_4 = r_2 r_3 \quad \text{或は} \quad r_3 = \frac{r_1 r_4}{r_2}$$

r_3 を未知抵抗、 r_4 を既知抵抗とすれば抵抗比 $\frac{r_1}{r_2}$ を測りて r_3 を定めることを得る。

装置 AB は長さ 1 米の太さ一様な抵抗線、従つて抵抗比 $\frac{r_1}{r_2}$ は針金の長さの比 $\frac{a}{b}$ に等しい。既知抵抗 $r_4 = R$ には抵抗箱を用ひ、



未知抵抗として電球の纖維の抵抗 $r_3 = X$ を測る。R 及び X を連結する導線にはその抵抗を無視をすることを得る太き針金を用ひ、且つその兩端接續部の接觸抵抗も省略し得るやうに連結する。電流計には Universalmeter を用ひる。その (+) 端子を接觸子 C に繋ぎ、G 端子を抵抗箱の D 端に繋ぐ。電流計の G 端子と V 端子とは針金にて連絡し置く。接觸子は挺子にて持上げて置く、必要の際だけ挺子を倒して接觸子を AB 線に接觸せしめる。接觸子を移動せしめるには送りネジ S を廻す。電池は乾電池一個を用ひ、陽極を A 端、陰極を B 端に繋ぐ。



操作 1. 電流計の V 端に plug を挿す。これは V の回路には直列抵抗が挿入してあるから、電流計を低い感度で用ひるためである。抵抗箱の 100 ohm の plug を抜き R=100 ohm として測定を始める。接觸子 C を先づ A 端から約 25 cm の位置に持來たし挺子を倒して接觸子を AB 線に接觸せしめて、電流計の針のフレの向きを検する。検し終らば直ちに挺子を起して接觸子を持ち上げる。次に接觸子を B 端より約 25 cm の距離に於て AB 線に接觸せしめて電流計のフレの向きを検する。その向きが前の向きと反對ならば電橋が釣合べき接觸子の位置は上の二つの位置の間に在ることが知れる。この二つの位置を假りに C_1, C_2 と名づける。挟み打ちの法によりて次第に C_1 と C_2 との間隔を狭める。 C_1, C_2 間が約 1 cm となり。接觸子はその範圍内の何れの位置に於て AB 線に接觸するも電流計のフレが殆ど 0 となつたならばその中間の位置を以て電橋釣合の位置と見做す。そのときの AC 間の距離を a_1 とすれば X の大略の値は

$$X = \frac{a_1}{100 - a_1} \times 100 \text{ ohm (小數點以下を省略する)}$$

この値を假りに R_1 と名づける。

2. 抵抗箱の抵抗を適當に組合せて R_1 ohm となし、それ等の抵抗の plug

を抜く。抜くべき plug の数は成る可く少ないやうに抵抗の組合せを擇ぶ。接觸子を AB 線の中央 50 cm の所に置く。この位置に於て電橋は略ぼ釣合ふ筈であるから接觸子の接觸を行つて見るに電流計のフレは極めて僅である。そこで電流計の V 端の plug を G 端に移す。これは直列抵抗を除いて電流計の感度を増すためである。接觸子を 50 cm の附近に於て接觸せしめて電流計のフレの 0 なる位置を求める。これを C とし AC の距離を a とすれば、求める抵抗は

$$X = \frac{a}{100-a} R_1 \text{ ohm}$$

若し電流計のフレの 0 なる接觸子の位置が a' から a'' cm の間に互るときは $a = \frac{a'+a''}{2}$ として X を求める。

実験 34. 箱型電橋にて抵抗の測定

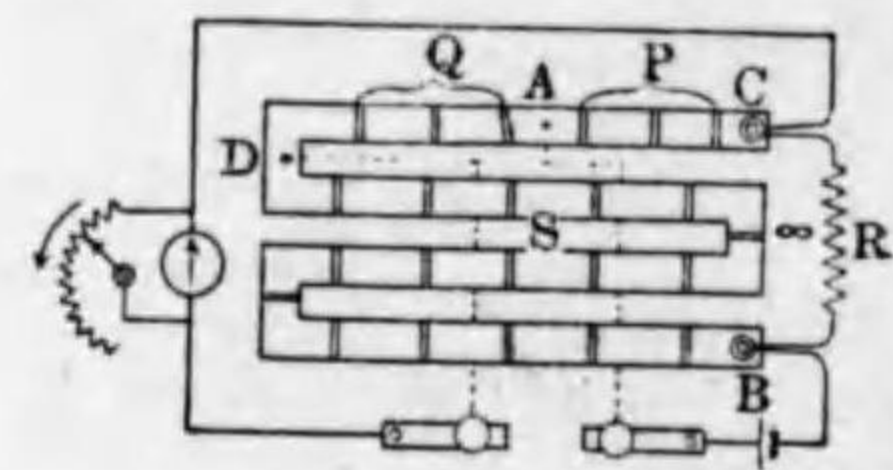
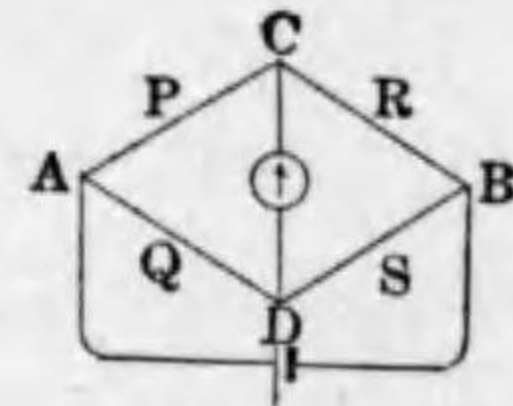
構造 箱型電橋は抵抗比 (臂) P, Q と既知抵抗 S とから成る。P, Q は共に 10, 100, 1000 ohm の排列を有し, S は 1 ohm より 11110 ohm までの組合を作ることを得る。電流計としては可動コイル型鏡電流計を用ひる。コイルのフレの角を測るにはランプ尺度法を用ひる。

結線 結線圖に従つて結線する。結線の C 點に相當する箇所は電橋には G と記してある、電流計を繋ぐことを意味する。電流計には並列抵抗を入れる。未知抵抗 R にはコンスタンタン及びニク

ロム線を用ひる。電池は乾電池 1 個又は 2 個を使用する。

この場合の関係式は

$$R = \frac{P}{Q} S$$



操作 1. 電流計は使用せざるときは動コイルは支持桿で支へてある。依つて支持を緩めてコイルを自由にし、水準ネジにて調節してコイルが場磁石の兩極の間を自由に廻轉し得るやうにする。細隙の距離を調節して細隙の中央に張れる針金の像が尺度の上に生ずるやうにする。

電橋の總ての plug を一々強く締め直ほす。

2. P, Q の 10 ohm の plug を抜く。未知抵抗は大略 10 ohm 以下であると見當をつけて S の 10 ohm の plug を抜く。右手の中指にて電池鍵を押へて居ながら食指にて一瞬時電流計鍵を押へて電流計のフレの向きを検する。次に S の抵抗を 5 ohm に取換へて再び電流計のフレの向きを検する。フレの向きが反對であるときには未知抵抗 R は 10 ohm と 5 ohm との間にあることが知れる。次に 10 ohm を順次に 9 ohm, 8 ohm と取換へることによりて遂に R が 6 ohm と 7 ohm との間にあることが知れたものとする。即ち $\frac{P}{Q} = 1$ のときは

$$R = S_1 \text{ と } S_1 + 1 \text{ ohm との間。}$$

かくして R の値を 1 ohm の範囲内まで決定することを得た。

注意 S_1 の組合せを作るには引き抜く plug の数の少ない方を取る。plug を挿し替へる場合には一々確かと挿し込む。餘分の plug は常に箱の蓋の内に入れ置くこと。

3. P=10, Q=100 とし臂の比 $\frac{P}{Q} = \frac{1}{10}$ とする。R は $\frac{1}{10} \times 60$ と $\frac{1}{10} \times 70$ ohm との間にあることが知れて居るから先づ 60 ohm に相當する plug を抜き、次に 1 ohm の單位の plug (1, 2, 3, 4 の四個) につき前の操作を行ふ。この際に電流計の感度を増すため並列抵抗を増加する。かくして R は $\frac{1}{10} \times 63$ と $\frac{1}{10} \times 64$ との間にあることが知れたものとする。即ち $\frac{P}{Q} = \frac{1}{10}$ のときは

$$R = \frac{1}{10} S_2 \text{ と } \frac{1}{10} (S_2 + 1) \text{ ohm との間.}$$

依つて R は $\frac{1}{10}$ ohm の範囲内まで決定することを得た.

4. $P=10$, $Q=1000$, 臂の比 $\frac{P}{Q}=100$ とする. R は $\frac{1}{100} \times 630$ と $\frac{1}{100} \times 640$ との間にあることが知れて居るから, 先づ 630 ohm に相當する plug を抜き, 次に 1 ohm の單位の plug につき前の操作を行ふ. $S_3=637$ のとき電流計のフレが 0 であつたとすれば $R = \frac{1}{100} \times 637 = 6.37 \text{ ohm}$ である. 即ち $\frac{P}{Q} = \frac{1}{100}$ のとき

$$R = \frac{1}{100} S_3 \text{ ohm.}$$

依つて R は $\frac{1}{100}$ ohm の精密程度まで決定することを得た.

電流計の感度が十分大であるときは $\frac{1}{100}$ ohm 以下はフレの角を測つて定める. 即ち電流を通せざるときの細線の像の読みが n_0 , S_3 のときの読みが n , S_3+1 のときの読みが n' であつて, n と n' とが n_0 をその間に挟むものとすれば

$$R = \frac{1}{100} \left(S_3 + \frac{n_0 - n}{n' - n} \right) \text{ ohm.}$$

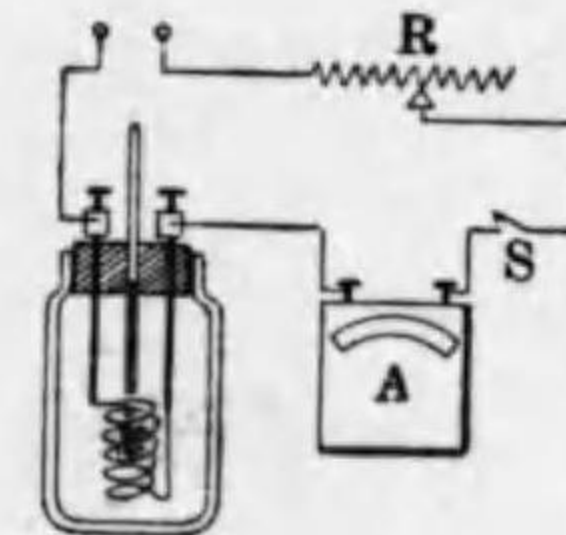
5. 針金の長さ l 及び直径 $2r$ を測つて比抵抗を求める. 気温 t° を測つてそれを針金の温度とする. 針金の比抵抗は t° に於て

$$\rho = \frac{\pi r^2}{l} R \text{ ohm-cm.}$$

実験 35. 熱の仕事當量及び抵抗の温度係数測定

装置 熱量計には魔法瓶を用ひる. コルクの蓋に二本の導入線を挿し, 約 10 ohm の抵抗線(コンスタンタン)をベークライトの圓筒に巻いたコイルを導入線に連結する. なおコルク蓋には寒暖計及び攪拌器を挿入する. 寒暖計は $\frac{1}{10}$ 度目盛のものを用ひ, その球部は抵抗線のコイルの中に置く.

操作 1. ビベットにて水を定量して約 220 cc. の水を熱量計に入れる. 熱量計を片切スイッチ S, アンペア計 A, 摺動抵抗器 R を経て 100 volt の電源に繋ぐ. R を最大に爲し置きスイッチを倒して電流を通ずる. アンペア計を見ながら抵抗器の摺動子を動かしその抵抗を次第に減じて電流が 2.0 amp となりたる所で止める. スwitch を起して電流を切り, 攪拌器にて水をよくかきませ, 水の温度が一定となりたる所にてその温度 t_1 を $\frac{1}{100}$ 度まで讀む.



2. 熱量計を結線からはづし, 箱型電橋にて抵抗線の抵抗 R_1 を $\frac{1}{100}$ ohm まで測る. R_1 は t_1° に於ける抵抗である. 電流計には懸吊コイル型電流計を用ひる. 電流計を臺からはずして机上に置くとコイルの支持が自然的に緩むやうになつて居る.

3. 熱量計を再び操作 1 の通り結線し, スwitch を倒して電流を通じ, 同時に stop watch を起動せしめる. 常にアンペア計を注視し, 抵抗器の調節によりて電流を一定に 2.0 amp に保つ. 時々攪拌器にて水をかきませる. 約 10 分の後電流を切り, stop watch を止め, 攪拌器にてよく水をかきませ, 温度が一定となりたる所にて, その温度 t_2 を讀む. stop watch によりて電流を通じた時間 τ を讀む.

4. 再び熱量計を取りはづし、箱型電橋にて抵抗線の抵抗 R_2 を測る。 R_2 は温度 t_2° に於ける抵抗である。

計算 1. 熱の仕事當量。熱量計の水當量は與へられてあるものとし ($w=5$ cal/度と見做す)、水の質量 m は密度を 1 と見做して體積より直ちに知れるから、電流による發熱量は

$$H=(m+w)(t_2-t_1) \text{ cal.}$$

一方電流の仕事は

$$W=RI^2\tau \text{ joule}$$

R は t_1° 及び t_2° に於ける平均値 $R=\frac{1}{2}(R_1+R_2)$ を用ひる。

$$J=\frac{W}{H} \text{ joule/cal.}$$

2. 抵抗の温度係数を α とすれば

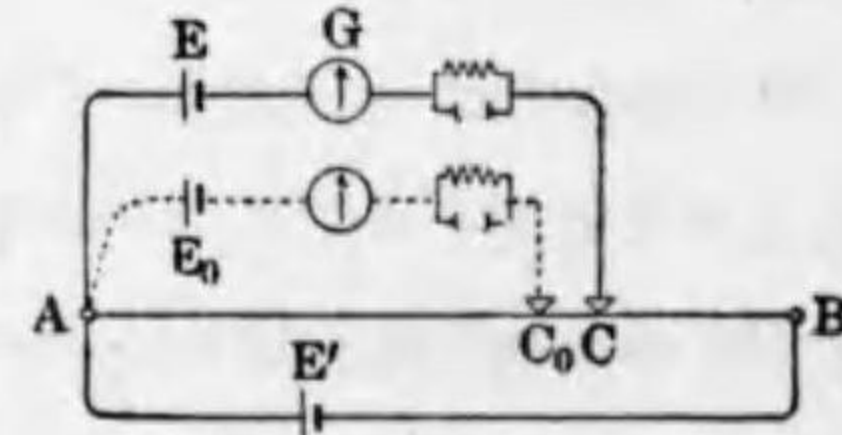
$$R_2=R_1\{1+\alpha(t_2-t_1)\}$$

或は

$$\alpha=\frac{R_2-R_1}{R_1(t_2-t_1)}.$$

実験 36. Potentiometer にて電池の電動力測定

装置 乾電池 E の電動力を標準電池 E_0 の電動力に比較して測る。補助電池 E' には蓄電池を用ひる。 E' の電動力は實驗中不變であり、且つ E 及び E_0 よりも大なることを要する。Potentiometer として線型電橋を使用する。 E' を電橋に繋ぐ。その陽極を A 端に繋いだものとする。次に測るべき電池の陽極を A 端に繋ぎ、陰極は電流計及び直列抵抗を経て接觸子 C に繋ぐ。 E を測定した後 E_0 を同様に繋ぐ。依つて轉換器或は切替ス



ツチにより E 及び E_0 を交互に連結し得るやうに爲し置くを便とする。

操作 先づ E' によりて AB に電流を通し、次に E を連結して、抵抗測定のと看同様接觸子の位置を移動せしめて電流計のフレの 0 である位置 C を求る。更に直列抵抗を除いて C の精密の位置を求め、距離 $AC=a$ を測る。次に E_0 に連結して同様の操作を行ひ電流計のフレの 0 である接觸子の位置 C_0 を求めて $AC_0=a_0$ を測る。然るときは

$$E=\frac{a}{a_0}E_0.$$

標準電池として Clark の電池を用ひれば

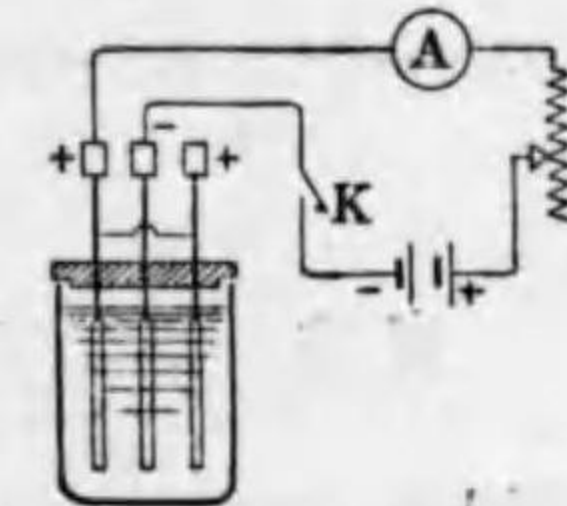
$$E_0=1.4328-0.00119(t-15)-0.000007(t-15)^2 \text{ volt}$$

t は電池の温度である。假りに室温を以て電池の温度と見做し、 $\frac{1}{1000}$ volt まで計算して $\frac{1}{100}$ volt の桁で止める。

注意 電池の電動力は電流を流すことによりて變化する。故に G を通る電流は極めて微弱にすることが必要である。また C 或は C_0 は電流計のフレを検する際だけ接觸せしめ検し終れば直ちに接觸を止める。誤つて接觸したまゝにて E' を除くことがあると平衡が破れて強い電流が G を流れ、標準電池は直ちにその標準の性能を失ふ。

実験 37. Voltmeter にてアンペア計の檢定

装置 銅 voltmeter を用ひる。極板は電解槽の蓋に取付けてある三枚の銅板から成る。その内中央の一枚は陰極板、左右の二枚は陽極板とする。槽に 15% の硫酸銅溶液を入れ、極板をよく洗つてこれに漬ける。極板面全部が液中に浸るやうにする。6 volt の蓄電池を連結する。電池の陽極は電解槽の陽極に、電池の陰極は槽の陰極に連絡することを注意する。輪道中に測るべきアンペア計 A 、摺動抵



抗器 R 及びスイッチ K を挿入する。

操作 1. 豫備操作. アンペア計の指針を目盛の 0 點に合はす. K を閉ぢて電流を通じ, 抵抗器の摺動子を動かしてアンペア計の指針が正しく 3.0 amp を示すやうに調節する. スwitch を開く.

2. 電解槽を結線からはづし更に銅板を繼ぎネチからはづす. 磨臺の上に載せ, 木炭にてよく磨き水洗して木炭末及び脂肪を除く. 二枚の銅板はもとの通り陽極に取付ける. 陰極板となるべき一枚は特によく磨き, よく水洗し, 水を切り, 電熱器にて乾かしたる後その重さ W_1 を秤量する. 跨ぎ分銅を用ひて $\frac{1}{1000}$ gr まで測り $\frac{1}{100}$ gr に切り上げる.

3. 陰極板を電解槽の陰極に取り付け槽を前の通り結線する. スwitch を閉ぢ示度 3 amp の一定電流を約 10 分間 ($=t$ sec) 通ずる. その間蓄電池の端子電壓を測つて電壓變化のなきことを確める. 陰極板を取りはづし, 水洗し, 乾かして後秤量する (W_2). $W_2 - W_1 = m$ gr は陰極板の増量である.

計算 銅の二價イオンの電氣化學當量は 0.0003294 gr/coul. 依つて voltmeter にて測定した電流の強さは

$$I_v = \frac{m}{0.0003294 \times t} \text{ amp.}$$

アンペア計の示度は $I_A = 3$ amp, 依つて

$$I_v = I_A + C$$

C は補正值である. アンペア計の示度を横軸に取り, 補正值を縦軸に取つて寒暖計の補正曲線と同様の補正曲線を引く.

實驗 38. Kohlrausch の電橋にて液體の傳導度測定

装置 1. 電解槽は U 字形の曲管で, 白金板の電極を有する. これに測らんとする液 (1N-NaCl, aq) を入れ, 白金極を浸す. 極板に氣泡が附着し居

らぬやう注意する. 電解槽は大なる水槽中に漬けてその溫度を一定に保つ.

電源には感應コイルによる交流を用ひ,

檢流器として電話の受話器を用ひる.

電池及び電解槽を圖の如く Kohlrausch

電橋に連絡する. AB は抵抗線, R は既

知抵抗, T は受話器. 電池は電鍵

K を T と記してある卸の方に連

接することによりて感應コイルの

一次線に連絡される. その二次線

の一端は D 點を経て電解槽 X 及

び既知抵抗 R に, 他端は接觸子 C に連絡される.

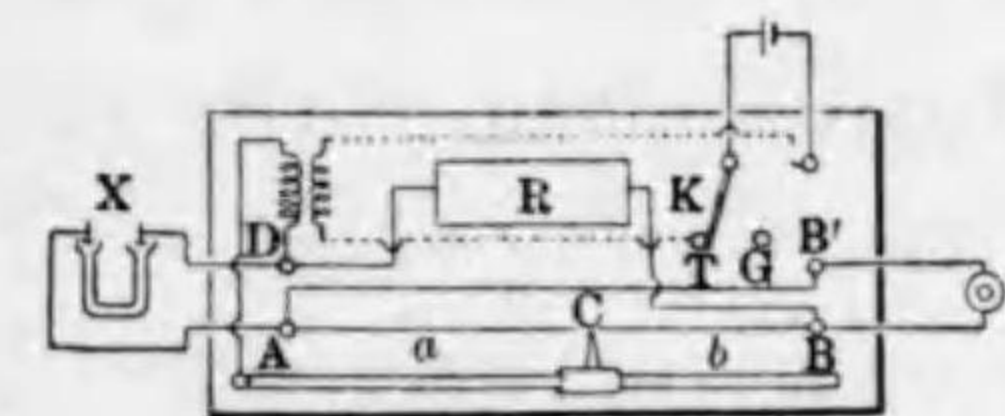
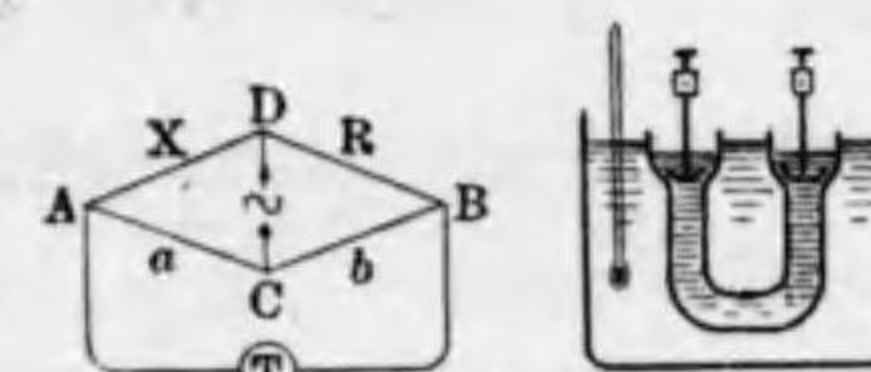
操作 線型電橋にて抵抗測定の場合と同様に, 先づ假りに $R=100$ ohm の plug を抜き, 受話器を耳に當て, 接觸子 C を A 端より順次右方に動かして音の聞へなくなつた位置を求め. その時の A 端よりの距離を附屬の尺度にて讀みこれを a' とする. 次に C を B 端より順次左方に動かして音の消滅した位置を讀みこれを a'' とする. その平均を a とすれば, 未知抵抗 X の大略の値は

$$X = \frac{a}{100-a} R \text{ ohm.}$$

既知抵抗 R は 0.1, 10, 100, 1000 ohm の五種から成る. 依つて X の値に最も近い抵抗の plug を抜いて再び前と同様の操作を繰返して X の精密の値を求め.

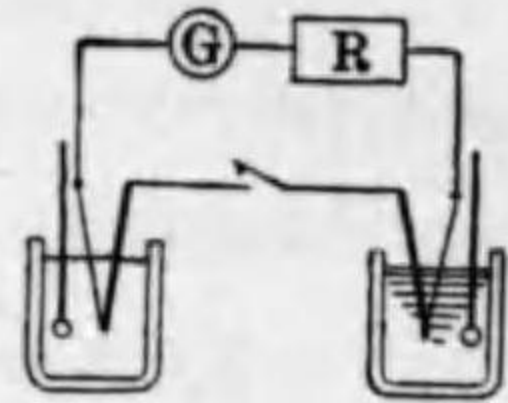
水槽の溫度 t° を測る. 然るときは t° に於ける 1N-NaCl, aq の傳導度は

$$\sigma = \frac{1}{X} \text{ mho.}$$



實驗 39. 熱電動力の測定

装置 銅, constantan より成る熱電對の熱電動力を測定する. 銅及び constantan の針金の一端をハンダ着けしたものの二個を作りこれを各々魔法瓶に入れる. 電流計, 直列抵抗及びスイッチを挿入して輪道を完成する. 直列抵抗には抵抗箱を用ひ, 電流計には懸吊式指針電流計を用ひる. 電流計はそのコイルの抵抗 R_g 及び感度即ち 10^{-6} amp に對する目盛區分數 m (指針の動く目盛數) が與へられてあるものとする.



操作 一方の魔法瓶に雪を入れ, 少し水を注ぎて後餘分の水を絞り, これに熱電對の一方の繼目を入れ, 寒暖計を挿す. 他方の魔法瓶には 10° 附近の水を半ば入れ, 他方の繼目を浸し, 寒暖計及び攪拌器を挿入する. 攪拌器にて水をかきまぜ冷水又は湯を差して寒暖計の示度を 10° に保つ. 電流計の零點を目盛 0 に調節し置きて後, 直列抵抗 $R_s = 100$ ohm を入れてスイッチを閉ぢ, そのときの電流計のフレの読み n を取る. 次第に湯を注加して熱部の繼目の温度を順次に $20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, \dots$ となし, その都度電流計の読みを取る. 最高温度 70° 位まで觀測する.

計算 熱電對及び連結導線の抵抗を無視すれば

$$i = \frac{n}{m} \times 10^{-6} \text{ amp,}$$

$$\text{熱電動力 } E_0^t = (R_g + R_s) i \text{ volt,}$$

$$\text{熱電能 } P = \frac{dE}{dt} = \frac{E_0^{t'} - E_0^t}{t' - t}.$$

觀測した最高温度 ($t=70^\circ$) に於ける i 及び E を計算する. また P は $\frac{E_0^t}{t}$ によりて 0° と最高温度 t° との間の平均値を求める.

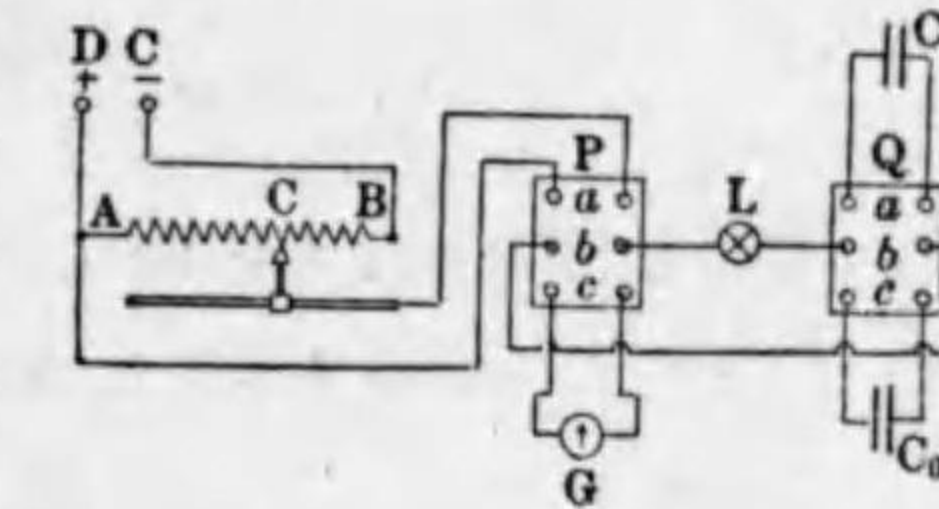
曲線 E は i に比例し, 従つて電流計のフレに比例するから, 熱部の温

度 t を横軸に, 電流計のフレ n を縦軸に取りて熱電動力の曲線を引く.

實驗 40. 彈道電流計にて電氣容量の測定

装置 與へられた蓄電器を標準蓄電器と比較してその電氣容量を測る. それには同一の電壓にて各々の蓄電器を充電し, 彈道電流計を通して放電せしめてその帶電量 e を測る. $e=CV$ の關係から兩者の e を比較して C の比を定める.

電源には直流 100 volt を用ひる. 充電電壓を 100 volt 以下に落すため potentiometer 法を用ひる. 圖に於て AB は potentiometer の抵抗線で, 兩端の電壓は 100 volt である. 摺動子 C を適當の位置に置きて A, C 間の電壓を使用する. P, Q は轉換器, G は彈道電流計, C, C₀ は測るべき蓄電器及び標準蓄電器 (1 microfarad) である.



蓄電器は使用せざるときは plug を挿して兩極板を連絡し, 兩極板の充電を防ぐ. L はランプ抵抗で蓄電器の短絡を防ぐ用とする.

操作 1. 蓄電器 C の plug を抜き, P 及び Q の轉換子を a の方に倒して C を電源に連絡する. これにて C は充電されたのである. 依つて先づ電流計の零點の読み n_0 を取つて後, P の轉換子を c の方に倒して C を電流計に連絡し, 電流計を通して放電せしめる. 彈道電流計の針は週期的に振動するから, その最初のフレの読み n_1 を取る.

2. C の plug を挿し, C₀ の plug を抜き, P の轉換子を電源の方に, Q の轉換子を C₀ の方に倒して C₀ を充電する. 次に P の轉換子を電流計の方に倒して放電せしめ, 電流計の最初のフレ n_2 を読む.

計算 彈道電流計の針の最初のフレの角は電流計を通る電氣量に比例する.

依つて電圧 V による C, C_0 の帯電量を e, e_0 とすれば

$$e = CV, \quad e_0 = C_0 V \quad \therefore C = \frac{e}{e_0} C_0 = \frac{n_1 \sim n_0}{n_2 \sim n_0} C_0.$$

理論 可動コイル型の弾道電流計に就いて考へる。コイルの形を長さ l , 幅 b の矩形とし、捲数を n とする。磁場 H に垂直なる針金に電流 i が流れるとき針金の長さ l に作用する力は iHl でその方向は H 及び l に垂直である。依つて磁場 H がコイルに及ぼす偶力の能率は $niHlb$ 。

$$\text{偶力の能率の力積 } M = \int_0^{\infty} niHlb dt = nHlbe.$$

実際には帯電 e は一瞬間に放電するから偶力は撃力として作用する。この撃力の爲めコイルの得る角速度を ω とし、コイルの慣性能率を I とすれば、コイルの得る角運動量は $I\omega$ 。依つて

$$I\omega = nHlbe \quad \therefore \omega = \frac{nHlb}{I} e.$$

一方、懸吊線の捩れの角 θ を $d\theta$ だけ増すに要する仕事は $\tau d\theta$ (τ = 捩れの常数)。依つてコイルが $\theta = 0$ から θ までフレるとき懸吊線に爲された仕事は

$$W = \int_0^{\theta} \tau \theta d\theta = \frac{1}{2} \tau \theta^2.$$

撃力のためコイルの得た運動エネルギー $\frac{1}{2} I \omega^2$ が全部捩れの仕事に費されたものとすれば

$$\frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} \tau \theta^2$$

$$\omega^2 = \frac{\tau}{I} \theta^2 = \left(\frac{nHlb}{I} \right)^2 e^2$$

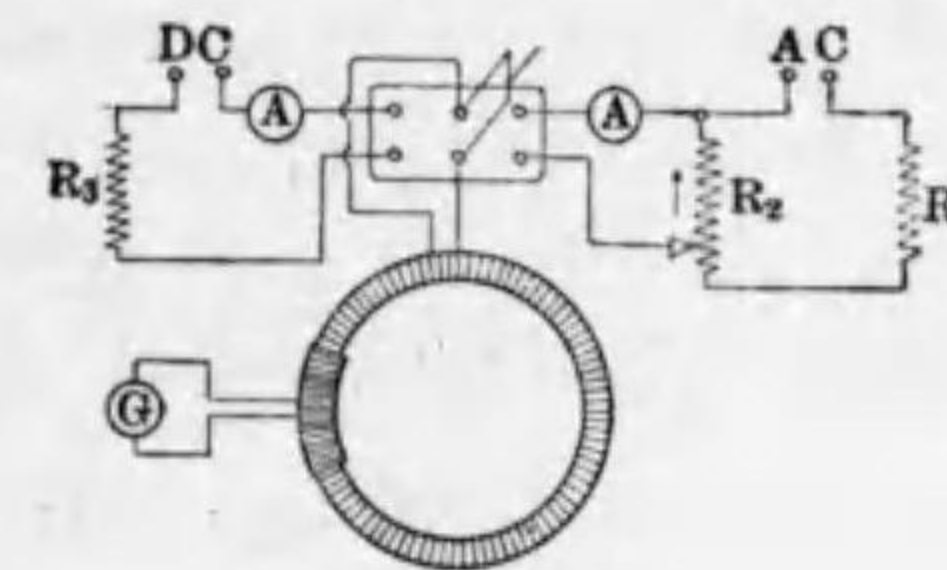
$$\therefore e^2 = \frac{\tau I}{(nHlb)^2} \theta^2.$$

従つて $e = k\theta, \quad k = \text{const.}$

実験 41. 弾道電流計の法によりて透磁率の測定

装置 厚さ約 2 cm の鉄板を打抜いて直径約 20 cm の鉄環を作る。それに一次コイルを捲き、その上の一部分に二次コイルを捲く。一次線は兩切スキツチによりて交流電源及び直流電源

のいづれにも連結し得るやうにする。交流側にはアンペア計 A , 直列抵抗 R_1 , 加減並列抵抗 R_2 を圖の如く連絡する。直列抵抗の値 R_1 を適當に選んで一次線を通る最大電流を 3 amp 位



とする。直流側にはアンペア計 A と直列抵抗 R_3 とを連絡し、最大電流を 1 amp とする。二次線は弾道電流計 G に連絡する。

操作 1. 最初に鉄心の残留磁氣を除くため消磁法を行ふ。それには先づ鉄心を飽和状態に磁化し次いで磁化の方向を交互に反對にし且つ次第に磁化の強さを減じて遂に 0 となせばよし。依つてスキツチを交流側に倒し、並列抵抗 R_2 を最大より次第に減じ遂に 0 となして後スキツチを切る。然るときは鉄心の磁化は交互にその方向を轉換し、且つ次第にその増さを減じて遂に 0 となり、鉄心は消磁せられる。直列抵抗 R_1 は一次線の電流の最大値を限定するために挿入する。

2. 次に透磁率 μ の測定に移る。スキツチを直流側に入れる。一次線を通る直流の値をアンペア計にて讀む (I amp)。次に弾道電流計 G の零點 n_0 を讀む。次にスキツチを開く。然るときは二次線に生じた瞬時の感應電流によりて電流計の針はフレる。その讀みを n とし、 $n - n_0 = m$ とする。

3. 鉄環の寸法を測る。外部直径及び内部直径を d, d' cm とし、厚さを t cm とする。

計算 鉄心を通る感應束は

$$\phi = \frac{4\pi n_1}{1} \frac{I}{l} \frac{1}{\mu A} \begin{cases} n_1 = \text{一次線の捲数} \\ A = \text{鉄環の断面積} = \frac{1}{2}t(d-d') \\ l = \text{鉄環の全長} = \frac{1}{2}\pi(d+d') \end{cases}$$

電流計を通りて放電せる電気量は

$$e = \frac{n_2 \phi}{R \times 10^9} \begin{cases} n_2 = \text{二次線の捲数} \\ R = R_p + R_c \text{ ohm} = R \times 10^9 \text{ e.m. 単位} \\ R_c = \text{二次コイルの抵抗} \end{cases}$$

電流計の常数 = 1 microcoulomb につきフレの目盛数 m_0

$$e = \frac{m}{m_0} \times 10^{-6} \text{ coulomb} = \frac{m}{m_0} \times 10^{-7} \text{ e.m. 単位}$$

$$= \mu \frac{4\pi n_1 n_2 A}{l R \times 10^9} \frac{I}{10} = \mu \frac{4\pi n_1 n_2 \frac{1}{2}t(d-d')}{\frac{1}{2}\pi(d+d')R \times 10^9} \frac{I}{10}$$

$$\therefore \mu = \frac{(d+d')R}{4n_1 n_2 t(d-d')I} \frac{m}{m_0} \times 10^3.$$

実験 42. 磁力計の法により磁気履歴線を畫くこと

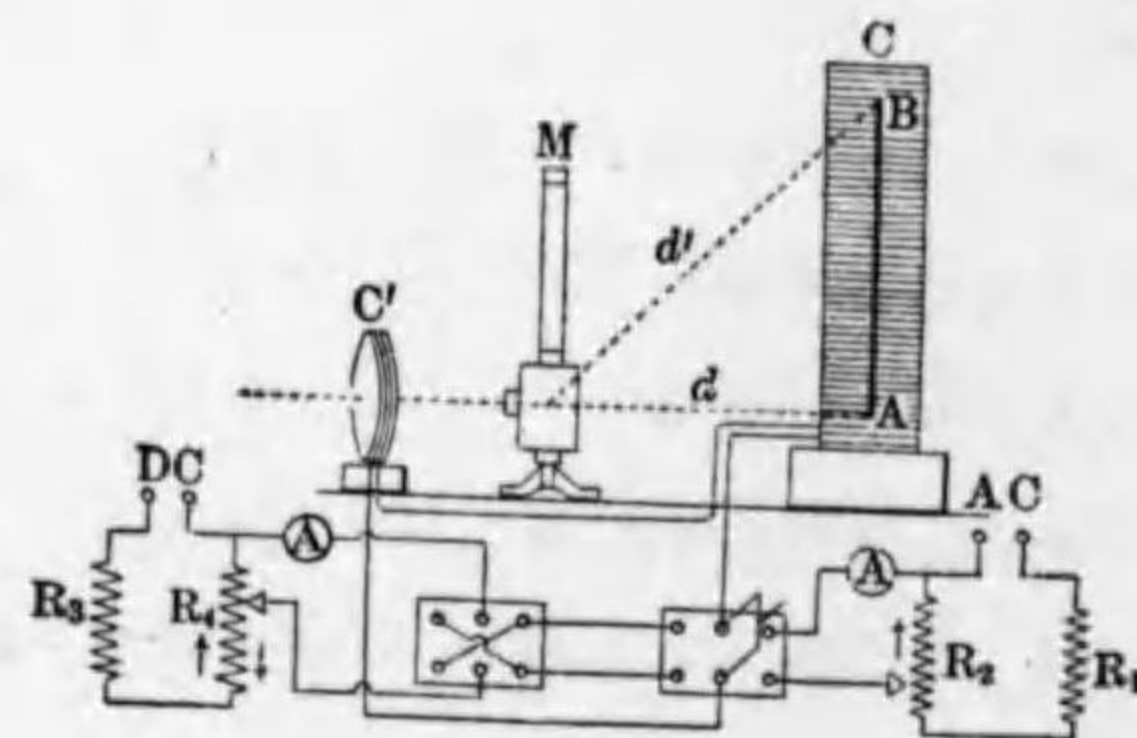
装置 長さ約 80 cm の硝子筒に絹捲銅線を密に捲いて磁化コイル C を作る。その内に長さ約 50 cm の

磁化せらるべき鉄線を入れる。鉄線が撓まぬためこれを細き硝子管に挿込みて M の内に入れ

コルク栓にて硝子筒の中央に支へる。C を机上に直立せしめ、

それより東或は西の方向に於て

鉄線の下端 A と同一水平上約 1 米の距離に反射磁力計を据える。磁力計は

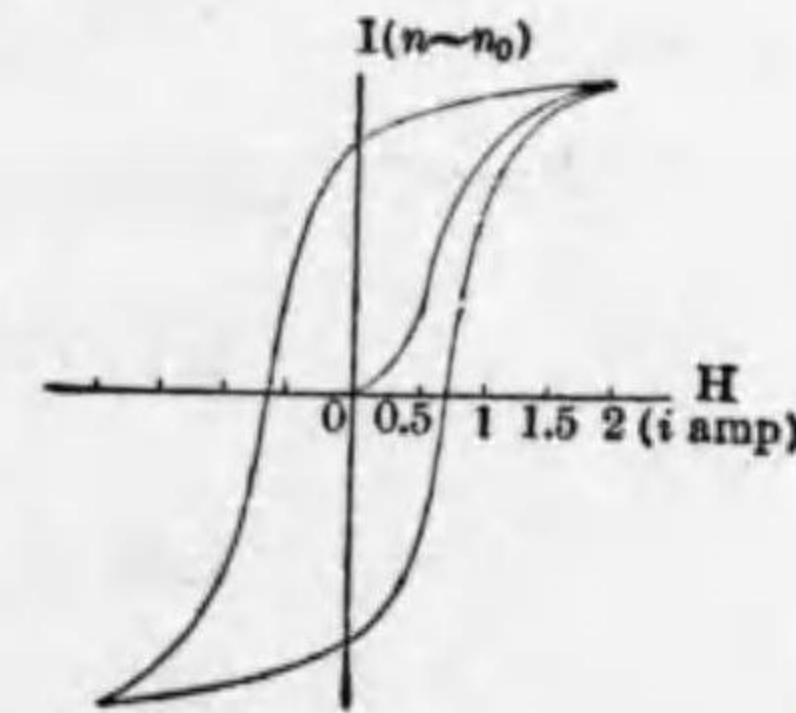


望遠鏡尺度法にて観測する。C' は數捲より成るコイルで C の兩端に生ずる磁極の作用を打消す用をする補正コイルである。C の捲線を圖の如く切替スイッチを経て交流電源及び直流電源に連結すること略ぼ前實驗と同様である。交流側には直列抵抗 R₁ 及び加減並列抵抗 R₂ を入れ最大電流を 3 amp とする。直流側では轉換器を経て直列抵抗 R₃ 及び加減並列抵抗 R₄ を入れ最大電流を 2 amp とする。

操作 1. 補正コイルの調整。C 内の鉄線を除き、R₄ を最小となし置き、スイッチを直流側に入れ、轉換子を入れて C, C' に電流を通ずる。磁力計はフレにより C' を左右に動かして磁力計との距離を調節して磁力計のフレを 0 と爲す。R₄ を増して C, C' を通る電流を次第に強くし、最大電流に於ても磁力計のフレが 0 なるやうに C' の位置を調節する。これにて C の兩極の作用は打消されたるにより、C' をその位置に固定してスイッチを切る。

2. 鉄線の消磁。磁化すべき鉄線 AB を C 内に入れ先づ R₂ を最大と爲し置いてスイッチを交流側に入れ、次に R₂ を次第に減じて 0 となして後スイッチを切る。

3. 履歴曲線。始め磁力計の零點 n₀ を読み、次に R₄ を最小になし置きスイッチを直流側に入れ、C に電流を通じて鉄線を磁化する。R₄ を次第に増して C を通る磁化の電流が 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 amp のときの磁力計のフレ n を一々読む。次に R₄ を次第に減じて電流が 2.0, 1.5, 1.0, 0.5, 0.0 amp のときのフレの読み n₁ を取る。次に轉換子を反對の向きに倒して電流の方向を反對となし、電流を次第に増したときのフレの読み n₂、次に電流を次第に減じたときの読み n₃ を取り、最後に轉換子を原に戻して電流を次第に増したときの読み n₄ を取る。これ等の操作中電流を 0 にするにはス



キツチを切るのである。以上にて磁化の一循環が完成せられる。横軸に電流の値を取り、縦軸にフレの値 ($n \sim n_0$) を取りて座標点を求めこれ等を滑かなる曲線にて連結して磁氣履歴線を得る。

4. 鐵線の長さ l , 直径 $2r$, コイル M の長さ L , 捲數 n を測る (これ等は豫め與へられてあるものとする)。鐵線の下端 A と磁力計との距離 d , 磁力計と尺度との距離 D を測る。鐵線の上端 B と磁力計との距離は

$$d' = \sqrt{d^2 + l^2}.$$

計算 磁化電流 $= i$ amp, 磁化磁場 $H = \frac{4\pi n}{L} \frac{i}{10}$ gauss.

$$\text{磁力計のフレ } \varphi = \frac{n \sim n_0}{2D}.$$

m = 磁化された鐵線の兩極の強さ

H_m = 兩極が磁力計に及ぼす磁力の水平分力

H_e = 地磁水平分力

$$H_m = H_e \tan \varphi = H_e \frac{n \sim n_0}{2D}$$

$$= \frac{m}{d^2} - \frac{m}{d'^2} \frac{l}{d'} = m \left(\frac{1}{d^2} - \frac{d}{(d^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}} \right)$$

$$\therefore m = H_m \left/ \left(\frac{1}{d^2} - \frac{d}{(d^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}} \right) \right.$$

$$= H_e \frac{n \sim n_0}{2D} \left/ \left(\frac{1}{d^2} - \frac{d}{(d^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}} \right) \right.$$

$A = \pi r^2$, 鐵線の斷面積

$$\text{磁化の強さ } I = \frac{m}{A}$$

$$\text{受磁率 } k = \frac{I}{H}$$

$$\text{透磁率 } \mu = 1 + 4\pi k.$$

これ等の値を $i = 2$ amp につきて求める。

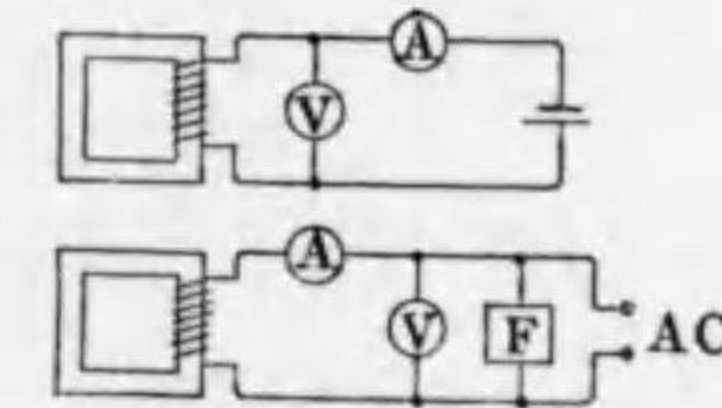
實驗 43. 交流抵抗の測定

1. 自己感應による交流抵抗. 自己感應 L には變壓器の一次コイルを用ひる. 先づこれを直流電源に連結し, アンペア計 A 及びボルト計 V によりて電流 I 及び電壓 E を測りてコイルの ohm 抵抗 R を求める.

$$R = \frac{E}{I} \text{ ohm.}$$

次に交流電源に連結して電流及び電壓 (の實効値) I' 及び E' を測つて交流抵抗 R' を求める.

$$R' = \frac{E'}{I'} = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} \text{ ohm.}$$



依つて自己感應による抵抗即ち reactance は

$$L\omega = \sqrt{\left(\frac{E'}{I'}\right)^2 - \left(\frac{E}{I}\right)^2}.$$

次に交流電源に周波計 F を連絡して周波數 f を測る ($\omega = 2\pi f$). これより自己感應係數 L を求める.

$$L = \sqrt{\left(\frac{E'}{I'}\right)^2 - \left(\frac{E}{I}\right)^2} / 2\pi f.$$

注意 アンペア計とボルト計との連結方法が直流と交流とに於て異なることに注意せよ. これは交流ボルト計の抵抗が大ならざることによる.

2. 電氣容量による交流抵抗. 電氣容量 C として 1 乃至 0.1 microfarad (MF) の蓄電器を用ひる. これを交流ミリアンペア計を経て交流電源に連結する. ミリアンペア計の抵抗 R は既知とする. E' , I' を測りて交流抵抗 R' を求める.

$$R' = \frac{E'}{I} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

依つて電気容量による抵抗即ち capacitance は

$$\frac{1}{C\omega} = \sqrt{R'^2 - R^2}$$

従つて

$$C = 1/2\pi f \sqrt{R'^2 - R^2}$$

附 表
水 の 密 度

小数第六位の数の上に横線を引けるは第七位の数 5 を引り上げたことを示す

度	$\frac{1}{10}$ 度									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,999 868	874	881	887	893	899	905	911	916	922
1	927	932	936	941	945	950	954	957	961	965
2	968	971	974	977	980	982	985	987	989	991
3	992	994	995	996	997	998	999	999	*000	*000
4	1,000 000	000	000	*999	*999	998	*997	*996	*995	*993
5	0,999 992	990	988	986	984	982	979	977	974	971
6	968	965	962	958	954	951	947	943	938	934
7	929	925	920	915	910	904	899	893	888	882
8	876	870	864	857	851	844	837	830	823	816
9	808	801	793	785	778	769	761	753	744	736
10	727	718	709	700	691	681	672	662	652	642
11	632	622	612	601	591	580	569	558	547	536
12	525	513	502	490	478	466	454	442	429	417
13	404	391	379	366	353	339	326	312	299	285
14	271	257	243	229	215	200	186	171	156	141
15	126	111	096	081	065	050	034	018	002	*986
16	0,998 970	953	937	920	904	887	870	853	836	819
17	801	784	766	749	731	713	695	677	659	640
18	622	603	585	566	547	528	509	490	471	451
19	432	412	392	372	352	332	312	292	271	251
20	230	210	189	168	147	126	105	083	062	040
21	019	*997	*975	*953	*931	*909	*887	*864	*842	*819
22	0,997 797	774	751	728	705	682	659	635	612	588
23	565	541	517	493	469	445	421	396	372	347
24	323	298	273	248	223	198	173	147	122	096
25	071	045	019	*994	*968	*941	*915	*889	*863	*836
26	0,996 810	783	756	730	703	676	648	621	594	567
27	539	512	484	456	428	400	372	344	316	288
28	259	231	202	174	145	116	087	058	029	000
29	0,995 971	941	912	882	853	823	793	763	733	703
30	673	643	613	582	552	521	491	460	429	398
31	367	336	305	273	242	211	179	148	116	084
32	052	020	*988	*956	*924	*892	*859	*827	*794	*762
33	0,994 729	696	663	630	597	564	531	498	464	431
34	398	364	330	296	263	229	195	161	126	092
35	058	023	*989	*954	*920	*885	*850	*815	*780	*745

10.9.22

昭和十年九月廿一日印刷
昭和十年九月廿六日發行

版權所有

著者	發行者

物理學測定實驗法
定價金壹圓

著者 田中三四郎

東京市日本橋區大傳馬町一丁目四番地

發行兼印刷者 內田作藏

發行所

內田老鶴園

東京市日本橋區大傳馬町一丁目

振替東京一二一四六番
電話茅場町五五九一番

(早稻田正英社印刷)

高程度 物理學本論 (全二冊) 理學博士 上卷 下卷
本多光太郎氏著 ¥ 2.50 近刊

本書は本多光太郎博士の筆になれるものにして、高等學校程度の物理學の眞髓を示教するもの、先づ單位及び其の測定法より筆を起して力學、物性、熱學、振動及び波動を以て上卷に收め、次で光學、電氣磁氣、量子論及び相對論を下卷に收む、其の論ずるところは嚴正にして平易、講ずるところ明快にして懇切、各章多數の問題を記して學修者の便を計り最新の學理を講じて遺漏なし。本多博士は曩に高等學校教授要目の制定に參與せられ、今こゝに其の内容の一端を示さる。是れ實言を費さずして江湖に本書を薦むる所以なり、高等學校、各種專門學校其他同程度諸學校の教科書として代表的のものなり、敢えて薦む。

大學程度 改稿物理學通論 理學博士 ¥ 5.00 送 .33
本多光太郎氏著

本書は斯界の權威本多光太郎氏の筆になれる高等物理學の名著にして、物理學各論に入る前に必讀の書なり。夫れ物理學は凡ての實驗科學の基礎を爲せるが故に本書は單に物理學專攻者のみならず、理學・工學・農學・醫學等を修むる士にも極めて必要な參考書なり。今般、第十五版を機として、前版を棄て、新たに稿を起し、改稿第十五版を出し、今や訂正第十六版を發行せり。彼述極めて平明現代物理學の大勢を説破して遺憾なし。

物理學大要 理學博士 ¥ 2.50 送 .33
山田光雄氏著

この書は編者が第二高等學校で文科の學生の爲に稿を基として補正を加へたものである。理化學、工學等を專攻せんとする人々に對しては、今日必ずしも參考書に乏しくないが、然し文科の學生、其他の非專門で唯高等常識として物理學の知識を欲する人々には大部の専門書を讀む暇がない。且つまた専門知識の大部分は之等の人々に取つて無用である。之等の人々には現今の物理學の中で、最も主要な最も根本的な現象と法則と研究の經過を能ふ限り平易に且つ簡約に説明したものが必要でまた充分である。之が編者の努力の集點である。文科の學生に最も良き參考書たるべきは勿論理科の學生其他専門書に就て學ぶ人にも、兎もすれば錯雜せんとするその知識をこの書によつて整頓せられることを希ふ。

物理學詳解講義 理學博士 ¥ 5.00 送 .33
本多光太郎氏著

本書は斯界の泰斗本多博士が、先に編纂されたる物理學講義を改版されたものであります。本書が出版されてから、已に五十版餘りを重ねて居ることは、本書が如何に優良なる參考書であるかを雄辯に物語るものであります。改版に際しては全編に亘つて大訂正を加へ且つ、晩近斯學の發達に鑑み、幾多の新事實を附加し、文部省所定の教授要目を抱括せしめ、多數の價值ある挿畫を加へ、更に高等學校專門學校入學試験問題をも適當に考慮して本文中、或は計算問題中に加へて、之に理想的の解答を與へてあります。又全編に亘つて最も親切に且つ最も分り易く説明してありますのは本書の一大特長でありますから、獨學者は勿論中學校師範學校の教師學生諸君並に學生諸君の有力なる相談役或は參考書として絶好なる良書であります。論より證據、諸兄の御一讀を願ひます。

應用物理學實驗 眞島正市氏 ¥ 4.00 送 .33
外四名共著

本書は大學初年級程度の讀者を標準とし、特に工科方面の學習者を顧慮して、物理實驗の基礎的項目を殆んど總て包含する如く編述されたものである。元來實驗の指導書は冗漫に流るゝときは煩雜讀むに堪へず、簡潔に過ぐるときは要領を得ざる處みあるものであるが、本書は實驗方法の單なる羅列を排し根本的題目を選擇して之を精細に叙述する方法を探り、且つ實驗書法の説明のみにとゞまらず其の原理にまで遡つて懇切平明に解説された好著である。讀者は本書に依つて複雑なる實驗方法及其の理論とを遺憾なく容易に理解することが出来るものである。應用諸科學のうちでも應用物理學は特に緊要であるが、かかる方面に良指針書乏しき今日本書の出現は、斯界を裨益すること蓋し甚大であらう。

高等微分積分学 理学博士 岡田良知氏著 ¥ 3.80 送 .33

本書は高等學校理科數學教授要目に準據して、高等學校理科並に同程度諸學校の教科用並に學修參考書として編纂された好著である。微分積分は、其の理論極めて深遠であつて、その應用また甚が廣いものであるから、著者は特にその正しき理解の必要のために此點を十分考慮されて、最も自然的に、本書の目的の程度の許す限り嚴正にして而かも簡明に興味深く叙述されてあるから、讀者は容易にその學修理解の目的を達することが出来る。又各章末には内容の順序とその程度とを熟慮して、多數の問題を掲げ、卷末には數多の補充問題を附して學修の便、實力涵養に供する處多大である。高等專門の諸學校の微分積分學學修者の好伴侶として敢て精讀を推奨する次第である。

微分積分學序論 理学博士 池田芳郎氏著 ¥ 3.00 送 .33

本書は高等諸學校の理科程度の微分積分學に就いて説述したものである。著者は北海道帝國大學理學部に於て微積分の應用を講述してゐる經驗に基き、何人にも不自由なく微分積分學を使用し得ることを目的として、そのために必要と思はるゝ基礎的事は、特に詳しく而も嚴密に詳論し、また數値についても具體的に親まじめる様に力を用ひたものである。

高等學校、同程度諸學校理科、高等工業學校及びその程度の諸學校の教科書又は參考書として最も適當なる良書と信ずる。

高等數學通論 理学博士 池田芳郎氏著 ¥ 2.00 送 .21

著者は自然科学者であり、また數學の研究者として名聲噴々たる人、本書は博士が先に著したる高等數學諸論概要の内容を全然書改め、幾度も推敲改訂したる新たなる甦生にして、高等學校の文科、又は師範學校の專修科程度の數學教科參考書として、正に自信を以て推薦し得るものである。而も本書は博士獨特の懇切平明なる説明を以て實際の應用と妥當なる證明に最も心を用ひて遺憾なからしめたるもの、讀者は生き生きたる興味を以て最新數學各部門の眞髓を讀破解得し得べく此の點、他に較ぶものなき近代稀れに見るの名著なり。

高等數學講義 松村宗譜氏共著 ¥ 3.00 送 .33

本書は所謂高等數學の一通りをあまり固苦しいことを言はないで、極めて分り易く説明したものであつて、中學卒業程度の學力を以て充分理解し得る様最も平明に解説したものである。されば高等數學の一通りを修得せんとする人或はその手近かな應用を目的とする讀者に採つては無比の好伴侶たる良著である。高等學校、專門學校、師範學校專攻科等の教科參考用として又は獨學者、文檢受験者諸氏の師友として、特に一讀を推奨する。

目次概略…… 1 緒論 2 指數函數、對數函數 3 三角函數、逆三角函數 4 解析幾何學 5 導函數 6 基函數、定積分 7 微分方程式 8 順列、組合、確率

微分積分の意味と用法 理学博士 池田芳郎氏著 ¥ 1.20 送 .21

平生用ひる言葉のうちで微分積分學の概念なしには了解されないことがある。例へば速さといふ言葉でも微積分の知識なしには正確に理解されない。従つて初等の物理學などにも既に了解し難いことが幾つもある。たゞ暗記で通さねばならぬことが澤山ある。微積分とは如何なるものか、又如何様にして計算せらるゝものかと云ふ程度を中學の四・五年級の人に容易に理解出来る様に講述したのが本書である。自然的に丁寧な説述してある事は、他に類を見ない物である。中學校の上級、師範學校、女子專門學校、特に微積分の科目のない應用科學、文化科學の專門學校の學生諸君に自信を以て推薦する事の出来る良書である。

高等代數學通論 理学士 山崎榮作氏著 ¥ 4.80 送 .33

高等學校各種專門學校並に文檢受験者の絶好の參考書として定評ある本書は斯學の進運に鑑み改訂して茲に改刻第八版の刊行を見る。本新版に於ては活字を小にし一層内容を充實に努むると共に著しく内容の増加を來し、更に獨學者並に學生諸君の參考に供せんが爲め、例解、問題の模範解答、練習問題等を示す事千二百餘題に亘り、殊に卷末には明治三十年よりの文檢問題を集録して一々懇切なる解答を附して受験者の參考に資せり。高等學校、各種專門學校學生諸君並に文檢受験者の參考として最も適當なるは勿論のこと、數學專攻者一般數學愛好者の必讀缺くべからざる良著である。

最新高等平面幾何學通論 理学士 山崎榮作氏著 ¥ 3.50 送 .33

本書は文檢受験者、中等教員、高師、物理學校並に同程度諸學校の學生諸君の爲に著述せられた物にして嚮に出版せし高等代數學通論の姉妹篇である。先づ定理の證明法より筆を起し、直線形並に圓を詳論し、軌跡、作圖題の意義を根本的に解説し、調和列點、調和東線、極、極線、反形等苟しくも近世幾何學に關する事項は剩す處なく論述し、尙讀者の好參考資料として第一回よりの文檢問題及び文檢委員、並に文檢受験者の苦心談を附記したり。而して四百五十に餘る問題には悉く解答を施し且つ實力養成の爲に二百數十の練習問題をも適宜に挿入し、説明は又丁寧親切を旨とし嚴正を失はざる處に本書の特長がある。「文檢は本書によつて解決され、教授は本書がその根幹となる」と云つても敢て過言ではなからう。

最新高等立體幾何學通論 理学士 山崎榮作氏著 ¥ 2.30 送 .33

本書は純正幾何學の權威たる著者が、多年の經驗と蘊蓄とを傾けて講述せる斯界に於ける唯一の參考書にして、嚮きに編述せられたる本書の姉妹篇、高等平面幾何學通論と共に、中等教員諸氏、文檢受験生諸君並に一般學生諸君の必讀を要すべき好指導書である。而して數百の問題には悉く詳細なる解説を試み、其の間適宜に練習問題を列記し、卷末には文檢問題、補充問題をも添へてある。蓋し近時の幾何學界の代表的參考書として敢て諸賢の一讀を推奨する。

平面解析幾何學講義 理学士 山崎榮作氏著 ¥ 4.50 送 .33

本書は著者多年の研究と經驗とを經緯して、高等學校學生並に文部省教員檢定試験受験者の爲めに編纂せられたるもの、説明は平易簡明を旨とし、而かも論旨の嚴正を失はず、多くの例題を挿入して一々懇切なる解説を施し、和英對譯表、公式一覽表等を設けて専ら讀者の學習に便せり。高等學校並に同程度諸學校の學生、文檢受験者諸君及び斯學研究者の絶好の指針として一讀を推奨す。

立體解析幾何學講義 理学士 山崎榮作氏著 ¥ 3.50 送 .33

本書は高等諸學校學生並に文檢受験者、理工科學生の爲めに、立體解析幾何學を最も平易に講述したるものにして嚮に出版せる平面解析幾何學講義の姉妹篇なり、然かも本書は微積分の力を藉らずに徹頭徹尾初等的説明を以て一貫せるものにして、讀者の了解を助けんが爲めに八十有餘の圖版を挿入し、出来るだけ多くの例解を示して獨學者の便を計り、二百に餘る代表的問題に懇切なる詳解を加へ、術語和英對照表を添へて原書を讀むに便ならしめ、重要な公式表は一括して卷頭に添ふ等丁寧親切を極めり。眞に理解し照破せらるべき斯界唯一の參考書として敢て諸賢の一讀をお薦する。

高等立體圖學 市浦 龍氏 共著 ¥ 3.20 送 .33

任意に與へた二圓錐が共通平面を持つか否か？ 圖學書多しと雖も斯る問題迄で明解を與へたのは本書の他に絶對に無いのである。其他從來見られなかつた嶄新な解説は枚舉に遑がない、更に本書の特徴は圖學の組織化公式化にあつて圖學に對する無味乾燥との評は本書に依つて始めて完全に驅逐せられたのである。而も本書は兩著者の多年教鞭の體驗を基礎とした勞作であつて高等學校、各種專門學校、各大學豫科の教科書として最高標準に立つ良著である。版を重ねる毎に其内容は補足完成せられ圖學界に於ける一大驚異たらんとして居る。今亦増補訂正第五版發行に際しては大訂正を涉すと共に數十頁の増補を加へられたり、圖學試験の最難關たる各帝國大學工學部の入學試験パスきへも實に易々たる事は既に事實が證明して本書の最も誇りとする所である。

わが有機化學(上卷) 理學士 山岡 望氏編 ¥ 3.00 下卷 送 .33 近刊

本書編纂上特に注意を拂つた點は次の通り、①内容は成可く簡素に、然し補充擴張の用意は周密に、②説明は成可く少く、然し秩序的であり、含蓄に富み、③紙幅を大きく視界を潤くして、關係事項を一望の中に大觀するを得しめ、④隨所に餘白を設けて、恣に參考記事を追記するを得しめ、⑤努めて比較考證の手懸りを與へて、自ら學ぶ道を示すこと。
此等の編纂方針を一貫する主旨は自ら學ぶべき有機化學書を提供することにある。されば本書は、決して完備した參考書ではない。未完成の備忘録である。之を完成するのはひとへに讀者の任務であり、又それは讀者の快觀であり、清福であり、又壯業である、楽しみと望みとの中に自ら學んで有機化學をわがものにせんとする諸君の座右に之を贈りたい。(編者)

化學理論及計算 理學士 越山季一氏著 ¥ 5.00 送 .33

理論化學を學ぶ者は一應その理論が了解出來た様に思はれても、夫れを應用して實際問題を如何に計算するかと云ふ事になると屢々困難を感じる。即ち理論と夫れを應用し且つ理解する爲の實際問題の計算とは不離の關係があるにも拘らず此の兩者を述べた書は餘り出てゐない。著者之に鑑み多年の經驗に教授の實際を徴して次の如き目的を以て之を述べた。①化學の理論を徒らに暗記する弊を避けるため、多數の計算例題を示し其の理論の徹底的了解をなす様に努めた。②各章の終りに多くの計算問題を設け、之等に対する理論の應用を以て一層確實なる理論を得る様にした。尙自修者の參考として之に總て解釋を附し其計算の方法を詳述した。③學界の現狀に應ずる爲めに出來得る限り新しい學説を取り入れる様に努めた。④附録として最近十數年間に行はれた各官立大學入學試験問題並に文部省化學科檢定試験問題の内理論及び定量分析に關するものを出來得る限り集めて一々之に解釋を施し讀者の便宜に資した。

- 無機化學要說 理學士 越山季一氏著 ¥ 2.70 送 .21
- 有機化學要說 理學士 越山季一氏著 ¥ 3.00 送 .33
- 理論化學要說 理學士 越山季一氏著 ¥ 3.00 送 .33

高等専門程度の化學に於ては、理論、無機、有機の全般に亘つて相互に連關し、且つ系統立つた知識を得る事が最も必要である。然も近時に於ける化學の發展は頗る廣範圍に亘りその記載事項も極て多種多様であるが、著者は、本著分冊三卷に於て之等雜多の事項に系統的記載と解説を施し、比較的重要なものに就いては繰り返して注意を與へ、充分に理解記憶せしめる事に努めたものである。何が重要であるかに就いては大學の入試問題や文檢問題等は比較的この條件を具へて居り又受験者の最も關心を持つものであるが故に、最近十數年間に行はれたこれ等の試験問題は大部分蒐集分類して夫々の項目に従つて各ページ毎に挿入し且つこれに解説を附し、本文とこれ等の問題とを對比研究する事に依つて重要事項の記憶と理解とを深からしめたもの、又大正十五年度以降の文檢及び大學入試問題等各年度毎に集めて巻末に加へ讀者の通覽參考に便した、高等學校、專門學校の學生諸君は勿論大學・文檢受験等に應ずる者に取つて無二の活羅針たる良著である。

高等無機化學の基礎 理學博士 永海佐一郎氏著 ¥ 5.00 送 .33

著者が東北帝國大學理學部化學教室、第九臨時教員養成所及中等教員夏期講習會に於て試みた無機化學の講義に基いて化學の基礎的事項を暗記的にならぬ様、懇切に説明したものである。週期表上の代表的元素に就いて其主要反應を分解的推理的に考察し以て幾多の化學變化を推理的に誘導せんと試むるもので多くの事項を覺えるに云ふのではなく、それを自ら解釋し得る基礎的常識を養成する事に最も努力したものである。一寸參考しやうと云ふのではなく初めから終り迄精讀すべきものである。著者自らの體驗した實驗に基き述べたもので、先輩著者の受賣りだけは可成避けた積りである。無機化學を教授せらるゝ方々、中等學校教師、高等諸學校の學生、其他化學を修めんとする諸賢の爲め幾分の參考となれば幸である。從來機械的記憶の學問と見なされてゐる化學が、この書によつて興味を以つて推理せられる方々の一人でも多からん事を望む。(著者)

改訂新版 植物學通論 理學士 石川光春氏著 上卷 1.50 合本 4.50 下卷 2.50 送各 .33

高等普通教育の課程の範圍内に於て簡繁度に適へる事、體裁に内容に獨創に富める事、説明の周到懇切なる事、挿圖印刷の鮮美な事等で定評ある本書は、時世の變遷と學問の進歩に鑑み、著者は斷然新しきに従ひ全體に亘つて大改訂補正を加ふると共に、字句體裁を改め、全然新規なものとして、上梓したのが本書である。即ち著者の圓熟せる筆にアップツデーの植物書に書き改められたもので、茲に一々の推獎の辭を略し、只管讀者諸君の判讀に訴へる……。

生物學大觀 理學士 石川光春氏著 ¥ 2.00 送 .33

著者の序に曰く「……動物界と植物界は二又の枝にも似、元は一つで違つた方向に分化したもの、離して考へると同時に兩方を總合して始めて生物體の輪廓を捕へ又核心に觸れる事が出来るのである。兎に角そんなたづきにもと思つて出来るだけ簡潔に纏めて見たのである。或は其邊の程度の參考にもならうか云々と蓋し動植物何れにも偏重せざる手頃にして簡明なる生物學書の乏しき際、本書の上梓の如きは正に其の缺を補ふ可く頗る有意義のものであるを誇りとする。自習用にも教科書にも又専門の學府に向ふ際の準備書として、考を練り記憶を新にし、總合的考察を行ふ際の同伴ともなるべく、或は高等普通教育に於ける文科或は同程度の自然科學及び中等教育博物科擔任諸彦の好參考書なるは言を俟たない。

大學入學試験に於ける生物學問題集附解釋 理學士 石川光春氏著 ¥ 1.80 送 .21

本書は全國の大學入學試験問題中、大正十年以降十三年に亘る生物學關係のものを蒐輯分類し、各問題に就き程度を參照して簡明適切なる解釋を施し、明快なる圖を配して問題の核心に觸れしめたるものである。故に問題解釋全書であると共に問答體の生物學通論と稱す可く、入學準備書と簡明なる生物學學習書の體裁を兼備せる好著である。一瞥二百數十頁の小冊子なれど六號小活字の整版に多數の圖版を伴つて居るので量に於て優に浩瀚なる書物に匹敵す可く而も可成小形に調整したれば携帶に至便、尙ほ巻尾に學校別問題集と術語索引並に對照に便なる圖版添附の工夫等は、蓋し讀者の推賞に價する事と信ずる。即ち大學入學志望者は勿論一般學習者、文檢志望者諸彦の座右に缺く可からざる珍籍である。

生物學顯微鏡實習指針 理學士 石川光春氏著 ¥ 2.00 送 .33

著者の序言に……『扱て當今は簡單にして安價な顯微鏡が普及し、學者、好事家は容易に之に接し得られる便宜があるが、器を利するに前記の様な面倒があるので、見得られる範圍が自然に制限せられ、存分之を使用して未知の世界に思ひの儘に切込む事が出來ないで終らせられる向きも間々ある様子である。本書は其の様際の相談役又は一般の手引にもと、初段より入つて専門に亘らぬ程度の處を解説したものである……』即ち材料でも、試薬でも出來るだけ手軽に得らるゝものを撰び百倍乃至二百倍位の廓大程度で實驗が出来る様に顯微鏡と檢體の取扱方を記したもので、内容豊富、説明頗る懇切、著者自筆の巧なる寫生圖多數は説明を補つて遺憾無きを期してある。されば始めて顯微鏡に接するアマチュア、學者、小中等學校教員諸賢に好個の同伴とも絶好の參考書ともなる可く諸君に必ず満足を與ふる事と信ずる。愛用を給へ！

老 鸞 園 發 行 目 録

本多光太郎氏著	大學程度 改稿	物理學通論	價 5.00 送 .33
本多光太郎氏著	高度	物理學本論(上卷)	價 2.50 送 .33
本多光太郎氏著	高度	物理學本論(下卷)	近 日 發 賣
本多光太郎氏著		物理學詳解講義	價 5.00 送 .33
川北 清氏著		物理學(上卷) <small>力學性</small>	價 6.00 送 .33
山田光雄氏著		物理學大要	價 2.50 送 .21
眞島正市氏 外四名共著		應用物理學實驗	價 4.00 送 .33
福井私城氏著	質疑 解説	復習用物理學	價 2.80 送 .21
福井私城氏著	新制	物理學精解(全二冊)	上 2.50 下 2.50
庄司彦六氏著	高等教育 補習復習	物理學問題集附註解	價 2.00 送 .21
山田光雄氏著		ベクトルとテンソル	價 3.50 送 .21
三枝彦雄氏著		電子論	價 4.00 送 .33
三枝彦雄氏著		新電 子	價 4.00 送 .33
三枝彦雄氏著		電 磁 氣 力	價 5.00 送 .33
玉城嘉十郎氏著		質點の力學	價 4.50 送 .33
玉城嘉十郎氏著		剛體の力學	近 刊
玉城嘉十郎氏著		彈性體及流體の力學	價 4.50 送 .33
三枝彦雄氏著	最近に 於ける	物理學の發展	價 1.50 送 .21
青木一郎氏譯	マツハカ學の發達と その歴史的批判的考察		價 5.00 送 .33
日下部四郎太氏著 菊田善三氏		球面天文學	價 2.80 送 .21
日下部四郎太氏著		地震學汎論	價 4.00 送 .33
田邊尙雄氏著	最近科學上 より見たる	音樂の原理	價 5.00 送 .33
竹内時男氏著		科學者群像學	價 1.50 送 .21
市浦健氏共著 船越義房氏		高等立體圖學	價 3.20 送 .21
船越義房氏著		高等圖學演習 <small>第一輯</small>	平面圖學 .25
船越義房氏著		高等圖學演習 <small>第二輯</small>	立體圖學ノ一 .22
船越義房氏著		高等圖學演習 <small>第三輯</small>	立體圖學ノ二 .55
船越義房氏著		高等圖學演習 <small>第四輯</small>	立體圖學ノ三 .38
船越義房氏著		高等圖學演習 <small>第五輯</small>	立體圖學ノ四 .30
船越義房氏著		高等圖學演習 <small>第六輯</small>	近 刊
竹内時男氏著		新原の物理學(春夏の卷)	價 1.50 送 .15
竹内時男氏著		四季の物理學(春夏の卷)	價 2.80 送 .21
竹内時男氏著		四季の物理學(秋冬の卷)	價 3.50 送 .21
竹内時男氏著		子 辨	價 1.00 送 .15
竹内時男氏著	工業物理學 第一	電眞	價 1.20 送 .15
竹内時男氏著	工業物理學 第二	統計	價 1.20 送 .15
竹内時男氏著	工業物理學 第三	力學	價 1.20 送 .15

老 鸞 園 發 行 目 録

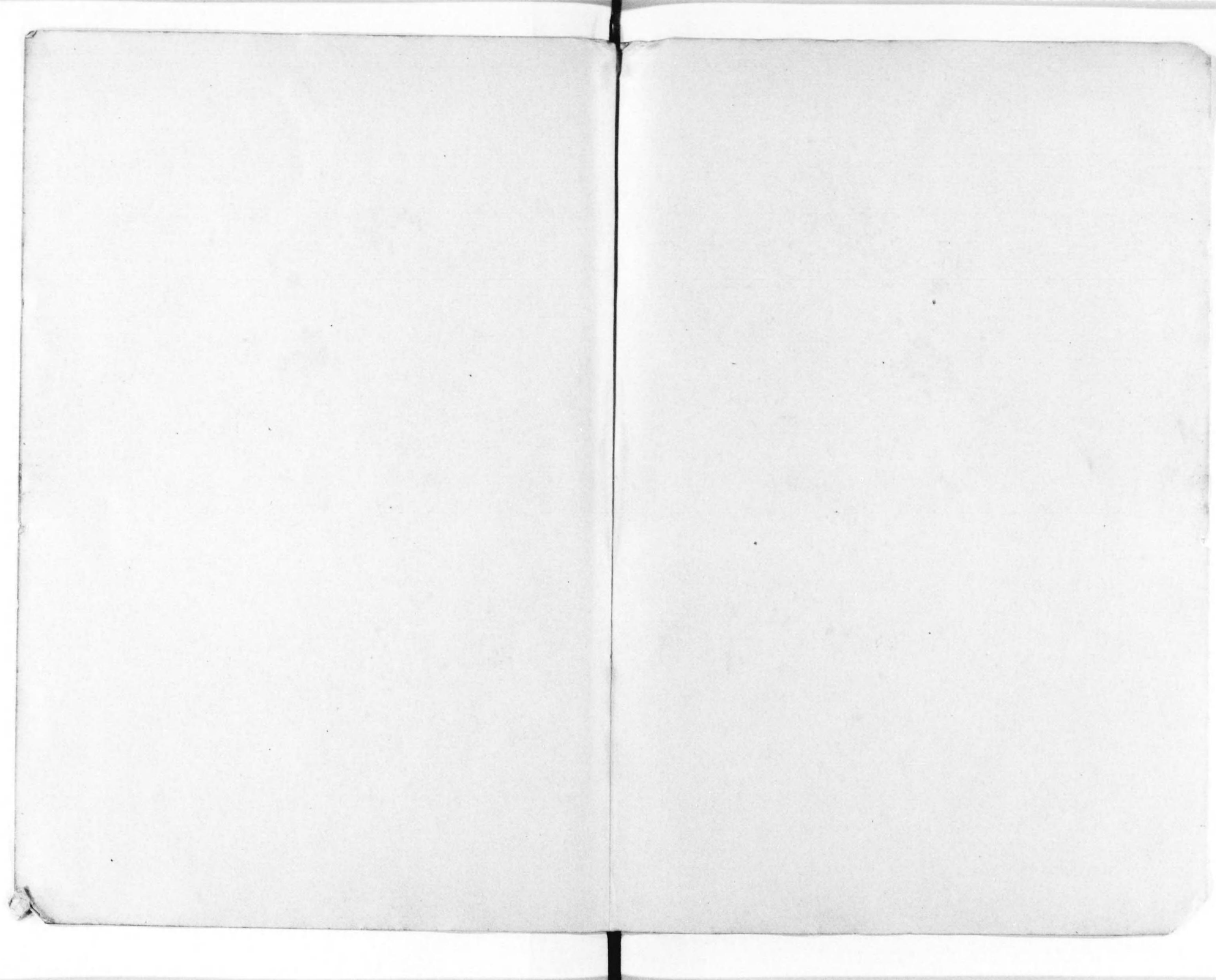
竹内時男氏著	工業物理學 第四	最新應用X線分析	價 1.40 送 .15
竹内時男氏著	工業物理學 第五	スペクトルと量子化學	價 1.80 送 .15
竹内時男氏著	工業物理學 第六	測定と圖表	價 1.80 送 .15
竹内時男氏著	工業物理學 第七	電子波實驗とマトリックス	價 1.40 送 .15
濱住松二郎氏著		金の屬材料	價 15.00 送 .33
濱住松二郎氏著		近代の金屬材料	價 8.50 送 .33
山田良之助著		材料試驗法	價 4.50 送 .33
濱住松二郎氏著		冶金學	價 3.00 送 .21
遠藤彦造氏著		鐵鋼の腐蝕と防錆の研究	價 13.00 送 .33
遠藤彦造氏著		耐酸耐蝕金屬及合金術	價 6.00 送 .33
近重眞澄氏著		東洋鍊金術	價 2.50 送 .21
加瀬勉氏著	工業 と	金屬屬	價 3.00 送 .21
加瀬勉氏著		金屬と人生	價 3.50 送 .21
甲斐茂吉氏著		飛行機の強度計算法と設計例	價 4.00 送 .33
甲斐茂吉氏著		飛行機の理論と設計	價 7.80 送 .33
池田芳郎氏共著 加藤敏郎氏		流體力學と翼並に水力機の理論	價 4.50 送 .33
永井彰一郎氏著	土木建築 主要材料	窯業品の化學・製造及試験法	價 6.50 送 .33
永井彰一郎氏著		珪酸鹽工業要覽	價 4.50 送 .33
庄司 務氏著	無機 化學	標準工業分析法	價 2.50 送 .33
中江大部氏著		油脂工業化學	價 7.00 送 .33
中江大部氏著		石鹼製造化學	(改刻新版中)
西澤勇志智氏著		纖維素塗料	價 6.50 送 .33
西澤勇志智氏著	新兵器 化學	毒ガスと煙	價 7.00 送 .33
西澤勇志智氏著	新兵器 化學	花火の研究	價 8.50 送 .33
日本化學會編	增訂 五版	化學語彙	價 3.00 送 .21
片山正夫氏著		化學本論	(改刻新版中)
永海佐一郎氏著	高等 教育	無機化學の基礎	價 5.00 送 .33
越山季一氏著		化學理論及計算	價 5.00 送 .33
越山季一氏著		無機化學要說	價 2.70 送 .21
越山季一氏著		有機化學要說	價 3.00 送 .33
越山季一氏著		理論化學要說	價 3.00 送 .33
加納清三氏著		近世有機化學講義(全二冊)	上 6.50 下 6.50
山岡 望氏著		有機化學構造論(全二冊)	上 6.00 下 7.50

老鶴園發行目錄

山岡 望氏編	わが有機化學(上卷)	價 3.00	送 .21
山岡 望氏編	わが有機化學(下卷)	近 刊	
森山剛一郎氏著	實驗有機合成化學(全二册)	上 2.80 下 8.50	
森 元七氏著	酵素化學(理論)	價 5.80	送 .33
田中正三郎氏著	電氣化學實驗法	價 3.80	送 .33
加藤與五郎氏著	電氣化學	價 2.20	送 .21
カールスロー氏著 竹前源藏氏譯	熱傳導論	價 7.50	送 .33
カールスロー氏著 竹前源藏氏譯	フーリエ級數及積分論	價 8.00	送 .33
藤原松三郎氏著	微分積分學(第一卷)	價 7.50	送 .33
山田光雄氏著	ローレンツ微分積分學	價 10.00	送 .33
岡田良知氏著	高等微分積分學	價 3.80	送 .33
池田芳郎氏著	フーリエ級數とルジャンドル並にベツセルの函數(專用數)	價 4.50	送 .33
池田芳郎氏著	微分積分の意味と用法	價 1.20	送 .21
池田芳郎氏著	微分積分學序論	價 3.00	送 .33
池田芳郎氏著	高等數學通論	價 2.00	送 .21
池田芳郎氏著	高等角寫像とその方法	價 4.00	送 .33
松村宗治氏共著 服部 博氏	高等數學講義	價 3.00	送 .33
松村宗治氏著	絶體微分學概要	價 2.20	送 .21
藤原松三郎氏著	代數學(全二册)	一卷 價 7.50 二卷 價 8.50	
山崎榮作氏著	高等代數學通論	價 4.80	送 .33
山崎榮作氏著	最新高等平面幾何學通論	價 3.50	送 .33
山崎榮作氏著	最新高等立體幾何學通論	價 2.30	送 .33
山崎榮作氏著	平面解析幾何學講義	價 4.50	送 .33
山崎榮作氏著	立體解析幾何學講義	價 3.50	送 .33
石尾貞朝氏著	疾病と藥劑處方	價 2.80	送 .21
石尾貞朝氏著	常用新藥と處方	價 3.50	送 .21
早田文藏氏著	植物分類學(第一卷)被子植物篇	價 15.00	送 .45
早田文藏氏著	植物分類學(第二卷)被子植物篇	價 10.00	送 .45
矢部吉讀氏共譯 大賀一郎氏	パラディン植物生理學	價 7.00	送 .33
大賀一郎氏譯	マキシモフ植物と水	近日發賣	
篠遠喜人氏著	日本細胞學史	價 6.50	送 .33
田原正人氏著	細胞學總論	價 3.50	送 .33
石川光春氏著	改刻新版植物學通論	上 1.50 下 2.50 合本 4.50	

老鶴園發行目錄

石川光春氏著	大學入學試驗に於ける生物學問題集附解釋	價 1.80	送 .21
石井重美氏共著 石川光春氏	性と生殖の原理	價 3.00	送 .33
石川光春氏著	生物學大觀	近 刊	
石川光春氏著	生物學顯微鏡實習指針	價 2.00	送 .21
白井光太郎氏著	樹木和名考	價 15.00	送 .33
岡村金太郎氏著	藻類系統考學	價 20.00	送 .45
戸澤富壽氏著	動物系統解剖學	價 5.50	送 .33
山田復之助氏著	鑛山の開發と經營法	價 3.00	送 .33
岩崎重三氏著	日本探鑛	價 3.50	送 .33
岩崎重三氏著	金銀	價 3.80	送 .33
岩崎重三氏著	應用鑛物學	價 8.50	送 .33
早坂一郎氏著	日本地史の研究	價 5.50	送 .33
岩崎重三氏著	日本鑛石學(第一卷)石炭篇	價 6.50	送 .33
高橋純一氏補訂	ヴェルナー地球化學	價 6.50	送 .33
須藤新吉氏著	論理學綱要	價 1.50	送 .21
ウオルフガング氏著 佐久間 鼎氏譯	ゲシタルト心理學	價 3.20	送 .33
佐久間 鼎氏著	ゲシタルト心理學の立場	價 1.20	送 .21
佐久間 鼎氏著	運動の知覺	價 1.20	送 .21
吉岡修一郎氏著	ゲシタルトの根本原理 ケーレル「物理的ゲシタルト」の解説	價 2.00	送 .21
佐久間 鼎氏著	一般音聲學(發音と發聲)	價 3.20	送 .33
小幡重一氏著	音樂愛好者のための音響學	價 3.20	送 .33
齋藤 响氏譯	カントとフッサール	價 2.80	送 .21
齋藤 响氏譯	認識批判的形而上學	價 1.50	送 .21
齋藤 响氏譯	スピノザ全集(第一卷)	價 2.50	送 .21
齋藤 响氏譯	スピノザ全集(第二卷)	價 2.50	送 .21
ブラットリー氏著 菅山第三郎氏譯	シエクスタ悲劇の研究	價 5.50	送 .33
ハアゲマン氏著 新關良三氏譯	舞臺藝術(演劇の實際と理論)	價 5.50	送 .21
フランク・ティス氏著 水田 龍雄氏譯	舞踊理論	價 4.50	送 .21
永田龍雄氏著	泰西舞踊十二講	價 4.50	送 .21
倉橋惣三氏著	幼稚園雜草	價 2.50	送 .21
日本幼稚園編	幼児に聞せるお話	價 3.80	送 .21
日本幼稚園編	幼児の楽しむお話	價 2.80	送 .21



特 232

674

¥. 1.00

終