

高等學校教學用書

# 物理實驗指南

第二冊

Т. Н. БОГДАНОВА, Е. П. СУББОТИНА 著  
劉立本 徐培光 張季達 譯

高等教育出版社

高等學校教學用書



# 物理實驗指南

第二冊

熱學 電學 幾何光學

T. H. 勃格達諾伐, E. H. 蘇勃梯那著  
劉立本 徐培光 張季達譯

高等教育出版社



本書係根據蘇聯“蘇聯科學出版社”(“Советская наука”)出版的勃格達諾伐(Т. Н. Богданова)和蘇勃梯那(Е. П. Субботина)合著,拔烏姆爾忒(К. К. Баумгарт)教授校的“物理實驗指南”(Руководство к практическим занятиям по физике)譯出的。原書經蘇聯高等教育部審定爲高等學校教學參考書。

原書分兩冊出版。上冊是1949年增訂第三版(譯本第一、二冊)。下冊是1950年版(譯本第三冊)。

譯本第一冊內容爲序論,及力學聲學,物性學方面的實驗。第二冊內容爲熱學,電學及幾何光學方面的實驗。第三冊內容爲電磁學及物理光學方面的實驗。

第二冊由劉立本(熱學,電學及附表),徐培光(幾何光學8—16),張季達(幾何光學1—7)譯,劉立本校。

本書的蘇聯人名係根據科學院語言研究所1953年7月公布之俄英法德人地名漢字音譯初稿譯的。

## 物 理 實 驗 指 南

### 第 二 冊

書號348(課324)

勃格達諾伐, 蘇勃梯那 著

劉立本 徐培光 張季達 譯

高等教育出版社 出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

新華書店 總經售

商務印書館印刷廠印刷

上海天通菴路一九〇號

開本850×1168 1/32 印張7 8/16 字數 183,000

一九五五年七月上海第一版 印數 1—3,300

一九五五年七月上海第一次印刷 定價(7) 羊0.96

# 第二冊目錄

|     |                                                        |    |
|-----|--------------------------------------------------------|----|
| I   | 熱學                                                     | 1  |
| 1.  | 量熱器水當量的測定                                              | 1  |
| 2.  | 固體比熱的測定                                                | 2  |
| 3.  | 量熱器散於周圍介質中熱量的測定                                        | 4  |
| 4.  | 熱的不良導體的比熱之測定                                           | 6  |
| 5.  | 用電熱法測定液體的比熱                                            | 10 |
| 6.  | 液體比熱的測定 用連啞(Реньо)法計算輻射修正 [К. Я. 卡斯帕囉夫 (Каспаров) 的裝置] | 13 |
| 7.  | 液體比熱的測定 輻射法                                            | 18 |
| 8.  | 用克列曼(Клеман)和迭所囉姆(Дезорм)法測定比值 $k = \frac{c_p}{c_v}$   | 23 |
| 9.  | 冰的熔解熱之測定                                               | 28 |
| 10. | 錫的熔解熱之測定                                               | 31 |
| 11. | 水的汽化熱之測定                                               | 34 |
| 12. | 用焦耳(Джоуль)法測定熱功當量[那喇師勤(Н. А. Нарышкин)的裝置]            | 37 |
| 13. | 固體線脹係數的測定 [列囉曼托夫(В. В. Лермантов)的裝置]                  | 39 |
|     | 方法 I                                                   | 39 |
|     | 方法 II                                                  | 41 |
| 14. | 用甫尤斯(Фюсс)法測定固體的線脹係數                                   | 45 |
| 15. | 用杜隆-珀替(Дюлонг и Пти)法測定水銀的體脹係數                         | 46 |
| 16. | 空氣的熱膨脹係數之測定                                            | 49 |
| 17. | 絕對和相對溼度的測定                                             | 54 |
| 18. | 金屬內部熱傳導係數的測定                                           | 61 |
|     | 方法 I                                                   | 61 |
|     | 方法 II                                                  | 63 |
| 19. | 硬橡膠的內部熱傳導係數之測定                                         | 66 |
| 20. | 橡皮的內部熱傳導係數之測定                                          | 68 |
| 21. | 熱的不良導體的內部熱傳導係數之測定                                      | 72 |
| 22. | 液體的內部熱傳導係數之測定                                          | 75 |
| 23. | 氣體燃燒熱的測定                                               | 80 |
| II  | 電學                                                     | 85 |

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| 1. 用安培計和伏特計測定發光着的電燈之電阻                            | 85  |
| 2. 用惠斯通 (Уитстон) 線電橋測定電阻                         | 86  |
| 3. 用惠斯通電阻箱式電橋測定電阻                                 | 89  |
| 4. 電阻溫度計的定標                                       | 90  |
| 5. 用擴爾啦烏師 (Кольрауш) 法測定電解液的電阻                    | 92  |
| 6. 伽伐尼電池作用之研究                                     | 94  |
| 7. 用抵消法測定電池的電動勢                                   | 98  |
| 8. 用抵消法測定電池的內電阻                                   | 101 |
| 9. 用克拉克 (Кларк) 法比較電動勢                            | 103 |
| 10. 用抵消法測定溫差電偶的電動勢                                | 104 |
| 方法 I                                              | 104 |
| 方法 II                                             | 106 |
| 11. 用伏特計法測定溫差電池組的電動勢 [И. К. 俗部哩次契 (Зубрицкий) 裝置] | 109 |
| 12. 光電管電動勢的測定                                     | 111 |
| 13. 電池電動勢的比較                                      | 113 |
| 14. 用勃斯克 (Боск) 抵消法比較電池的電動勢                       | 114 |
| 15. 銅的電化當量之測定和法拉第常數之計算                            | 117 |
| 16. 用列囑曼托夫 (Лермантов) 氣解電量計將安培計校準                | 119 |
| 17. 用霍甫曼氣解電量計將安培計校準                               | 122 |
| 18. 電流的熱當量之測定                                     | 123 |
| 方法 I                                              | 123 |
| 方法 II                                             | 125 |
| 19. 電池組的功率                                        | 127 |
| 20. 電流計的分流, 電阻和靈敏度的測定                             | 130 |
| 方法 I                                              | 130 |
| 方法 II                                             | 134 |
| 21. 電流計靈敏度的測定, 把電流計作伏特計及安培計時之用法                   | 136 |
| 22. 用抵消法將伏特計定標                                    | 139 |
| 23. 用電勢計法將安培計校準                                   | 142 |
| 24. 陰極管                                           | 144 |
| 25. 三極管的特性和它的參量                                   | 147 |
| 26. 由磁場中陰極射線的偏轉測定電子的荷質比之數量級                       | 154 |
| 27. 換流機的研究                                        | 158 |

### III 幾何光學 165

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 1. 用光度計測定電燈的發光強度和比功率          | 165 |
| 2. 用光電管驗證反平方定律, 光電管靈敏度的測定     | 168 |
| 3. 球面鏡的研究 凹鏡及凸鏡的曲率半徑和焦距之測定    | 173 |
| 4. 凸透鏡和凹透鏡主焦距之測定              | 179 |
| 5. 用薩爾啦烏師法測定凸透鏡的曲率半徑          | 182 |
| 6. 平凸透鏡的曲率半徑、焦距和折射率之測定        | 185 |
| 7. 透鏡的主焦距和曲率半徑及透鏡材料和液體的折射率之測定 | 187 |
| 8. 望遠鏡放大率的測定                  | 193 |
| 9. 顯微鏡放大率的測定                  | 195 |
| 10. 用凹鏡測定液體的折射率               | 197 |
| 11. 用顯微鏡測定液體的折射率              | 199 |
| 12. 用顯微鏡測定平薄板的折射率             | 203 |
| 13. 用內全反射法測定液體的折射率            | 204 |
| 14. 用阿貝(Abbe)折射計測定液體的折射率      | 208 |
| 15. 用浦爾甫哩阿折射計測定折射率            | 212 |
| 16. 分光計的定標和吸收光譜的研究            | 216 |
| 物理量表                          | 220 |
| 表 I. 氣壓計讀數對於溫度的修正             | 220 |
| 表 II. 飽和空間的水蒸氣壓強              | 221 |
| 表 III. 各種壓強時水的沸點              | 221 |
| 表 IV. 固體的線脹係數、比熱、熱導率和熔點       | 222 |
| 表 V. 液體的體脹係數、比熱、凝固點和沸點        | 222 |
| 表 VI. 水的比熱                    | 223 |
| 表 VII. 電化當量                   | 223 |
| 表 VIII. 18°C 時金屬的比電阻          | 223 |
| 表 IX. 各種物質對於鈉線的折射率            | 224 |
| 表 X. 某些元素主要光譜線的波長             | 224 |
| 表 XI. 乾溼球溼度計表                 | 225 |
| 表 XII. 用望遠鏡及標度法測定電流計的偏角時之修正表  | 227 |
| 參考書                           | 228 |
| 中俄人名對照表                       | 229 |

# I. 熱學

## 1. 量熱器水當量的測定

在熱學部分用量熱器的那些實驗中，必須計及量熱器、攪拌器和溫度計所吸收的熱，因此在所有這些實驗中必須測定所謂量熱器的水當量。

使物體溫度上升  $1^{\circ}\text{C}$  所需之熱量稱為物體之水當量。均勻物體之水當量等於物體之質量乘它的比熱。因為水的比熱等於 1，那麼物體的水當量數值上等於這樣多的水的質量，它溫度上升 1 度與所給物體溫度上升 1 度需要一樣多的熱量。如果知道量熱器容器和它的附件的材料的比熱，那麼量熱器的水當量  $\omega$  由下式確定：

$$\omega = m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3,$$

上式中  $m_1$  和  $c_1$  表容器材料的質量和比熱；

$m_2$  和  $c_2$  表攪拌器材料的質量和比熱；

$m_3$  和  $c_3$  表溫度計材料的質量和比熱。

量熱器的水當量也可以用實驗的方法測定。

稱衡量熱器的內筒。設其質量為  $M_1$ 。裝水入其中差不多到一半，再稱衡。設現在其質量為  $M_2$ 。那麼差  $M_2 - M_1$  就是水的質量  $M$ 。將量熱器的內筒放入外筒中，將溫度計沉入水中並測其溫度。設此溫度等於  $t_1$ 。取來一些熱水，測定它的溫度，倒入量熱器中。將水攪拌，達到穩定狀態時測定混合物的終溫。設熱水之溫度為  $T$  且終溫為  $t_2$ 。再稱衡量熱器的內筒。如果現在它的質量為  $M_3$ ，那麼  $M_3 - M_2 = M'$  即為所加熱水之質量。寫下熱量平衡方程式。熱水損失  $M'(T - t_2)$  卡。冷水和量熱計得

$$(M + \omega)(t_2 - t_1) \text{ 卡,}$$

因此,  $(M + \omega)(t_2 - t_1) = M'(T - t_2),$

由此 
$$\omega = \frac{M'(T - t_2)}{t_2 - t_1} - M_0.$$

**溫度計水當量的測定** 溫度計由玻璃和水銀構成。1 立方厘米之玻璃和 1 立方厘米水銀差不多有相同之水當量, 所以此時特別方便。事實上, 玻璃之比熱等於 0.19 卡/克度, 而水銀之比熱等於 0.033 卡/克度。因此, 1 立方厘米玻璃之水當量為  $0.19 \times 2.5 = 0.47$  卡/度, 1 立方厘米水銀之水當量為  $0.033 \times 13.6 = 0.45$  卡/度。通常只計算溫度計沉入水中部分  $V$  的水當量, 取  $0.46 V$  卡/度, 作為溫度計的水當量。

將溫度計沉入裝在量筒內的液體中就可以測定  $V$ 。

溫度計的水當量  $\omega$  也可以用實驗法確定。將溫度計放在熱水 (溫度到  $30^\circ$ ) 中熱到溫度  $T$  以後, 必須很快地將它沉入稱過的少量  $m$  的水中, 水的溫度因此由  $t'$  升到  $t''$ , 那麼

$$\omega = \frac{m(t'' - t')}{T - t'}.$$

## 2. 固體比熱的測定

**混合法** 將溫度  $T$  度,  $m$  克物質 (要測其比熱的) 沉入質量為  $M_1$  克 (連攪拌器一起), 並裝着質量  $M$  克水的量熱器中, 當時溫度為  $t$  度。物體將它自己的多餘熱量給予量熱器, 因此後者的溫度升到  $t_1$ 。以  $c_x$  表物體的平均比熱,  $c$  表量熱器和攪拌器材料的比熱。那麼, 物體給量熱器之熱量為:

$$c_x m (T - t_1).$$

量熱器由物體所得之熱量為:

$$(M_1 c + M)(t_1 - t),$$

因此,

$$c_x m (T - t_1) = (M_1 c + M)(t_1 - t),$$

$$c_x = \frac{(M_1 c + M)(t_1 - t)}{m(T - t_1)}. \quad (1)$$

量熱器和攪拌器是黃銅作的，因此， $c=0.092$  卡/克度。

物體在特製的可移動的加熱器中加熱。

應該很小心的將物體沉入量熱器中以免將水濺出。物體沉入量熱器後，必須不停地將水攪動，一直到水的溫度升到最高，然後開始下降為止。取最高溫度作為量熱器的終溫。

當推導公式(1)時，假設量熱器由物體所得之熱量全部用於升高溫度。但事實上並不是這樣。如果量熱器之溫度高於周圍空間之溫度，量熱器將一部分熱量給它周圍的物體(傳導、對流、輻射)。但如量熱器的溫度比它周圍物體的溫度為低，則量熱器由它們得到熱量。量熱器與它周圍物體間之溫度差愈大，實驗時間愈長，則量熱器所損失之熱愈多。為了要減少熱量損失，將量熱器放入金屬保護容器內，通常用絨把這保護容器包起來。量熱器在此儀器中是放在一個架子上的，此架由任一熱的不良導物質(木、硬橡膠、軟木)作成，這樣就可使量熱器之壁與保護容器之壁間隔一層空氣。

所有這些預防措施都只能減少熱損失，但不能完全免除它。為了要使熱損失非常小，必須使量熱器始溫低於室溫之度數剛剛等於它的終溫高於室溫之度數(2.5—3 度)。

那麼在實驗的前半時間，當量熱器之溫度低於它周圍物體之溫度時，量熱器由它們所得之熱差不多等於在實驗的後半時間，當量熱器之溫度高於周圍物體之溫度時它所給它們之熱。

被研究物體、量熱器和水之質量在別囑士天平上測定，準確到 0.5 克。要確定量熱器中水之質量，先稱空量熱器(和攪拌器一起)，然後裝水再稱。所得之差即水之質量。

用刻成十分之一度的溫度計測定量熱器之溫度準確到  $0.01^{\circ}$ 。

**實驗用具** (1)被研究物體；(2)放在特製木架上的量熱器，另帶攪拌器；(3)加熱器；(4)將物體由加熱器移到量熱器中的用具；(5)量度量熱器溫度用的分度為  $0.1^{\circ}$  的溫度計；(6)將物體由量熱器中取

出用的黃銅鉤子；(7)別囉士天平。

### 3. 量熱器散於周圍介質中熱量的測定

在用混合法測固體比熱的時候，由熱物體沉入量熱器水中時起，到水與物體溫度達到平衡以後而得水之終溫時止，這中間的時間是相當長的。在此時間中由於水的輻射和蒸發，散於周圍介質中之熱是很多的。

我們在此敘述一個方法，利用它可以估計這個損失並確定水之終溫的修正。此修正之全部計算係根據牛頓定律，由它可得物體在冷卻時所失之熱  $q$  與物體之表面積、時間、和物體及周圍介質間之溫度差成正比。此定律以下式表之：

$$q = A(\theta - \tau)ST$$

上式中  $A$  表比例係數， $\theta$  表物體溫度， $\tau$  表介質溫度， $S$  表物體表面積及  $T$  表時間。牛頓定律是實驗的冷卻定律，它只能用於溫度差  $(\theta - \tau)$  不超過  $5^\circ$  之情況。因此量熱器的變動的溫度應與周圍空氣之溫度  $\tau$  相差不大於  $5^\circ$ 。

當熱物體沉入量熱器中時，那麼量熱器中水溫開始時很快地上升，

達到某一最高值，然後再始下降。

此溫度之下降開始時是不均勻的，經過一段時間就變均勻了。

量熱器水溫之變化可以用圖表示。設橫標表時間，且原點  $O$  表熱物體沉入水中之

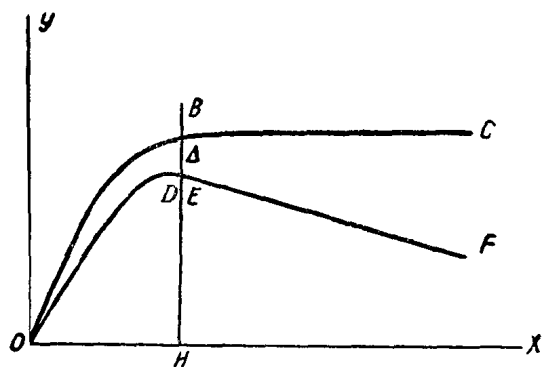


圖 120

時刻。先設曲線  $OBC$  (圖 120) 之縱標表完全沒有因輻射而引起熱損失

時假定觀察到的量熱器之溫度值，它們是時間的函數。曲線先上升，然後由某點  $B$  開始，變得平行於橫軸。顯然，直線  $BC$  的點的縱標表所求水在它與沉於其中的物體作熱交換後之終溫。曲線  $ODEF'$  表實際觀察到的溫度變化。具有最高縱標之  $D$  點對應於量熱器由沉於其中物體所得之熱剛剛等於由輻射所失之熱的片刻。由此片刻起，損失就要超過獲得，於是由  $E$  點起得到曲線的  $EF$  部分，可以當它是直線。此時熱的獲得等於零，於是量熱器和物體一起均勻地冷卻下去。由圖可知觀察到的最高溫度（ $D$  點之縱標）不能用來確定點  $B$  之縱標之量  $\theta$ 。以  $\theta_n$  表點  $E$  之縱標；即觀察到的一系列均勻下降溫度中的開始溫度。再讓  $BE = \Delta$ ，它表量熱器中自沉入物體時起到讀得溫度  $\theta_n$  時止，由於輻射和蒸發，量熱器溫度之下降值。顯然

$$\theta = \theta_n + \Delta, \quad (1)$$

於是全部問題歸結成確定  $\Delta$ 。

為此將觀察時間分爲兩部分。橫標  $OH$  所表的時間，即由熱物體沉入量熱器起，到看到水的最高溫度的時間作爲第一時間。

從水溫開始下降以後之時間作爲第二時間。在第一時間內經過同樣的時間間隔，例如經過 1 秒，記下水之溫度。以下列記號表這些觀察所得溫度

$$\theta_0, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{n-1}, \theta_n。$$

顯然  $\theta_0 = t$ ，當熱物體沉入水中時水之溫度，而  $\theta_n$  等於點  $E$  之縱標。

在第二時間內也經過同樣的時間間隔繼續觀察溫度。這些水的溫度表以：

$$\delta_0, \delta_1, \delta_2, \dots, \delta_{m-1}, \delta_m。$$

顯然  $\delta_0 = \theta_n$ 。然後再以  $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_n$  表第一時間的那些時間間隔中間周圍空氣之溫度並以  $\tau$  表第二時間內空氣之平均溫度。以  $\delta$  表由  $\delta_0$  到  $\delta_m$  諸量之平均值。求出第二時間內一個時間間隔內之平均溫

度下降  $\eta$ 。我們得：

$$\eta = \frac{\delta_0 - \delta_n}{m}.$$

因為在第二時間內量熱器中水的溫度超過周圍空氣溫度  $\delta - \tau$  度而這個超過在一個觀察間隔時間內使量熱器冷了  $\eta$  度，那麼我們可以說水之溫度超過等於  $1^\circ$  時，在同樣時間內引起的溫度下降  $\varepsilon$  應小  $(\delta - \tau)$  倍，即

$$\varepsilon = \frac{\eta}{\delta - \tau}.$$

那麼如果量熱器中水之溫度超過為  $x$ ，那麼溫度下降為  $\varepsilon x$ 。現在再來計算第一時間內溫度之下降。第一時間內每一時間間隔中水之平均溫度為：

$$\frac{\theta_0 + \theta_1}{2}, \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}, \frac{\theta_2 + \theta_3}{2}, \dots, \frac{\theta_{n-1} + \theta_n}{2}.$$

在這些時間間隔中水溫度比周圍介質溫度之超過為：

$$\frac{\theta_0 + \theta_1}{2} - \tau_1, \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} - \tau_2, \frac{\theta_2 + \theta_3}{2} - \tau_3, \dots, \frac{\theta_{n-1} + \theta_n}{2} - \tau_n.$$

以  $\varepsilon$  乘這些差，我們得到第一時期各間隔內量熱器溫度之下降，取這些下降之和，我們就得到所求量  $\Delta$ ，它出現在等式(1)中，等於第一時間內水溫度之總下降。於是

$$\Delta = \left( \frac{\theta_0 + \theta_1}{2} - \tau_1 + \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} - \tau_2 + \dots + \frac{\theta_{n-1} + \theta_n}{2} - \tau_n \right) \frac{\eta}{\delta - \tau}.$$

將此修正加到觀察所得量熱器之終溫中就抵消了流入周圍空間中之熱損失。將量  $\Delta$  之值代入等式(1)，就得到修正過的量熱器的水的終溫  $\theta$ 。

**實驗用具** (1)要確定比熱的物體(金屬圓柱)；(2)放在木架上帶攪拌器的量熱器；(3)加熱器；(4)水；(5)標度分為  $0.1$  度的溫度計。

#### 4. 熱的不良導體的比熱之測定

如果任一熱的不良導體，例如一塊橡皮，把它加熱並沉入溫度低得多的水中，那麼須要等很長時間才能使水與物體的溫度相等。因此，當用混合法測定此種不良導體之比熱時，將熱物體沉入量熱器中後，量熱器要損失很多熱量到周圍介質中。在本實驗中估計了這個熱損失並確定假定沒有向周圍介質之輻射時物體和水之終溫。終溫之修正值由水溫觀測結果之圖解求出。

**實驗的描述** 將實驗用物體（一塊橡皮）懸掛起來並沉入加熱器或沸水中。要使物體熱透，必須讓它在那兒多放一會，不少於半小時。當物體加熱時，秤衡量熱器中的水。在將物體由加熱器移到量熱器中前幾分鐘，就開始經過相等的一些時間間隔記下量熱器中水之溫度。攪動水。觀察物體之溫度，將它移到量熱器中並記下沉入時間。如果在熱物體沉入量熱器前量熱器中水之溫度變得很快，那麼在沉入熱物體時水之精確溫度可根據沉入前那些溫度計的記錄，從最後取水溫記錄時刻外推到物體沉入水中時刻算出。將物體沉入量熱器後，繼續攪動水，在幾個一定的時間間隔之末，記下溫度計的讀數。一直記到水之溫度達到最高值然後又下降 2 或 3 度為止。必須將水溫記錄在坐標紙上畫圖表出，橫標上畫時間，而對應的溫度畫在縱標上。所得曲線表出了水溫隨時間變化的過程（圖 121）。

圖 121 上的曲線 *A* 表示當量熱器中水的溫度達到最高值後，就開始冷却。溫度降低的速度開始時是很大的。此速度在某一時間內差不多不變。後來，視溫度下降的程度，冷却速度慢慢減小。

當溫度降低速度不變時，可以用繪圖法確定它。為此必須在對應於溫度降低速度開始不變之點作曲線 *A*（圖 121）之切線，並算出此冷却曲線之切線對 *X* 軸之傾角之正切。

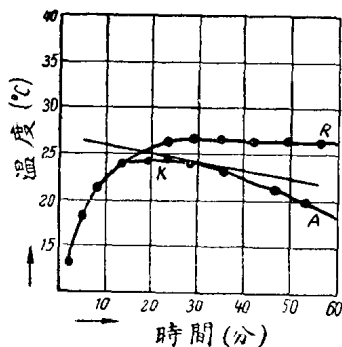


圖 121

在圖 121 中，曲線  $A$  的  $K$  點就是適合於上述情況之點。在此點畫曲線  $A$  的切線。必須注意當水温等於室温時，水之冷却速度等於零。

有兩個冷却速度時，還可以得到第二個圖。這就是水温與冷却速度關係圖。此時(圖 122)在橫軸上畫溫度之值，縱軸上畫冷却速度。設圖上  $M$  點表量熱器中水之冷却速度開始不變時之水温，而縱標  $MP$  表此溫度時之冷却速度之數量。設  $N$  點對應於室温。在此溫度時冷却速度為零。那麼就可用圖解法由直線  $NP$  (圖 122) 確定由室温到對應於水之不變的冷却速度之溫度範圍內任一溫度時之冷却速度。

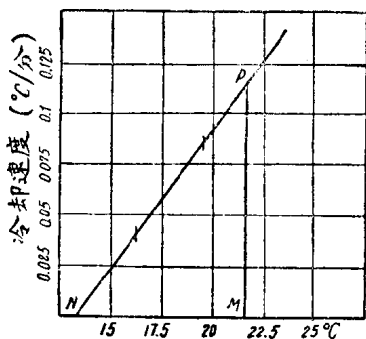


圖 122

量熱器中水温先達到最大值，然後量熱器中熱的完全的平衡才跟着到來。水温達最大值時，物體之平均溫度仍高於水温，而物體給水之熱剛剛等於量熱器由輻射及蒸發所失之熱。稍遲平衡就開始了。由此時起水温均勻地降低。因此我們可以假定點  $P$  (圖 122) 的縱標所表之冷却速度對應於物體和水達到同一溫度並以同一速度

冷却之時間。

利用圖 122 可以確定如果沒有熱散於周圍介質中時，在量熱器水中沉入熱物體後，水的最高溫度。以  $t$  表將物體沉入量熱器時之水温。此後將時間分為每  $n$  分鐘一個間隔，記下這些相繼的相等的一連串時間間隔之末之水温：

$$t_1, t_2, t_3, t_4, \dots$$

將時間間隔選為 2 分鐘是很方便的。我們可以假定在每一個這些小的時間間隔內溫度的下降是相同的。在這些時間間隔的每一個中量熱器之熱量損失速度等於每一個間隔之溫度，假定具有下列平均值時一樣：

$$\frac{1}{2}(t+t_1), \frac{1}{2}(t_1+t_2), \frac{1}{2}(t_2+t_3), \dots$$

設由圖 122 得到，當溫度為  $\frac{1}{2}(t+t_1)$  時冷却速度等於  $a$  度每分鐘。如果整個間隔等於  $n$  分鐘，那麼在此時間間隔內所失之熱量足夠使水、量熱器、及物體之溫度上升  $na$  度。如上一樣，第二間隔內平均溫度為  $\frac{1}{2}(t_1+t_2)$  時，如果冷却速度為  $b$  度每分鐘，那麼在第二間隔的  $n$  分鐘內所失之熱可使水、量熱器和物體之溫度上升  $nb$  度。同理可以求出以下每個間隔中所失之熱和假定沒有熱損失時，水、量熱器和物體將要上升之溫度數。設物體和水在第  $m$  個間隔之末達到同樣溫度。如果能使全部熱量損失返回系統，那麼假定沒有熱損失時之共同溫度就可以達到。如果我們加由  $m$  分項組成的修正，即

$$na + nb + nc + \dots,$$

於此時的溫度，我們就可以得到沒有熱損失時之溫度。

應該用同樣的方法算出系統最高溫度達到後所記下的那些溫度的修正。應該將修正了的溫度畫到圖 121 上。這些畫出的點將組成曲線  $R$  (圖 121)。此曲線之後部為平行於  $X$  軸之直線。曲線的這一部分所表之溫度即表示求所給物體比熱公式中之最高共同溫度。

例 橡皮比熱之測定。一塊重 155.4 克之橡皮，在沸水中熱 45 分鐘，在 11 點 26 分將它放到量熱器中。橡皮之溫度為  $100^\circ\text{C}$ 。量熱器之質量為 244.5 克。量熱器與水之質量為 599.2 克。水之質量為 354.7 克。量熱器之水當量為 23 卡/度。在物體沉入前，11 點 10 分水之溫度為  $13.2^\circ\text{C}$ ，11 點 24 分時—— $13.3^\circ\text{C}$ 。物體沉入量熱器中後記錄如下表。

由此記錄可得：在第一時間間隔內之平均溫度為  $\frac{13.3+19.1}{2} = 16.2^\circ$ ；由圖 122，在此溫度冷却速度為  $0.03^\circ$  每分，而在兩分鐘內冷却了  $0.03 \times 2 = 0.06^\circ$ 。這就是第一個溫度讀數  $19.1^\circ$  之修正值。修正後之溫度為  $19.1^\circ + 0.06^\circ = 19.16^\circ$ 。第二個時間間隔內之平均溫度為  $\frac{19.1+21.1}{2} = 20.1^\circ$ ；由圖在此溫度之冷却速度為  $0.08^\circ$  每分，在兩分鐘時間內冷却了  $0.08 \times 2 = 0.16^\circ$ 。溫度的修正值為  $0.06 + 0.16 = 0.22^\circ$ 。第二間隔末之修正溫度為  $21.1 + 0.22 = 21.32^\circ$ 。這樣進行下去，就可以得到每一個時間間隔之末之修正溫度之系列。這些值在圖 121 上面的曲線  $R$  上可看出。

| 1                   | 2               | 3                    | 4    | 5          |
|---------------------|-----------------|----------------------|------|------------|
| 物體沉入量熱器<br>後之時間(分鐘) | 量熱器中之<br>水溫, °C | 由圖 121 所得每<br>兩分鐘之冷卻 | 修 正  | 修正後之溫度, °C |
| 2                   | 19.1            | 0.06                 | 0.06 | 19.16      |
| 4                   | 21.1            | 0.16                 | 0.22 | 21.32      |
| 6                   | 22.2            | 0.20                 | 0.42 | 22.62      |
| 8                   | 22.8            | 0.22                 | 0.64 | 23.44      |
| 10                  | 23.2            | 0.23                 | 0.87 | 24.07      |
| 12                  | 23.4            | 0.24                 | 1.11 | 24.51      |
| 14                  | 23.5            | 0.24                 | 1.35 | 24.75      |
| 16                  | 23.4            | 0.24                 | 1.59 | 24.99      |
| 18                  | 23.3            | 0.24                 | 1.83 | 25.13      |
| 20                  | 23.15           | 0.23                 | 2.06 | 25.21      |
| 22                  | 23.0            | 0.23                 | 2.24 | 25.29      |
| 24                  | 22.85           | 0.23                 | 2.52 | 25.37      |
| 26                  | 22.7            | 0.22                 | 2.74 | 25.44      |
| 28                  | 22.5            | 0.22                 | 2.96 | 25.46      |
| 30                  | 22.35           | 0.21                 | 3.17 | 25.52      |
| 32                  | 22.15           | 0.21                 | 3.38 | 25.53      |
| 34                  | 21.95           | 0.21                 | 3.59 | 25.54      |
| 36                  | 21.75           | 0.20                 | 3.79 | 25.54      |
| 38                  | 21.55           | 0.20                 | 3.99 | 25.54      |
| 40                  | 21.35           | 0.19                 | 4.18 | 25.53      |
| 42                  | 21.2            | 0.19                 | 4.37 | 25.57      |
| 44                  | 21.0            | 0.18                 | 4.55 | 25.55      |

修正了的水和物體的共同溫度為 25.5°C, 準確到 0.1°。

橡皮的比熱:

$$c = \frac{(354.7 + 23.0)(25.5 - 13.3)}{155.4(100 - 25.5)} = 0.40 \text{ 卡/克度。}$$

**實驗步驟** 1. 求出物體(橡皮、硬橡膠)之質量。2. 將它放在加熱器中, 然後接通電流。3. 秤衡量熱器和水, 記下就在物體沉沒前之水溫。應該注意不要弄掉了量熱器外表面上的烟渣。4. 將物體由加熱器移到量熱器中。5. 在實驗進行中, 每隔 2 分鐘觀察水溫一次, 並照前文所述進行計算。

**實驗用具** (1)量熱器;(2)分度為 0.1° 的溫度計;(3)被研究物體;(4)加熱器。

## 5. 用電熱法測定液體的比熱

### 1. 液體比熱的絕對測定

在代替量熱器的杜瓦瓶中，倒入被研究的液體，並沉入鉑螺線，電流由它通過。將溫度計由瓶蓋上之小孔插入，由它可讀出液體之溫度。因為電流所發之熱  $Q$  消耗於使液體及瓶之溫度升高，那麼：

$$Q = 0.24IVT = (cm + \omega)(t_2 - t_1), \quad (1)$$

上式中  $I$  表螺線中流過之電流強度，單位為安培； $V$  表螺線兩端之電位差，單位為伏特； $T$  表電流流過時間，單位為秒； $m$  表液體質量； $\omega$  表瓶之水當量； $t_1$  表液體之始溫； $t_2$  表通電流後之終溫。

由此，被研究液體之比熱  $c$  為：

$$c = \frac{0.24IVT - \omega(t_2 - t_1)}{m(t_2 - t_1)}. \quad (2)$$

**實驗步驟** 1. 將被研究液體裝入杜瓦瓶<sup>①</sup>到完全淹沒螺線為止。水溫應比室溫低 5—6 度。為此在實驗前將裝液體的瓶放入裝雪的容器中。

2. 將螺線及溫度計放入瓶中。小心地搖盪瓶子，使液體能與液體尚未遮蓋之瓶壁接觸，以使瓶內得到一致之溫度。記下液體穩定的初溫。

3. 按照圖 123 連好電路，通電並記下安培計  $A$ ，伏特計  $V$  之讀數及通電時間。每隔兩分鐘應該開斷電流，然後輕輕搖瓶並在不拿出溫度計時寫下穩定的溫度然後又接通電流。這樣進行觀察一直到水溫高於室溫之度數等於觀察開始前它低於室溫之度數時為止。

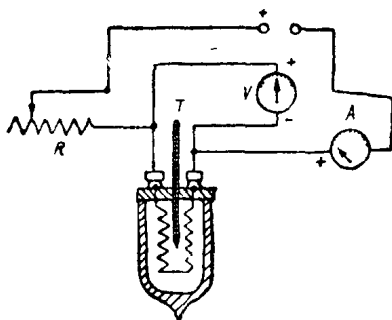


圖 123

將這些被觀察量之所得值代入公式(2)中，計算所給液體之比熱。

① 瓶之水當量寫在儀器上。