

大學叢書

科學教授法原理

推王  
士璉  
著譯

商務印書館發行

大 學 叢 書

科 學 教 授 法 原 理

推 士 著  
王 璣 譯

商 務 印 書 館 發 行

民國二十一年一月二十九日  
 敝公司突遭國難總務處印刷  
 所編譯所書棧房均被炸燬附  
 設之涵芬樓東方圖書館尙公  
 小學亦遭殃及盡付焚如三十  
 五載之經營墮於一旦迭蒙  
 各界慰問督望速圖恢復詞意  
 懇摯銜感何窮敝館雖處境艱  
 困不敢不勉爲其難因將需用  
 較切各書先行覆印其他各書  
 亦將次第出版惟是圖版裝製  
 不能盡如原式事勢所限想荷  
 鑒原謹布下忱統祈 垂鑒

上海商務印書館謹啓

## 版 權 所 有 翻 印 必 究

中華民國十五年三月初版  
 中華民國二十二年八月國難後第一版

(11111)

大學叢書 科學教授法原理一冊

Principles of Science Teaching

每冊定價大洋叁元貳角

外埠酌加運費匯費

原著者 George R. Twiss

譯述者 王 璉

發行所 上海河南路  
 商務印書館

發行所 上海及各埠  
 商務印書館

# 譯者序言

民國十一年夏，推士君應中華教育改進社之聘，來華講演藉以提倡科學教育，及調查吾國科學教育實施之狀況。道經金陵者凡數次。民國十二年夏，且在國立東南大學試辦夏季科學教員研究所，譯者亦得相助爲理，於是得與推士君朝夕相接，蓋其人固恂恂君子也。彼自以在華之日頗短，深懼其所講論與施行者，對於吾國科學教育，不能有久遠之影響，聞譯者方從事於譯彼所著科學教授法原理一書，即喜而力促其成。與譯者相遇，即以進行何如相質。譯者自揆非教育學專家，且對於自然科學，除理化外，亦無若何特殊之研究。此書所包羅者頗廣，若率爾操觚，或將使本書失其原有之價值，故每有中輟之意。及觀推士君對於吾國科學教育所抱之熱誠，及其急欲將其心得之作，紹介於吾國國人，以作其來華之紀念，則又不得不急事進行，以慰其望。今幸得告竣。雖自慚譯筆庸劣，然對於推士君，或可稍竟其來華之初志矣。譯書之難，胡適之朱經農諸先生俱曾言之。譯者進行此書時，亦覺其困難之多。

蓋中西文法固有根本不同之處，而科學名詞，在吾國今日，又復歧雜紛紜，不能一致。譯者所自期者，惟在力求明瞭，以冀不失原文之本旨而已。但因見聞寡陋，時間匆促，錯誤脫落之處，定所難免。如讀者肯加以教正，感慰良多矣。

本書之價值何如，讀者自能知之，固無待於譯者之贅言。惟其中有一優點每易爲讀者所不注意，即其每章後所載之參考書目，及科學藥品儀器購置處之名單是也。推士君對於此等材料之搜集，頗費心力，而其對於科學教師之用途，亦最巨。雖其中所舉之書籍皆屬英文原著，其所述之科學教學用品公司，亦皆遠在歐美。但吾國當此科學幼稚之時期，爲科學研究者，關於學說、方法、及材料，尙不能不暫時仰給於歐美，則對於其來源與優劣，不可不急爲調查以資選擇也。

譯者對於本書中有一語極爲注意，即推士君所言若科學教師對於其所授科學之本身，無深密之研究，則無論用何教授法，皆不能成良好之教師。由此觀之，若讀者見此書後，置各科學之本身於不顧，惟高談教授法，則大失作者之初意矣。

民國十三年十二月

王進誌

# 原序

本書之主要目的，在於用以教授在大學及師範學校之青年男女之學生將從事於教授自然科學之事業者，但希望其對於現方服務之科學教師，學校管理員，及公私中學之校長，亦有相等之用途。且作者之意，以為此書所包含者，對於大學及師範學校數種自然科學之教授，亦有價值。即能助之灌輸近世的社會眼光與真科學精神於希望擔任科學教師之人。此眼光與精神，欲教授中學年齡的兒童以科學，而求實有成效者，必不可缺也。

此編乃由作者歷任中學科學教師，中學視學員，及大學教育學教授，長久經驗天然結合而成。故聚集作者繼續研究自然科學及特別應用於科學教授法中學校管理法之心理學的結果。其所欲表示者，為用具體及實用之方法，以明近世實驗心理學與教育心理學所發明者，如何可應用於科學教授法。本書之最前十一章及最後一章，發揮及表述科學教授法之緊要原理。其餘各章，則注意於解說教授方法及

原理之可特別應用於在中學校常授之科學。又對於教材之選擇及組織，實驗室之計劃，設備之決定，皆將其有益於實用者，加以指示焉。

用此書以教授欲為科學教師之人，可有數法進行。

第一法，用本書為一普通學程之課本，泛論科學教授法之緊要原理，以供預備教授無論何種科學者之選修。如是，則數章之有普通興趣者，當加以特別之研究與注意。而關於特別科學各章，如第十二章至二十三章，則但約略顧及，只用為班中對於特別科學抱有興趣者作做報告之材料。

第二法，用此書為一特別學程之課本，以論某種科學之教授法。如是，則本書之大部分，但須急速閱過，以造成一普通態度與觀點。而對於論生物或地理或物理化學或普通科學各章，則須加以深入之研究。且須根據各章下所附列之參考書目，作閱讀及報告焉。

第三法，在對於中學各科學教授法俱授有特別學程之大學，本書可用為每學程之課本。用法與上所述者相同。在此情形時，每可開一特別聯合討論會，各班俱聚

集到會。在此種普通會中，可將本書最先十一章及最後一章之緊要原理，爲教師及學生共同討論之材料，各就其最有關係之科學爲觀點以立論。用此計劃，則所授各科學教授法之學程，俱能統一，而在該學校中，可逐漸造成一科學教授法之普通觀點，與共同的哲學。作者之意，非謂必用作者之眼光，方能得一統一的觀點與共同的哲學。不過言若共同研究此書，則討論之結果，必能發展成一共同之哲學也。

除用爲課本之外，吾人更信此書可用爲較普通之教授法原理等學程之參考書。因本書所發揮及表述之較廣原理，并用辯論舉例以證明者，其可應用於他學程，與可應用於科學，固相同也。

對於目下服務之中學科學教師，此書亦應有用。或爲私人閱讀研究，或爲團體研究如教師集會、讀書團、科學俱樂部等處之用。或爲大學之推廣及通訊學程之用，以便給與學分學位等事。

對於學校視察員之於科學無特別訓練者，此書可以補其久覺之缺憾。因彼有時認出科學學程及教授法之不滿意，然究不知錯處之所在，與如何補救之方。此書



可與視察者以數種原理，使其遇事有診斷之力，與補救之方。且使科學教師，能信服其言，於是能圖補救與觀察結果。反而言之，如彼所視察得之教師，或有教法特別良善者，彼因有智識可爲其準確判斷標準之故，能使學校管理員，感悟優點之所在，於是肯用相當方法，以增設備。以進管理，使已善者，更臻完美矣。

科學教師中不乏婦女，書中所言者，兼指男女教師而言，無有軒輊於其間。

如本書有何優點，及道及真理之處，皆由多數親友所賜。作者對之，皆深銘感。作者之父 George H. Twiss，乃氣象學家，曾充教師，且爲 Columbus 電話公司之創辦人，及第一經理人。作者幼時，受其潛導，得引起科學興趣，并有以滿足其興趣。對此深恩，作者永感。對於吾之舊日科學教師，如 Minnesota 省 St. Paul 學校前校長 Albert N. Ozias 君，當作者在舊 Columbus 中學肄業時，爲其科學教師。又如 Thomas O. Mendenhall, Albert H. Tottle, Sidney A. Norton, Stillman W. Robinson, Norton W. Lord, Edward Orton 諸教授，在大學中授作者以實驗之技巧，及科學方法之內容，又如 Harvard 大學之 William Morris Davis 君，及 Chicago 大學之

Charles Riborg Mann 君其教授方法之足以鼓動人其講解科學事實與理論之明瞭與能引入勝作者與之相處日久因觀察而得所矜式亦當感謝者也。

至於 John Dewey 及 Edward L. Thorndike 教授之學說與著作有大影響於本書之理想與思路讀此書者皆能見及惟作者仍於此以快樂之態度聲明此書之成亦將以獻奉二君也。

當此書脫稿與付印之時作者曾受數人批評之益特此誌謝惟其中若尚有錯謬乃作者一人之咎。Paul Monroe 教授對於本書之原稿及印稿俱曾全部讀閱。E. L. Thorndike 教授則對於原稿之大部分加以讀閱。又 Columbia 大學之 M. A. Bigelow R. E. Dodge, Alexander Smith 諸教授及 Missouri 大學之 W. C. Curtis 教授對於本書原稿中各章與彼等所專門之學術有關者俱曾與以閱讀。Columbia 大學之 John H. Woodhull 教授及 Ill. Normal 學校之 Fred. D. Barber 君供給作者以關於初級科學之參考書目亦當致謝。作者之妻 Blanche Olin Twiss 對於作者查實各參考書目及訂正原稿之勞多所襄助且以彼之批評與提議使本

書關於明瞭及修辭方面，亦有所改進焉。

凡預備此書時曾經查考之書，多於本書之註脚中聲明，此外尚有爲本書間接之助者，其書頗多，不能在此一一聲明，但大多數在本書各章後之參考目錄或在本書附錄中所載之中學校圖書館應有書目中，加以稱述焉。

此種書目原不求完備，其附錄價目，亦不能保其不改。惟選擇時頗費勤謹調查。作者之意，以爲其種類及數目皆足以供給極有價值之原料，爲參考及閱讀之用。

又在各章之言及設備者，有舉價目者，有言某物不納進口稅者，此皆指平常情形而言，例如在一千九百十四年八月以前是也。

一千九百十九年七月十七日 G. R. F. 序

# 科學教授法原理

## 目錄

### 第一章 科學之意義……………一

十九世紀之科學 二十世紀之問題 科學與文明之關係——科學與創造——瓦特與蒸汽機

——研究之必要——科學教授法與日常生活 科學之材料與科學方法——科學方法之舉例

(牛頓)——兌維(Davy)及水之成分 科學意義之總述——科學之分類——科學之三意義

研究用之問題 參考

### 第二章 科學教師應有之視點……………六

人生觀之態度——教授科學之目的——尚格式與訓誨式教法之不宜——四個指導之原理——

——教師從科學意義得來之教訓——抽象教授法之誤——具體教授法之優點 研究用之問題

參考

### 第三章 科學之原始……………二一七

目錄

簡單思想與具體思想 比較與分類——語言之效用 經驗法之學習 建設之思想法 思想之完全動作——經驗式之進步——抽象思想(希臘人) 中古時期 文藝復興時期 自格雷利倭(Galileo)以至牛頓(Newton) 研究用之問題 參考

第四章 科學與兒童……………四一

民族之經驗與兒童之經驗 兒童如何學習——兒童之經驗思想——施教必自兒童之經驗始 兒童之合理思想 科學思想——日用思想與科學思想 兒童思想之能力——以物思想者 與以理思想者——思想技術之訓練——鼓動法之必需 研究用之問題 參考

第五章 教授之方法……………五六

研究熱之課程 課程計畫——有課程計畫之便利——課程之指定 普通預備——課程問題 特別預備 尋求有用之觀念——回想 臆說——臆說之發展與測驗 結論——最後之概論 應用——較遠之應用及有關係之現象——將材料加以組織與統系化——課程溫習大綱 過於注重組織之危險 研究用之問題 參考

第六章 科學之教育的價值與效用……………九二一

科學對於學生之影響——效用與價值之關係 特別之習慣 成就習慣之定律——聯合定律  
 在教授之應用 科學的智識——事實現象與過程——理想與意義定律與原理——臆說與理  
 論——基本觀念 材料之選擇——選擇材料之根據 材料之精習 觀察讀參考書與採集  
 感勵與科學理想——文學的感勵——教師與感勵——致感勵之講演歷史與傳記——科學的  
 美術方面——感勵與高才之學生 研究用之問題 參考

第七章 科學之紀律價值與文化價值……………一一三

心智之紀律——限制訓練轉移之情形——轉移原理之應用 方法觀念之造成 關於轉移訓  
 練之理想 心思之科學習慣 科學歸納法之原理——相合之方法——相差之方法——聯用  
 之方法——同生變化之方法——餘剩之方法——可轉移紀律與不可轉移紀律之比較 論理  
 的方法與科學教授——近世對於心智紀律之意見——施布可轉移訓練之箴言 解釋能力之  
 發展 科學教授之基本原理 研究用之問題 參考

第八章 教室與實驗室之教授……………一二二

目下沿用之方法 以問題為聯合之中心 教室討論會——教室工作之標準 實驗室之效用

實驗室與教授——實驗室教授之方法——學生之幫助 良善實驗課程之性質 每班實驗  
之人數 雙時——筆記之格式——實驗室筆記本——筆記本之閱看 研究用之問題 參考

### 第九章 講演旅行及溫習

一五二

講演之效用——講演之技術 野外觀察——野外觀察之困難及如何消除——旅行宜如何進  
行 溫習——溫習課程之效用——分題溫習法——分題組織法之示例——默寫溫習法——  
聯合測驗溫習法——溫習比賽 口試法 科學教師所需之時間與機會 研究用之問題 參  
考

### 第十章 科學教授之設備

一七二

教室——教室之位置——教室之容量 科學教室之計畫 教室之光線(窗牖)——用影燈之  
遮簾——電光——其餘人造光 實驗用之電流 水與燃燒氣體 學生用檯 講演檯 儀器  
廚 置地圖及掛圖之廚 表示掛圖用之活索架 畫圖與影片之貯藏法 書廚 射光影燈  
儀器之購置 研究用之問題 參考——販賣科學儀器及其他用品之公司

### 第十一章 科學與課程表

一九九

高等學校之入學條件——規定後之結果——需要之改良 研究科學之程序 四年之科學研究 課程之分配 科學課程表之次序——設計教授計畫——現用最佳之次序——將來之變動(初級中學與高級中學) 研究用之問題 參考

## 第十二章 生物學……………一一六

生物學之問題 由生物研究所得之觀點 教授生物學程應注意之原理——(1)模範觀念之養成——(2)比較之原理——(3)分類——(4)形式構造與效用之關係——(5)適合分工與合作——(6)生命之繼續(生命歷史與種族歷史)——(7)天演之理論 生物研究之普通方法 學程之遠大目的 特別方法 植物學動物學生理學之聯絡 研究用之問題 參考——生物學——植物學——生理學——動物學

## 第十三章 生物學之設備……………一二四

選擇之方法 學生個人之設備 解剖用之顯微鏡 複式顯微鏡 培養生活動植物之處 普通儀器與設備 掛圖 模型 動物製備人體骨格 顯微鏡用玻璃片與幻燈用玻璃片 政府印刷品可為學校利用者 生物設備不可少之原因 研究用之問題 參考



第十四章 地理學——基本原理……………二五四

新地理學 地理學內容與方法之改變 何種地理學智識最有價值 地理學程之長短及其在課程表之地位 教師之觀點——人民與環境之關係——地文學之過程與其結果——地文學之循環——地理之影響 地理學中之模範觀念與比較方法 原因觀念之應用 研究地理之心思效用 研究用之問題 參考

第十五章 地理學之方法……………二六七

以本地之問題入手 教科書 野外旅行之工作——野外設計與問題——學生對於野外工作之態度 實驗室工作——實驗室之設計與問題 圖書館之應用——卡片摘要法 原理與方法 討論題之次序 研究用之問題 參考

第十六章 地理學之設備……………二八九

設備之造成 掛圖——需要何種地圖——選擇地圖之當注意——表示地圖之方法——本地地圖 黑板大綱圖 大綱暗射圖 政府之地圖——美國地質調查所之地形圖——地形圖片之糊裱及收藏——集圖糊裱法——圍繞線美國大地圖 地文與地質手冊 海岸圖表 河圖

與湖圖 氣候圖 地球儀 模型與凹凸地圖 氣象學儀器 礦物與巖石 圖畫 影燈片

黑板與模型檯面之應用 表示四季之儀器 測日版 測斜器 研究用之問題 參考

## 第十七章 物理學——基本原理……………三二〇

常識觀念與物理原理 以直覺及常見事實為起點 符號與事物之聯合 觀念及藉以代表之

符號 數種直覺觀念之說明 兒童對於物理所提疑問之一班 時間與精力之經濟——研究

力學之組織——熱學研究之組織——研究電學之組織——研究聲學之組織——研究光學之

組織——物理學全部材料之組織 物理學之基本觀念 研究用之問題 參考

## 第十八章 物理學之方法……………三三二

分物理學程為二部分 課程綱要——美國北中央部協會之物理學分 圖書室之工作 實驗

室工作——活潑的實驗問題之舉例——過於注重實用之危險——定性與定量之實驗 逐步

進步之秩序 研究用之問題 參考

## 第十九章 物理教學之設備……………三五七

設備之造成——開單定貨 手工器具 自製及臨時之儀器 必須購置之儀器——價賤之代

替品 價較貴之有用儀器——哈脫爾之光盤(Hartle optical disk)——日光燈——用人造光之射光燈(幻燈)——馮納篤拉夫之混色器(Von Nardroff color mixer)——講檯用之合併測電器(Galvanometer) 電位表及電流表——威斯登公司之電位表及電流表——感應音叉——耳目之模型——可拆開之發電電動機——感應圈——靜電發生機——無線電儀器——倫德根光管及其他真空管——電鑰版 交流電之改正 實用經驗數則——天秤與法碼——水壓器——真空內之鈴——空氣唧筒 研究用之問題 參考

第二十章 化學原理與方法……………三八〇

心理的基礎——起首之方法——如何用教科書之法 化學之內容與教授之方法 化學事實之教授——化學中數個緊要之事實 化學定律與理論之教授——定比例之定律——倍數比例之定律——歸納教授法之優點——物質不變之定律——蓋魯薩(Gay-Lussac)化合體積之定律——氣體之物理定律——尙事實說法與尙理論說法——化合物——化學符號與方程式 原子理論——分子與亞伏荷德路(Avogadro)定律——游子理論 研究用之問題 參考

第二十一章 化學——實用指導……………四一七

教授化學之常識規則與原理 模範反應 實地應用——實地應用之時間 學程進行之指導

研究用之問題 參考

## 第二十二章 化學設備……………四二七

需費之各項 學生實驗檯 講演表示用之設備 通風櫥——可代煤氣之設備 天秤與法碼

蒸餾器 鐵圈架 個人應有之儀器 其他儀器 普通儀器與用品 藥品——不費之設備

尙可注意之各點 實驗室規則 研究用之問題 參考

## 第二十三章 混合科學(普通科學)之課程……………四四一

赫胥黎與科學入門——赫胥黎學程之內容組織及方法 現行方法與赫胥黎方法之比較 混

合科學之目的 近日之學程 設計與問題方法 智識目的與設計目的之比較——設計方法

乃合於論理之方法——設計方法缺點之辯護——數個設計法之舉例——由設計發生之緊要

問題 設備 混合科學非萬應之學程 小學中之科學——科學教授之監察員 將來之趨向

研究用之問題 參考

## 第二十四章 考試與測驗……………四七〇

# 科學教授法原理

## 第一章 科學之意義

【十九世紀之科學】 科學世紀之名稱，十九世紀實可當之無愧。因在此時期間，科學之智識發明與技術，其改良之速，傳布之廣，皆為前世紀所不及。

科學研究法之應用於各智識，亦在十九世紀。倍根 (Francis Bacon) 最初表證科學方法，原但用以探討天然界之物質與能力以享人類。今日則各文明國大多數人類之哲學與行爲，皆大受其影響。

且同時因科學發展之故，汽電諸機廣為應用，製造輸運皆趨向分功。於是社會經濟狀況，亦如思想界之大受影響與變遷。例如巨數人口，聚集一地，亦諸變象之一。其所以然，尚難明瞭。如是種種皆成緊要問題，但須在二十世紀中解決之。

【二十世紀之問題】 二十世紀之問題極為繁多，例如發明與改良農業方法，

改進各種機械，策劃較爲便利之輸運，與分配原料及製造品之手續。又如如何令行旅安全，水陸之電信電話得遞。如何改良製造光熱及能力之方法，因近日需要能力殊多。且與如何保護天然物力之問題，皆有直接關係也。

因有保護人生之理想，於是有個人及公共衛生問題，淨水供給問題，純淨食料與藥料問題，大城市之人口擁擠問題。推而至於礦區工廠及汽船鐵道之工人死傷問題，科學法可阻止疾病問題，皆以保護人生之主義，而立待解決。

又因有增加效率之理想，於是發生工廠中製造股及販賣股之科學組織法與指派法之問題，及改良工人生活及爲之謀幸福之問題。

因有機會平等之理想，於是發生關於公司及經濟之管理問題，關於資本及勞力，關於生活程度增高，關於如何處理社會中疾病無能及犯法諸階級，關於此等階級產生疾病與退化的子女產率極速，危及社會諸問題。

且因情形改變之故，最後新問題之崛起吾前者，卽爲哲學與教育。無論關於德智體諸育，或關於美術宗教，皆爲製造後輩人才之媒劑。而解決將來諸大問題，尤藉

此後輩也。

【科學與文明之關係】 因有科學之發明與創造，於是發生此種新問題。因欲解決此等問題，於是科學自身，亦藉之益為發達。且除科學外，更無他能解決之方法。今略舉數例，以明此意。

科學與創造 近世之純粹科學與近世之工業皆倚賴各種科學器具，如時鐘，風雨表，蓄電池，發電機，有線與無線之電話電信，及電燈等等，以進行其事業。即飛機飛機不久亦必成爲日用之具。然其原理之發明，皆由少數之純粹科學家；應用之改良，則由多數之科學家，數學家，與尙實際之工匠之合作。

測量家與土木工程家所需之最要儀器，其有用皆賴此器中之望遠鏡。化學家，醫學家，生理學家，生物學家，無論其爲純粹研究者，或爲工業應用者，其實驗室中皆不可缺顯微鏡。夫望遠鏡與顯微鏡，在今日純粹科學與應用科學皆深倚賴，其最早發明之者，則爲磨製眼鏡玻璃之工匠。此等工匠因其有工業實用的興趣，引起純粹智識的興趣，於是行種種實驗而得此結果。迨此原理一明，純粹科學家即取而研究

之。今日此等儀器之完美，則又科學家數學家與工匠合作之力也。

瓦特與蒸汽機 瓦特詹姆斯 (James Watt) 者，以製造儀器爲業之發明家，雖其職業爲工程師，而其居心則純粹科學家也。在一千七百六十年時，從事於改良過於粗陋及不經濟之空氣式的蒸汽機。此汽機在五十年前卽已發明，成其功者，約有數人。此數人中，或因純粹科學之興趣爲此研究，或則因當時礦中排水俱用馬力，耗費甚巨，不可不用此種機器，以應當時文明之需要。當瓦特創造此較爲經濟及利於實用之機器時，其初不過從事於修理格蘭斯哥 (Glasgow) 大學物理實驗室中之紐康姆 (Newcomen) 式之引擎。且其所應用以製造之原理，在當時物理學書中俱未言及。瓦特乃能自行研究，其所製汽機所用之原理，皆與今日最優強之固定式蒸汽機相同，此惟發明家能之。故瓦特之所以發明，一則受實用需要之驅迫，二則因科學之興趣，而欲爲純粹物理之研究。蓋欲得一有濟實用之汽機，則必發明蒸汽應時變態之原理也。

研究之必要 因蒸汽機之普遍，於是利用汽機諸機之創造。於是有工業革



命。工廠興而手工廢，汽車汽船興而板輿帆艇運船廢。大城巨市，人口匯集，聚居湫隘，社會與經濟情形，愈形複雜，非簡陋方法所能節制。慈善家及政府與財政諸機關，若非藉此社會之忠僕，所謂科學者，出其新發明及新應用，以相助爲理，必至徬徨歧路，一籌莫展也。

今日科學運動，已積極進行。工商界之大製造機關，皆附設實驗室，以爲純粹及應用之物理化學或生物的研究。中央與各省政府，亦維持農工實驗場，地質調查局。其中各卓著機關，如美國標準局，斯密蓀氏（Smithsonian）研究所，全國天文觀察臺，海岸地形測量局，及農部所屬之各科學局，皆爲政府所資助也。

凡各種工業問題之求決於以上各機關或各大學之實驗室者，或自城市，或自工廠，或自田園，其所求者，不但爲如何應用已知之舊原理，并須發明待用而尙未知之新原理。

科學教授與日用生活 由此觀之，近世科學與近世社會工業之生活，固有密切難分之關係，二者互相促進。苟不相攜進步，則社會狀況，反將日形墮落。夫純粹與

應用科學，既無論其爲抽象者，或具體者，理論者，或實用者，既與校外之實地生活，不能分離，則在教室與實驗室，二者之不可分隔教授，亦已明矣。故學校之科學課程，必當令其與日常生活有密切接觸，而與兒童興趣有關之活動，尤宜有接觸焉。

【科學之材料與科學之方法】科學之意義，在上文討論中已曾提及。其所包含者，爲材料與方法。以最廣義言，科學材料包括全人類之智識與經驗。其目的在於洞悉諸事實與現象，以相當之見解，就其關係，妥爲分類。藉此分類，以成組織。復用極簡單方法，用原理與定律，解說此等關係，使學識由此種方法獲得及整理者，更可運用以探索與組織新智識。其最後目的，又在使科學方法與倫理的理想相合，使各智識皆受種種利用，以圖人類幸福。

故科學方法者，即指有次序與有秩序之研究，乃一解決問題之方法也。其所包括者，爲事實與現象之觀察，及其意義與關係，爲總類及細類之分類法。其思維術包括自特別事實引至普通原理定律之歸納法，及自原理定律引至特別事實之抽繹法。

當用科學方法以求定律與普通原理之時，必先立臆說。臆說者，暫定之言論，以解說各現象之大概關係者也。既有臆說，然後用抽繹思維術，言明如此臆說若確，則某種事實當如何。苟此臆說與各事實，果一一符合，則此臆說已受證實。因證實之完備與否，臆說或成定律，或成理論，或成原理。當用科學方法以發展各臆說時，遇有數量之關係者，必多應用數學。欲考驗各臆說時，則須依賴實驗。實驗者，布置與節制各種情形，然後行觀察與詳細測度，使緊要現象與不緊要現象可分別指出。然後用此臆說可以解決問題。

科學方法最後又將解說各現象之言論，使其義廣言簡。例如運動定律，吸力定律，物質不生不滅定律，能力不生不滅定律，星雲臆說，聲光電之波動理論，電子理論，進化理論，孟德爾(Mendelian)之遺傳理論等等。因此等言論之精確而有意義，可藉以探索天然過程之內容。故在現有情形時，每能預告將來之結果。有此先見，於是有新發明與創造。且因是明瞭宇宙之深意與條理，奏征服天然之功效，而精神之滿足，亦可得矣。

科學方法之舉例 牛頓——欲知科學中之大原理如何能用以求得新智識，可舉牛頓 (Newton) 之定律以爲例。牛頓既知落體及月球與諸行星運動之事實與定律，於是思天體互相吸引及保持其軌道之力，與石子因重墜地，其性質實相等。乃應用數學，以解決此問題證明此力與其質量成正比例，與其離地之距離自乘成反比例。依此計算所得之月球速度與其旋轉法，較諸實地天文觀察所得，毫不相差。臆說事實既相吻合，於是牛頓萬有引力之學說，不但可以解說月球之運動，凡行星之運繞，歲差之遞變，潮汐及地形扁平之理，無不明瞭矣。

繼牛頓而起，爲相同之研究者，百年間絡繹不絕。所觀察之事實，與以上定律相合者，皆妥爲分類。其後乃見一與定律不相符之例，卽彼時天王星所佔之位置，與由計算所得之位置不同。是此定律亦失其預定與解說之能力。凡一切已成立之事實，苟與某定律相反，則某定律或須推翻，或須修改。萬有引力之定律，豈亦將不顧其他效力，因此一節不合，竟推翻之乎？此事實豈真與定律相反乎？牛頓定律豈果不真，或但不當乎？或但計算有誤乎？或有其他事實尙未發明，苟一發明，則所謂不合之事實，

即與定律相合乎？

爲此研究者，因原有理論優點殊多，不願棄去。見已知各原因，既不足以解說新現象，於是用餘剩之推論法（the method of residue），以搜尋與此理論不相違背之新原因。此種相當推論之法，在有訓練之思想家，及熟知以上事實者觀之，似覺不難。惟當一千八百四十五年至四十六年，亞當（Adams）與雷佛利兒（Leverrier）爲此推論時，吾人不得不服其提出新臆說與測驗此新臆說之爲有勇敢的特識。此二天文家創言此不可解說之變動，或由於天空中尚有一未曾發見或未會想及之行星。於是各自獨立進行解決此問題。設令牛頓之定律爲確，則此使天王星運轉變動之行星，其質量其直徑其軌道當如何，其去日之距離當若干，在某時當在天空之某處。二人皆因研究而完全解決此問題。雷佛利兒致書於柏林天文臺之格萊（Galle），囑其在天空某經度中，尋求未發見之行星。一千八百四十六年九月二十三日，格萊於得雷佛利兒書信之日，即以望遠鏡尋得此行星。

八月四日及十二日，查力斯（Challis）在康橋依亞當所計算之方向探測，亦發

見此行星，即海王星是也。惟因其未與他星之位置比較，故尙未行辨定。惟於九月二十九日，當其未聞格萊之發明以前，亦依雷佛利兒之指導而發見及辨認此行星焉。故在今日此簡單之言論，所謂牛頓之運動律者，所謂牛頓之萬有引力律者，經過其本人與其繼起者百年不倦之思想與試驗，已自臆說之階級，進爲理論，復再進而爲事實。且佔緊要之位置在天文學，物理學，化學之基本定律中，藉以解說各種複雜現象焉。

兌維 (Davy) 及水之成分 兌維對於水成分之研究，亦可引爲用科學方法研究之佳例。一千七百八十一年，楷文笛士 (Cavendish) 發明純淨之氫、氧二氣，化合而成水。一千八百年，卡賴斯而 (Carlisle) 及臬古孫 (Nicholson) 發明以電流通水，則有此二氣分出。惟當通電於純水時，見有鹽基聚集於陰電極，有酸聚集於陽電極。兌維 (Sir Humphry Davy) 依據其廣博之化學智識，信此鹽基與酸之來源，非由於水，乃由於他物。蓋以純淨之氫、氧二氣，既可得純淨之水，則反而言之，用精密之實驗法，不令外物攔入，則亦當但生純淨之氫與氧。其較初之實驗，置水於玻璃

管中，以獸膜一片，聯絡二管，以通電。及用電池之電極浸入二管之時，則見陽電極旁有鹽酸，陰電極旁有固定之鹽基。兌維卽疑酸及鹽基之來源，爲獸膜中所含之食鹽，因棄去之，而代以棉花纖維，爲兩管通電之用。兌維繼續行此實驗者久之，亦於陽電極得氧，陰電極得氫，惟不復得鹽酸。但在一管中，得亞硝酸，他管中得鹽基。由此觀之，獸膜必爲一部分酸之來源，而他部分酸與鹽基之來源，則尙待考也。

兌維知玻璃成分中含鹽基，於是疑鹽基由玻璃受電分解而成。故復棄玻璃管，而代以二瑪瑙杯。及通電時，復得酸與鹽基。於是復疑瑪瑙不淨，而代以金杯。然結果仍復相同。兌維自信頗強，於是復疑水之不淨。蓋水雖經蒸餾，其能揮發之物，仍能隨水而行。蒸水使乾，可得白色渣滓，投此渣滓於金杯而通電，則所得酸鹼更多。是則不淨物之由於水，固昭然若揭矣。以兌維之推測，酸與鹼之來源，或不僅限於水中不淨物。

反覆蒸餾，及水蒸發至乾不復餘白色之渣滓。水固極淨矣，置諸金杯，復加電解，仍得酸鹼。但此時之鹼非固定鹼，乃爲阿摩尼亞。屢次實驗，結果俱同。於是知固定鹼

之來源，雖由於水之不淨，而亞硝酸與阿摩尼亞之來源則否。今亞硝酸與阿摩尼亞，但含氮、氧、氫三原質。而三原質皆爲水與空氣所含。於是兌維遂注意及空氣。空氣之氮，能溶於水。在陽電極與氮化合，可成亞硝酸。在陰電極與氫化合，可成阿摩尼亞。於是置實驗器於玻璃筒之內，抽去空氣，然後通電。其結果爲亞硝酸與阿摩尼亞之量皆銳減。其所以尙有者，必因唧筒不能完全唧出空氣。於是另一方面唧出空氣，一方面通入氮氣，再將氮氣唧出。如是進行，待空氣全去而後止，乃通電於在淨金杯內之淨水。通電之久，凡二十四小時，以冀酸鹼之量，庶多而可辨。及加以試驗，則酸鹼俱無矣。兌維之能證明其所求之理者，皆由於其推論之確，手續之敏，與心思之耐也。其決定之結論，卽爲水中之酸鹼，皆由不淨物與空氣而來。純淨之水，由氮、氧二氣造成外，他無所有也。兌維之臆說，今已成事實矣。

【科學意義之總述】 欲總述科學之意義，吾人可稱科學爲曾經分類及受組織之智識，可用以求他智識者。其意義不但包括受分類與組織之材料，卽至方法，亦無不該。例如研究，解決，觀察，測量，及用抽繹與歸納之邏輯，以供預料發明創造等用。



其材料日廣，其解說法當日求其簡單。一切人類之經驗，皆將入其研究之範圍與種種人類有關之問題，無論其爲物體的，工業的，社會的，感想的，或智慧的，皆在其中。工業發達與科學，二者固已不能缺一進行矣。

科學之分類 科學之領土，既若是之廣。則各部不可無專門者爲有界限之現象研究。此種部分，或較相近，或較相遠。

於是有數學的科學算術，代數，幾何，三角，解析幾何，及微積分等等，其目的專在研究物體之空間，重量，時間等關係，而忽略其他性質。用單位與數目，說明已知之前提，由此張本，推想至最後極簡單之樣式。故數學之職務，即用此等單位，在一定情形中，求各量之關係是也。

其第二類則爲物質的科學，與第一類相關甚切。其所討論之現象與材料，每賴數學方法以資解決。因物質科學所討論者，不但如顏色，堅度，平度等問題，而兼及形狀，大小，運動，溫度，電磁等性質，固皆可用各種單位稱述測量，如長之用尺，重之用磅，體積之用立方尺，溫度之用攝氏表，電壓之用伏達表等等。不但如是而已，物質科學

更討論物質在各種情形時之特性。例如有外力之作用，能力之遷移，及變態。例如機械能力電能力之變爲光熱能力及化學能力等等。此類中之科學，有如物理與天文者，但言物體之互相作用，及能力變遷，而不言其成分之改變。有如化學者，則研究能力變遷，同時有新物體之造成，其性質與未變化以前觀察所得者，完全不同。

尙有一類，名曰地之科學，包括地理地質。地質研究地球全部，例如其目前之構造，海陸巖石變遷之歷史，氣候及體質之情形，自太古以至今日之動植物生活狀況，以及致此變化之原因與動力。地理討論現在地面之狀況與人事有關者，及言有機生命在地面之分布與情狀，及如何節制其運動及幸福。

科學之第四類爲生物學，研究在生活情狀之物質與能力。例如生活，呼吸，循環，滋養，生殖等過程是也。屬於此者，有植物學以研究植物，有動物學以研究動物，又有普通生物學，以研究構造生活及發育等過程，爲動植物所公有者。又有人體解剖及生理學，以研究人身構造，及其生活過程焉。

與生物學極有關係，且以生物事實爲根據者，爲心理學。其所研究爲思想生活

之現象。例如感覺，天性作用，觀念，思想，決意，衝動等事，及發生此等事之情形。

最後則有社會學之一類，亦如心理學之討論人類動作，而根據於生物事實。其所特別研究者，爲人類合羣之發展，與其動作，以及決斷人類幸福及進步之各種情形。此類所包括者，有人種學，視人類爲一種動物，依天然學之方法研究之。有社會學，研究社會團體之組織現象發展及關係等等。有經濟學，研究物質之富產，以及其生產，分配，消耗，凡關於人類國家及個人之幸福者，尤爲注意。有歷史學，研究過去人類之狀況，及其關係與建設。對於民族與國家之發展，尤爲注意着目焉。

科學之三意義 由以上所舉者觀之，當吾人言科學二字時，可有三意義：其一即指學問之有組織者之全部或一部分爲科學；其二則指科學方法；其三則專指某種科學。今日學校及市人普通所指爲科學者，但指物質科學，生物科學，及地學而言耳。

### 關於第一章可研究之問題

(一) 列舉汝所能記憶之緊要創造與發明，并列敘其影響於吾人之動作，使其

有何緊要之變更。

(2) 列舉汝家庭中有何享用，乃由於緊要科學原理之應用。設無此等應用，則家庭活動能否進行。

(3) 下列各種創造與發明，造成何緊要之經濟與社會變遷。試簡單敘述之。

(1) 蒸汽車頭，(2) 不動式蒸汽機，(3) 汽船，(4) 電報，(5) 電話，(6) 貝西滿 (Bessemer) 爐及開底爐之製鋼方法，(7) 顯微鏡，(8) 望遠鏡，(9) 火藥及他猛烈炸裂品，(10) 棉花機紡機及織機，(11) 發電機與用電機，(12) 白布高克 (Babcock) 之牛乳精測驗法，(13) 細菌學之研究，(14) 美國氣象局，(15) 美國各州立農事試驗場之研究，(16) 經濟與社會學之高深研究，(17) 心理學之高深研究，(18) 攝影術，(19) 用原動力之印刷機。

(4) 美國因未能鼓勵高深之化學研究，國民感何種缺憾。

(5) 巴士特 (Pasteur) 如何輔助法國之絲業。

(6) 美國各州之地質調查，如何影響及經濟之發展。

(7) 市機關之化學技師，市機關之細菌技師，及市立之衛生局，對於汝之鄉間，  
有何造就與貢獻。

REFERENCES 參考

- Buckley, A. B. (Mrs. Arabella Fisher): *A Short History of Science*, Appleton, N. Y., 1896, 509 pp., \$2.00, Revised 1915.
- Cajori, Florian: *A History of Physics*, MacMillan, N. Y., 1899, 843 pp., \$1.60.
- Carneyie, Andrew: *Life of James Watt*, Doubleday, Page & Co., N. Y., 1905, 241 pp., \$1.40.
- Chamberlain, Houston S.: *The Foundations of the Nineteenth Century*, Tr. by John Lees, Lane, N. Y., 1913, 2 vols., \$5.00.
- Cooke, Josiah P.: *Scientific Culture and Other Essays*, N. Y., 1885, 293 pp., \$1.00.
- Cramer, F.: *The Method of Darwin*, McClurg, Chicago, 1896, 232 pp., \$1.00.
- Dewey John: *Science as Subject Matter and Method*, Science, Vol. 31, pp. 127ff., January 28, 1910.
- Mann, C. R.: *The History of Science, An Interpretation*, *Popular Science, Monthly*, Vol. 72, pp. 313-322, April, 1908.
- Miyart, St. George: *The Groundwork of Science*, Putnam, N. Y., 1908, 328 pp., \$1.75.
- Pearson, Karl: *The Grammar of Science*, A. & C. Black, London, 1911, 548 pp., \$1.60. MacMillan, N. Y., 1915, 2 vols., \$2.00.

Thurston, R. H.: A History of the Growth of the Steam Engine, Appleton, N. Y., 1891, 481 pp., \$2.00.

Valley-Radot, René: The Life of Pasteur, McClure, Phillip & Co., N. Y., 2 vols, 293 and 315 pp.

Whellum-Radot, René: Article, Science, Encyclopedia Britannica, XI Ed.

Whetham, W. G. D.: Science and the Human Mind, Longmans, Green & Co., 1912, 304 pp., \$1.60.

## 第二章 科學教師應有之視點

【人生觀之態度】 教授科學欲求有效，施教者必當有明瞭及可思索之科學意義，與科學方法，在其胸中。其着目之點，爲廣闊之人生觀，有如前章之所述者。蓋欲應近世教育之需要，教者如但能於一二科學本體講解詳明，即佐以多數之實驗與表演，亦不得謂其已盡教授之能事也。

科學教授之目的 科學教師應有下列之目的：

(1) 令學生能畧見科學之意義與價值。

(2) 令學生傳染得科學精神。

(3) 依學生之年齡腦力訓練之程度，使各得思維與研究之方法。此方法為各科學及凡用心思之工作所當共有者，不但訓練學生以一種科學之專門技術而已。

惟抱此目的以進行，則科學用於教育，以增進學者之效率與風度，方有完全之價值。中學畢業之學生，以科學研究為終身職業者，其數殊屬不多。然彼等若得一良善之科學訓練，則無論目下將來，在其一生中，凡遇困難之問題，俱應能以科學態度應付，用科學方法解決。

尚格式與訓誨式教法之不宜 如但用問答體以調查學生是否對於其教科書已曾學習，或藉此以解說學生所未了解者，皆尚不足以達上所述之目的。即使教師自行實驗，以示學生，亦未必即得其要。或則使學生解決多數問題，以表示科學原理之應用，而其實此等應用乃非常見者，此等訓誨式之方法，完全缺乏科學精神，而不能與學者以真正之科學訓練。

此等尙格式與訓誨式之教法，能生遲鈍之結果。此等結果，即在學生有自行實驗之課程，亦不足以完全解除之。因普通之實驗課程，如近日所謂國民物理課程等書，但要求學生作某某數條規定之實驗。此種實驗與同時在教室所授者或無直接之關係，或但用以證明某原理，或用以表某事實，或用以求某常數，或爲無他目標之測度，不過以練習手續，冀得專門之技巧。當其行此動作之時，與實物及自然能力相接觸，心之敏者，或因受暗示而激發思想。其法較教室之訓誨法教授，固爲有效。但此等實驗方法，其目的既但在傳授事實，注意格式之訓練，每每非但不能鼓助思想與研究，且能阻滯其進行。惟此等方法仍不至完全無效者，一則因科學之種種現象與關係，其自身俱富於本有之興趣，其活潑與能生問題之景况，使當之者，不能不發生思想。二則因當學生在中學時代，因年齡關係，不能對於事物毫無興趣及思想之活動。因此之故，雖所用之方法可生遲鈍之結果，而其中終有學生數人，能發展其思想能力。惟大多數則皆因教法不善，對科學不能有永久之興趣。或則竟有憎厭之者。謂余不信，可一查美國中學之狀況，即知之矣。



四個指導之原理 凡人之稍解科學意義及吸收科學精神者，對於科學教授，可依據下原理以定其態度：

(1) 訓誨式方法之目的，不過欲學生得如「類書」所載之最後事實。此目的與科學精神及科學方法俱相反。

(2) 實驗課程但求幫助學生記憶事實及習練手續者，欲其能鼓勵獨立思想與愛研究之心，必不能十分有效。

(3) 真正科學之精神，由欲求知真理而發生。由此真理，可得有價值之結果。故欲兒童得科學精神，必使其所研究與學習者，可能用以達彼個人所欲得之結果，與彼覺其頗有價值者。

(4) 科學方法實一解決問題之方法。此問題或關實用，或關精神之愉快。故欲初學者得此方法，正當之術，即與以此等問題，然後指導其用科學方法以解決此等問題。

教師從科學意義得來之教訓 科學發明之歷史與文明進行之關係，能與吾

人以數條緊要之教訓：

(1) 必自身對於事物多所熟悉，然後方能有觸動，有思想，有推測，有觀念。

(2) 在無論如何複雜之地位，能否解決問題，全視其所用以解決此問題之臆說理想適當與否。

(3) 凡偏見，急下概論，及過早相信一種定律或原理，皆能使好奇心麻木，好問心阻滯，故對於發展思想力，極有妨害。

(4) 凡所以指導思想，使能解決問題之臆說，其價值在於可將此臆說測驗，以觀其當否。

(5) 凡對於各臆說，俱先當以思想先嚴密考查其所含之意義。又當與事實相比較。凡臆說之可為研究原理之用者，俱當想到。諸臆說中受嚴密考查與辯駁而不破者，則選而用之。

(6) 因繼續考查及測驗各臆說之故，能使吾人逐漸觀察得及發明新事實。

(7) 凡關於一種問題之學問增加，則必依某種臆說或某種原理加以分類與

組織之手續，以便易於記憶紀錄，方能有用。

(8) 科學方法最後之過程，即為將全體加以組織，無論其為事實，為現象，為定律，或為觀念，而置諸某簡單基本定律或原理之下。此統系化之過程，既為實際用科學思想解決問題者最後之一步，且因科學增長無止境之故，此手續亦無完畢之時。故在學校中學生研究科學中之某定律某原理時，亦當視統系化為最後之一步。

以教師之輔助學生應能自行組織其所得之智識使成一統系。當其進行時，自能將某部分置諸某標題之下，惟非至課程將終時，不當使其知某部分當屬某他部分。

抽象教授法之誤 普通教科書之教授法，與大部分教師之傳授法，與心理原則，完全相反背。大概俱先宣言普通之定律或原理，例如物質之運動理論，聲音之波動理論，於是復引與此理論相合之事實，而遺棄其與之不相合者，使學生堅信其言，無問難與反對之餘地。然後與以實用之例題，使之解決與解說。此種完全抽繹之方

法，其結果能使人心思閉塞，且除去其尖利之好奇心。在入手時，即阻滯歸納法討論之進行矣。此等教科書與教師之誤點，即在其以爲概論所用之文字符號與公式，其所以輔助學生使之領悟者，反較諸學生本人自用其經驗與思想以分析與研究各事物之關係，爲更有益也。

具體教授法之優點 正當之方法，不先求學生記憶原理，然後用以解決問題，而在於挑問暗示，使學生對於問題，因推想而得原理，然後復用以解決他問題。

可注意之點，即在生徒對於普通原理之搜查，頗具熱心。今分析事實即可得此原理，則學生聚集事實，必更踴躍。應用事實，既可啓發新知，則學生記憶事實，亦必更覺容易。且原理一用之，即能使其解決一問題而生快感，則必盡力記憶，以便解決與此理有關之他問題。假設牛頓未曾發明某大定律之先，若有枯澀無味之教師，與以教科書，命之諷誦，然後令其用某原理以求新發明，如是而欲牛頓有所發明，能乎否乎？依紀載家之所言，當牛頓童時，在格蘭得哈（Granham）小學讀書，并未能背誦流暢，記憶完善，而其光陰且多用於製造機器玩物及各種工程器具，即解決其自己

之實用問題。其理論之興趣，乃發生於其實用之興趣也。

### 關於第二章可研究之問題

(1) 取汝在中學會讀過之科學課本，觀其在第一章中，是否有與學生以廣闊人生觀之文字。如汝受修改此教科書之委託，汝是否欲加入此等文字。宜如何加法，試舉大綱，以示同學。

(2) 汝所取之書，其中是否有以科學精神傳授學生之方法。若無時，汝是否欲將此法加入，或保留之，以待教授時應用。對於二法，如何分別應用，試略言之。

(3) 汝當時受用尙格式與訓誨式之教法時，汝之感覺與經驗，是否與本章所論之四個指導之原理及教師從科學意義得來之教訓兩節所言者相合？

(4) 汝是否得有經驗，使汝信抽象教授法之缺點，與具體教授法之優點？如有此等經驗，請略述之。

(5) 指出某科學教科書中之表示概論法。凡欲得一概論之正當觀念，必需有

某種經驗。該教科書是否有舉學生所未曾有之經驗，以證該概論之弊？  
如何能糾正此表示法，使學生得真實觀念？試詳言之。

(6) 試閱數種通俗雜誌關於科學之文字，觀其表示科學原理，是否用多數具體舉例，以便得真實觀念。又將雜誌之表示法與教科書討論該題之表示法相比較。美國許多兒童喜讀美國科學雜誌，而對於物理課程，則工作不佳，其故何在？

REFERENCES 參考

- Chifford, W. K.: Lectures and Essays, MacMillan, N. Y., 1901, 443 pp., \$3.00.  
Chifford, W. K.: Seeing and Thinking, MacMillan, N. Y., 1890, 156 pp., 15 cts.  
Forbes, S. A.: The Scientific Method in High School and College; School Science and Mathematics, Vol. 3.  
Kingsley, C. D., Chairman: Preliminary Statement of the Chairmen of the Committees of the Commission on the Reorganization of Secondary Education, U. S. Bureau of Education, Bull, 1913, No. 41.  
Mann, C. R.: The History of Science—An Interpretation, Popular Scientific Monthly Vol. 72,

p. 318, April, 1908.

Nunn, T. P.: *The Aims and Achievements of the Scientific Method*, MacMillan, N. Y., 1907.  
10 + 144 pp.

Pearson, Karl: *Grammar of Science*, A. & C. Black, London, MacMillan, N. Y., 新出版者共為兩本，此書以科學智識為依歸作哲學之討論。凡科學教師俱當讀之。1915. \$2.00 each, Part I, 394 pp.

Poincaré, H.: *Science and Hypothesis, The Science Press*, N. Y., 1905, 196 pp., \$1.50.

Poincaré, H.: *The Value of Science, The Science Press*, 1907, 147 pp., \$1.50.

Spencer, Herbert: *Education, Intellectual, Moral, and Physical*, Appleton, N. Y., 1894, 301 pp., \$1.25.

Strong T. B.: *Lectures on the Scientific Method*, Clarendon Press, Oxford, England, 1906, 7s. 6d.

Thorndike, E. L.: *Science Teaching Seen from the Outside*, University of State of N. Y., Albany, Bull., No. 34, August, 1907.

Woodhull, John F.: *Science for Culture School Science and Mathematics*, 7: S3-90, February, 1907, School Review, Chicago, February, 1907.

### 第三章 科學之原始

【簡單思想與具體思想】 兒童思想與學習之方法，與野蠻人所有者，同其特

性。且與科學思想，亦有相同之點，即皆與解決問題有關也。其與科學思想術不同者，一則爲兒童與野蠻人之思想比較的不準確，無統系，不複雜，及未嘗致意公式化。二則爲其思想但以應目前需要，而無較遠目的，例如滿足精神與美感之欲望，或人類之進步。

吾人民族之遠祖，亦正與今日所見之野蠻人相同。其欲望爲食，爲居，爲控制猛獸，抵禦外族，爲衣裳文彩，以安身體，以美容貌，以媚其偶。

智識之初步，大概屬於官能所能感者，其初被動的受一羣之感觸混雜成一，莫能分辨。例如彼野蠻人由耳目感觸所及，心中有一四足之物，利齒豐毛，咆哮不已。由此感觸，提起與之有關之各種過去經驗與景象，并及與之有關之意見與解釋。例如是物能嚙人之意見，是物能呼嘯成羣相助爲惡之意見，是物危險，必殺之或宜逃避之意見，種種意見，與耳目所聞見者，合而爲一，而生見解。有此見解，方生注意，而動作隨之。於是有奮鬪求救，升木逃避等事矣。

在此種地位時，其應付之動作，或不知不覺間，由恐懼之天性而發生。然在老鍊



與有經驗之野蠻人，其動作乃爲思想作用之結果，卽論理學家所謂有秩序之判斷也。因其有此物爲狼之判斷，與其餘判斷，於是選擇其進行方法，以滿足其目前之需要，與較遠之目的。若其目前之需要但爲逃避，則其人或速遁，或升木。若其較遠目的爲得狼皮，則其人必奮鬪。

比較與分類 判斷之生，由於比較。物之異者別之，同者識之，因同異及需要之關係，而成分類。原始之人，自經驗之積聚，對於草木關於食料者，知其孰良孰否；關於採取，知其孰難孰易；關於應用，知其孰可爲筐，孰可覆宅。對於木料，知其孰可以取火，孰可以製舟，孰可以爲弓矢。對於塊石，知其孰可削以爲矢，孰可磨以研根與穀。對於禽獸，知其肉可食，其皮可衣，爪牙可以爲飾，筋腱可以爲縫。官感所得之經驗，如是與意見相聯合而成事實。於是分別彙聚，雖極粗率，然亦成一類型的智識，依野蠻人緊迫之需要，而組織成就矣。

語言之效用 當人類得有分類的天然智識，其同時對於聲音及舉動之節制，亦得相似之智識。發音者最初發出一音，或由天然流露，或由摹仿得來，其後知聽者

之感覺與思想，每與發音者相同。例如狺狺暗示犬，啾啾暗示鴨，啊唷暗示痛，開口而指暗示餓，伸手仰掌而前，暗示歡迎。如是凡事實每有相當之聲音與舉動與之聯合。逐漸此聲音與舉動，卽用以代表與之聯合之事實與意義，遂成某見解，某景象之符號矣。當事實之智識增長時，此等聲音動作亦隨之增長，而爲語言之原素。思想之進化，意見之傳布，皆深資倚賴焉。

因關於同異之注意，野蠻民族中或有聰敏過人者，能尋得新物，以應舊用。其結果較舊物爲佳，或取得舊物以應新用。此等發明，一人創之，衆人學之，至於兒童，何獨不然，凡祖父之得諸前代或自行發明者，彼兒童亦摹仿試驗，以達成功焉。

【經驗法之學習】此法但用改變與選擇二手續，以求進步與技巧。例如吾人或出於有意，或出於無心，以種種方法思索或分別各事實，或用種種新方法施行各行爲。苟一法較善於他法，卽選用此方法，以待更佳之法出而代之。此改變與選擇之原理，其應用於積聚有用分類之智識甚廣。野蠻民族所有之藝術手工，皆由此得來。當其摹仿他人，或用改變與選擇之方法，其心中但欲達目的，而不注意於過程。此種

不預爲設法以求節制及指導此改變與選擇之手續者，名曰經驗法之學習。獸類學習但用此過程，兒童及野蠻民族亦多用之。卽成人對於其無特別訓練之事，亦多用此法學習。有鍛鍊之思想家，其與兒童野蠻民族或普通成人不同之處，卽在此點。野蠻人之學習，全依經驗，其所思想，不能逃出五官所及之平面，以達到建設理想之平面。故其思想動作，皆受風俗習慣與故事之規定。其學識之進步，遲緩無比，對於其天然之環境，彼能自然應付，極爲敏捷，一旦新境遇忽然發生，其舊有之習慣，不足以應其需要，卽至於徬徨失措，不能進行矣。

【建設之思想法】 雖然，野蠻民族每能有極明瞭之進步。如謂其完全不用抽象思想，以輔助進步，則亦未可遽信。試思長槍之發明，其思想之過程當何如。蓋削石使尖，以成刀錐短劍，未有歷史以前，已臻完美。當戰爭時，野蠻民族或有聰慧過人者，因其軍器較短，爲敵所敗。彼之志在於勝敵，然仍用習慣之戰鬪法，則必不能勝。其目的與方法不能溝通，其心中於是必有痛苦。對於其生問題之境遇，乃起而思索其各方面。此野蠻人或苟且逃生，默坐深想，種種事實凡有關於解決此問題者，來往心中，

絡繹不絕。從其過去經驗中發生一長劍爲危險之源，劍愈長則利愈大之思想，故己之劍若更長，則勝利必操於己。今有某棍頗長，若縛劍於棍上，則成一甚長之軍器，可以刺敵，而已不至受傷。當其成此臆說時，彼曾用抽象之思念與建設之懸想，彼分析長之性質，知其與解決問題有關。又行合成之動作，知能合棍之長，與劍之堅利，而得槍之新觀念，與其用法之臆說。於是又須抽繹的思想，以發展此臆說，知劍之着於棒端，必須堅固。復多加思索，乃決定剖棒之端，夾以短劍，縛之以革，於是實驗之後，其槍造成，以之殺敵而勝。其臆說既受試驗，其結論既受證明，凱旋之後，以其正確之智識，傳諸同族，而此智識，乃由觀察記憶與思想合成之結果也。

【思想之完全動作】 此種運用思想之過程，既爲簡率，復不加以公式化。在有訓練之思想家行之，以連續數分鐘之時間卽足。然野蠻人行之，其時間必頗長，其思想之完全動作，或須歷下列之過程：

- (1) 認明某方法與目的不能相貫徹，於是有不能不用思想之情形。
- (2) 其迴想中，包括有分析，比較，區別同異，以引至判斷與分類。

(3) 用歸納法之推測，從選擇多數相當意見中，引起一臆說。

(4) 用抽繹之推測，引至問題之解決法，與如何發展其臆說之實行。

(5) 試驗其臆說，以與事實相比較。

(6) 由上列過程，乃得判斷與證實。

長槍之創造，是否與上所言者完全相合，吾人無歷史之證據。或其最早所用者，爲削尖之木棍。後見其不甚堅利，乃縛以箭頭與刀，以圖改良。但無論其是否如是，當有一明瞭之進步時，其思想過程，必與上所述者相似。

經驗式的進步 由以上所述者觀之，無論若何簡單之思想，即思想之不出官能所及與經驗階級者，欲求略有進步，亦不可不有抽象之思想，以行分析與合成，歸納與抽繹。惟經驗式的思想，皆不能離去事實。其進行也，專賴直覺，而無明瞭之方法。且必由事實至臆說之路徑，及臆說至證實之路徑，極爲短便直率，而毫無複雜之處，方能進行也。

埃及，巴比倫，查爾登諸民族之文明，以及美術，技藝，商業，政治，軍法之機關，其組

織與發展，大概皆由經驗思想與經驗分類而成。而此等思想之發生，又必因以上所舉各民族，當其自野蠻生活，漸漸升進爲游牧，爲耕稼，爲工業，受諸急緊物質問題之壓迫，思想與實用需要，於是互相反應。變遷與選擇，復生新情形與新見解。由此復生新缺乏與新需要，而復生新問題，使思想者復進行以求新解決。既有解決，復生新情形，惟較前爲複雜。如是復有新缺乏，新需要，新問題，相繼而生，絡繹不絕矣。

抽象思想（希臘人）除較古民族用經驗方法得物質之成功外，彼明達及善於懸想之希臘人，更加以科學法中之第二緊要原素。即能用可證實之迴想，及着意於公式化之抽象思想，與用有方法的規則，以得穩確之結論。

在地中海殖民地，雅典（Athens）與亞力山大城（Alexandria）之希臘人，爲近世論理學，簡單數學，與天文學，立一堅固之基礎。希臘人對於天文，能應用科學方法之各方面以研究。例如所觀察各事實之聚集與組織也，歸納法之推測也，臆說之應用也，由臆說所抽演之結果與繼續觀察所得結果之互相比較以試驗臆說之當否也。但希臘人之臆說，固有自今日之諸發明觀之，不能成立者。例如天象繞地之說

是也。雖然，理論之非真者，若可與事實互相比較，則其有用於某方面之發展，或較諸真實理論之難於想象及難於觀察與實驗者，爲更巨也。(1)

事實與臆說及其與科學成功之關係，希臘人在天文研究，其用科學法所以較完全者，一則因其天性好奇，時爲天象所感動；二則因其好爲辨論，故必時用事實，以測驗或證實其臆說，以便與人爭論。故在五六世紀之間，希臘思想界中之領袖，棄去其專爲簡單之概論而不注意瑣碎事實之習慣。其中有數哲學家，深知欲學術之能成立，與有實地之進步，必時常回顧，爲事實之觀察，以試驗及選擇各概論。因其能真實比較其臆說與事實，故其臆說方有效果，而引起新發明也。

在解剖學方面，其進步較大於動植物學。因此二學仍未越過經驗分類法之範圍也，其中具有天才之醫學家。因在實用時，有確知人體之需要，故對於事實力求觀察。每解剖人尸猴體，以查證其理論。

雖然，希臘人對於化學，可謂其毫無貢獻。於物理學造就亦微。因其賤視藝術製

(1) 看 Whetham, W. C. D., Article Science, Encyc. Brit., XI Ed.

造與農業，故并與解決此等問題有關之學術而鄙視之。工業商賈，在當時爲奴隸之業，故學者不在此方向求精神欲望之滿足。其所觀察者，亦復浮泛，而乏可證實之興趣。且因有畜奴之制，與生活情狀簡單之故，工業問題，概不發生。由經濟原理觀之，自無發明節省工力方法之需要。自身既不能親獲經驗之事實，則自不能將經驗與抽象思想相合，使現象與意見生關係而組織以成一種科學也。

希臘之貢獻，以在西曆第二紀，在亞力山大城爲最盛。自此時以至於十五世紀，人才漸衰。能一致的用科學方法者不多。雖當此長時期中，偶有數種科學事實與定律，由經驗得來，間亦多關於實用之創造。惟在純粹科學，則無大進步也。

中古時期 此時期中科學之發展，可謂異常沉悶。其不振之故，原因雖多，然其總因可分爲三：(1)初期之基督教徒，因羅馬時代之淫虐，故一反其道，使人生之思想，俱集中於身後之狀況，而不注意於工業生活。是以對於物質及人生之事實與能力，皆極不留心。(2)初期之基督教神父，因欲保護信仰，於是用希臘幻想哲學家之方法，造成一專斷之神學。中古時期宗教與政治機關，皆承認此專斷之統系，而以權



力迫其實行。故凡人之有思想與暇晷者，亦不能用歸納方法以得普通原理。而所成之習慣，爲放棄事實，而承受希臘哲學家與教會神父所遺傳之專斷理論，奉爲圭臬。其他學術，皆以此爲前提，作形式之討論。較高之思想範圍，與較低之日用動作，遂因此分離。(3)羅馬之社會秩序朽腐崩頹，數百年中皆在日士曼民族侵入潮流之下。須經一千年之戰鬪變亂，及工業競爭，方能重得和平之定局，發展工業與商業。然後乃有智識階級起而得權，復能應用暇日，以爲學術之研究矣。

【文藝復興時期】 在十五世紀之末年，火藥製造與印刷術俱先後發明。中央集權及以稅自給之政府，亦相繼成立。富厚之工業階級得勢，使封建制度，受致命之傷。至於當時所謂學士派之哲學，其研究專尙空洞之形式，毫無發起緊要問題之能力，今亦大受反響。於是由學士派主義入人道派主義，一般學者之思想，復注射於與人世有關之事矣。

此時學者，除一部分注意於文學與美術外，尙有高才者，注意於天然之事實與現象，將多數緊要之問題，加以客觀之研究。其所以然者，半由當時工商業發達極速，

有此研究之需要。半則由閱讀古希臘之著作者，欲在活潑人世中，成大思想之造就。因有哥倫布（Columbus）及麥哲倫（Magellan）之航海，於是地圓之說，自臆說之境界，入於事實之境界。因有哥鉢臬格（Copernicus）之建設思想，及波拉哈（Tycho Brahe）之準確觀察，與克潑拉（Keple）之勤勞數學研究，於是太陽爲行星之中心，而非地爲中心之見解，已極明瞭詳盡。但須再加觀察，以與結果相證，卽成穩固之事實矣。

【自格雷利倭（Galileo）以至牛頓（Newton）】證實以上之研究者，爲格雷利倭。彼用望遠鏡所得之發明，及其理論與實驗的研究，更有史德文納（Stevinus）及何根（Huyghen）之力學，皆足爲牛頓之先驅，使其能將天體力學，與地體力學，相合而成一不可思議之統系。牛頓以數學推定萬有引力之定律與運動之定律，遂將近世力學內容與方法之基礎完全立定。彼與何根在光學之發明，亦能爲該部科學樹一穩固之實驗基礎。當時動植物與生理學，皆因應用相同方法而得大進步。

格雷利倭之功，可謂再造時勢。因其對於物理與天文，皆應用臆說，然後合用數

學的抽繹及觀察與實驗，以考測與變換其臆說。今之解釋天然定律與現象者，先分析其重要之關係，然後以論理之手續，使之歸入較簡單較熟悉之原理中，皆由格雷利倭爲之先導及實行也。自有格雷利倭牛頓及其同時之名人，然後真實之科學精神，日長一日。至於今日，科學方法之意義與統系，在無論何種思想中，俱覺其緊要矣。

### 關於第三章可研究之問題

(1) 在汝兒童時代，汝有否用思想以求滿足自己欲望與需要之經驗。如有，可呈述之，并言如何達到結論。

(2) 汝爲兒童時，用何法將事物分類。如能記憶，可呈述之。

(3) 汝幼時習字，乘腳踏車，跑冰，泅水，用各種器具，與製餅餌玩具之經驗何如。若能記憶，可述如何達到最有效率之方法。

(4) 因知某字之意義，於是對於學習某事，亦得幫助。汝是否有此等經驗。如有，可呈述之。

(5) 汝幼時如有發明，是否徧告同伴，及如何得此發明。

(6) 參考科學史書籍，試尋成功每由於將事實與臆說比較得來之例。  
 (7) 從此例指出并用表指明歸納與抽繹思想法。

REFERENCES 參考

- Buckley, A. B. (Mrs. Fisher): *A Short History of Science*, Appleton, N. Y., 1896, 509 pp., \$2.00, Revised, 1915.
- Cajori, F.: *A History of Physics*, MacMillan, N. Y., 1899, 8 + 322 pp., \$1.50.
- Colvin S. S.: *The Learning Process*, MacMillan, N. Y., 1911, 25 + 329 pp., \$1.25.
- Dewey, John: *How We Think*, Heath Boston, 1910, 224 pp., \$1.00.
- Dewey, John: *School and Society*, University of Chicago Press, Chicago, 1900, 129 pp., \$1.00.
- Draper, John W.: *History of the Conflict between Religion and Science*, Appleton, N. Y., 1903 \$1.75, 20th Cent. Series, 75 cts.
- Liebig, Baron J. von: *The Development of Ideas in Physical Science*, In *Culture Demanded by Modern Life*, Ed. by E. L. Youmans, Appleton, N. Y., 1875, 473 pp., pp. 348-369.
- Spencer, Herbert: *Illustrations of Universal Process*, Appleton, N. Y., 1868, 451 pp.
- Walton, J.: *Logical Bases of Education*, MacMillan, N. Y., 1904, 16 + 288 pp., \$1.00.
- Whewell William: *A History of the Inductive Sciences*, J. W. Parker, London, 1857, 3 vols.,

Appleton, N. Y., 1894, 2 vols.

White, A. D.: A History of the Welfare between Science and Theology, Appleton, N. Y., 1914,  
2 vols., \$5.00.

## 第四章 科學與兒童

【民族之經驗與兒童之經驗】 科學教師對於科學之起源與發展，如上章所述者，不可不知。蓋因兒童當思想發達之時，其思想力由簡單漸入複雜階級，正如民族思想之進化。惟其中有一極要緊不同之點，即吾人所教授之兒童，其耳目所接觸者，多爲近世科學與近世思想所產生之器具。其環境較古時兒童之環境更爲複雜而不天然，其得用抽象思想之機會亦較多。故謂今日之兒童，亦必如古時民族之逐漸自得經驗，其言必謬。蓋兒童學習時，不若古代野蠻民族之無所憑藉。彼有祖宗累百世之智識與經驗爲之基礎。若彼能善用遺產，則其進步可一日千里，不若古代民族之如蝸牛遲進也。在今日兒童之旁者，皆常用抽象思想，或發表其個人之意見，或應答此兒童之疑問，或詔此兒童，使其翻閱書報，以求所欲知之事實。故今日之男童

關於電鈴，電機，飛機，汽機，攝影之事實與理論，所知頗多。女兒對於縫機，烹飪，洗濯，及保護家畜植物與他人之動作，亦能知之詳審。雖大部份兒童所學習者，均從經驗得來，然亦有從用高等思想得來者。以上所舉各種智識，既能以純粹的自動而得，則凡關於科學之問題，能舉示得法，使兒童之好奇心感動，或舉例明白簡單，爲兒童具體智識及其抽象思想力所及者，皆能使之興味增加，然與兒童以新智識材料時，若兒童自己不能用具體及實驗之學識以吸收之，則此材料不能成爲心得。蓋吸收新智識之過程，需要一種思想之幫助。此思想雖可用教授過程暗示，但其發源必出於兒童之自心也。

【兒童如何學習】 凡兒童自孩提時代，以至於能自節制其身體，其學習之法與禽獸及野蠻民族相同。卽隨試隨誤之法是也。吾人有終身沿用此法以得技巧者。其初先受一種不明瞭不分析之複雜感觸，兒童因應付此感觸，自神經與智力之反應，而獲得意義。換言之，卽其所學習者，皆從先有作爲，因作爲而有感覺，因應付此感覺，心內發生與此相關之景象。若其所以應付一種複雜感覺之反應，得圓滿之結果，

則無論何時，有此相同之激刺，應付方法，亦必相同。如此重複舉行多次，即成習慣，而能記憶。反而言之，若反應不得圓滿結果，則不復重複舉行，而不久忘卻矣。

當一羣感覺與圓滿反應所記憶者相聯絡，即成意義。例如有糖一塊，對於兒童，漸得下列之意義。此物能落地旋轉，味甜而可吮，或須啼哭以求之，或不須啼哭以求之。故凡活潑而易暗示之兒童，當其四周有物存在，或有事進行，從經驗而得意義。復因應付事物時，常改變其方法，與選擇較善之方法，而技巧遂與時俱進矣。

兒童之經驗思想 及兒童漸長，遇能生問題之情形，即始用經驗思想法。例如一事發生，其習慣之應付法，不能生圓滿結果。於是行爲停頓，乃生新方法之思想。歷試各方法，其應付所得結果最佳者，則選而用之。如是兒童之需要逐漸擴張，其作事之方法，亦逐漸進步，意義逐漸增加。對於事物，因其滿足欲望與快樂之程度不同，而爲之確定分類。故其經驗若愈足，自動若愈多，則其所積聚與分類之意義愈豐富，其所得之智巧必較佳。及遇有新情形與新事實時，必愈易於應付與學習。蓋新思想之生，必因先自有積聚之經驗與聯絡，然後遇暗示與互感，即能油然而起。所以遇有能

生問題之地位，如欲兒童能發較多與較有結果之理想，必當先使其對於環境有廣闊與密切之經驗也。

施教必自兒童之經驗始。凡兒童在家庭或在田園，其能多為與青年相宜之工作較多者，例如遊戲，旅行，手工，園藝，縫紉，烹飪，畜獸，採物，推而至於收聚礦物，化石，木材，郵票，像片等等，皆可為研究科學之最佳預備。即對於研究他學問，亦復如此。因有此等經驗，於是能積聚許多意義與技巧。兒童對於某事物之所以肯用其智識與技巧者，必此事物能使之生興趣而足以屢次促用其思想與奮力。且必因此事物，對彼為具體的，習見的，與易於記憶的，然後新理想方可從此發生也。

由此觀之，學習科學之基本過程，即在於從本身之經驗，與日用之現象之與個人之興趣及需要有關者，用以積聚多數理想與求得神經之技巧與有用之習慣。故教授法之基本過程，亦即在取相當可為激刺之材料，巧為布置，以挑撥兒童之好奇心。并用問答，提議，舉例，實驗，與其他相當之方法，以輔助兒童之記憶選擇。將其已有之經驗理想益明，足以應付目前之情形與事物。



此種思想之過程，必須兒童自己進行，不能代之進行。教師之職務，但在發動此過程。既動之後，但用問話以暗示有關係之新事實，供給有關係之新實驗，使學者能自得其中之相當意義。如是則新奇之事物，不久即吸爲己有，而成熟悉之事物矣。此種過程，在學者之方面言之，謂之感受。在教者方面言之，謂之預備。教育學關於問答體有所謂「正式五步」者，此其第一步也。

【兒童之合理思想】 兒童之有合理思想，與成人相同。亦以其所積聚之意義，與其分類之所得之經驗爲之基礎。因心中有一種欲望，欲將所見之事實與現象，納諸智慧之統系中，使其意義融和，智識圓滿，然後於心始快。合理思想之生，即根於此天性。科學精神所包含者，即此好奇之精神，與利用物質及方法，以濟實用之欲望。惟此欲望及需要，較諸須用尋常思想者，爲深遠耳。爲合理思想者，必待思想過程將近完畢，方加以判斷與施行，以期達到完美之宗旨，與圓滿之結果。

合理思想之初步，每易忽略細目，急爲廣大而不甚明瞭之概論，以至對於各關係及後果，未能充分思索。兒童之有此趨向，亦如希臘之哲學家。然因其歸納結論過

速，其意義未經推展，又未與事實相比較，則其所舉之概論，每爲錯誤。及應用此概論於某項特別事實，或則無結果，而智識停頓，或則引起錯誤，及愚妄行爲。糾正之道，卽在使兒童依其所論者，試爲進行，以表示其概論之謬點。蘇格拉底（Socrates）處置希臘青年，卽用此法。若教師能引學者對其所發之言論尋根追底，以觀其進趨何向，則不久學者亦將自行檢點，力避未加考驗之結論，以免蹈淺率之譏。雖然，蘇格拉底式之追問，但用以破壞，及雜以譏諷，反能使爲獨立思想者失望。年輕教師，對此不可不慎。補救之道，卽同時加以建設的暗示。對於生徒之爲有常識謹慎而富於思想之理論及宣言者，亦當加以稱許，不遺餘力焉。

【科學思想】科學方面之合理思想，藉所有之各種思想，爲其基礎。惟其特別之點，卽在於有不急下斷語之習慣。必待謹慎周思，依法推測，然後選擇一種擬議，或爲理想，或爲概論，用以解決問題，庶可最有成效。當其進行時，視此種理想及概論，不過爲試用之臆說。其所包含之意義，尙須加以有秩序之思索。其與事實之是否相符，尙須加以實驗與觀察之比較。凡曾受訓練之思想家，關於其所持之觀念概論及分

類法，皆務使之活動不滯。故當新事實新情形發生時，即可將此等觀念概論，或加擴充，或重行布置，使經校訂後，可適用以應付新需要焉。

由此觀之，教授科學者，當注意於訓練學生，使其解決問題時，有試用臆說之習慣，務使其緩下斷語。必先審查所有事實，且必時時虛心，以納新提議與新見解。然此非謂必令學生對於無論何物，皆失信仰也。蓋當授一課程時，本欲使其對於某事物加以堅信。但此信仰與必然之感覺，必當從仔細思索及測量可信的證據中得來，方為有效。亦非謂不令學生引據有力量之言論以為證據。惟其所引據者，必先有能勝任與可靠之徵實。關於許多事實，學生不能不仗教師及教科書為憑據，惟教師之不許學生對於此等憑據加以疑問者，必不能訓練學生使成一有獨立思想力之人材。

科學思想之過程，包含下列數步：（1）用分別，比較，與抽象，以便尋得問題之界限及其定義，或引至某普通原理。（2）反覆思索，然後選擇某相當理想以為臆說，（3）用思維，觀察，與實驗，以發展及考查此臆說所該括之意義。（4）此過程然後引至結論。此結論或包含動作，或但將某種事實或現象納諸論理統系中，或組織智識

中應佔之地位。當其迴想與思維時，其達到結論之方法，固不若教科書中之辯論，必依一定之次序進行，乃自事實一躍至臆說，復自臆說一躍至事實，不務求依傍論理的格式，以障礙自己之進行。惟有時亦注意及此等格式，以防迷誤。總之其各理想之相銜接，固如網之在綱，先加以考查，必求與論理學不相違背也。

日用思想與科學思想 思想過程之各步，欲爲之嚴整分清，頗爲不易。普通有智慧之人，俱能運用各種思想法與智識。所不同者，但在方法上之完全與否耳。科學研究家所用之方法，較諸兒童野蠻人及普通成人所用者，其不同之點，卽在其問題較爲困難與複雜。其目的較爲遼遠，其直接所觀察，與其迴想過程，關係頗遠。其所用以表示者，亦多爲符號與專門名詞，故亦較爲抽象而合於論理。科學家解決問題，對於該問題有關之科學理想，觀念，與原理，必知之較多較審與較確，且包含較仔細之數量測定，較廣闊之數學理想，以定各現象之數量關係。對於臆說，用歸納與抽繹之推測，推度之較審。對於結論，用觀察及實驗，試之較嚴。所以科學家對於與其素有研究之專門學問，所得之結論，必較常人所得者較爲準確。惟在專門學識之外，科學家

所得之結論，未必較常人所得者爲準確。此點與教育之應用有關，後當續論之。

【兒童之思想能力】 在普通情形中，兒童用經驗法思想之能力，自六歲至十二歲，逐漸增加。其能力之程度，當然視其天稟，及自環境所得之經驗，與其所受訓練之性質而異。

兒童當未達中學年齡時，已能爲若干之合理思想。若能巧爲激刺與扶持，則當其至中學二三年級時，對於頗爲複雜之生問題的境遇，當能想出解決之法。自此以後，凡其智慧稟賦非遠在平均以下者，皆因其有天然喜迴想討論與研究之趨向，對於良好教授，必能應付敏捷，進步急速。兒童之具有平均能力，對於校課仍乏成績者，必其教室中所受之材料與方法，不能與其平時所得之實驗智識有適宜之配合。兒童在學校成績不良，而一出教室之外，即能迴想周到，理論詳審，對於其已有具體經驗及其心所喜好之問題，即能敏捷對付者，實繁有徒也。

凡爲教師者，對於此事實，必時加以注意。如非有特殊情形，皆當思變動其方法，以就學生。不當強迫學生以就己之方法。學生未入己手以前之情形，非已能力所能

變更，故但當爲入手以後之糾正，不須多責備於已往。雖然，若教師之能力，可以略能感化社會，學校與家庭，則當施其勢力於各方面，使兒童未入中學以前，能得多數之具體經驗，與經驗式之智識。

中學以下之教師，每思過分發展兒童之抽象理想。其結果乃爲犧牲其用官能視察之機會。近日學校之缺點最可指摘者，卽爲此端。不知理想但生於現在及能記憶之具體經驗，卽觀察與行爲是也。蓋理想乃自內出，非由外賜。

以物思想者與以理思想者 多數兒童乃以物思想者，彼之所欲想及能思想成功者，必爲可聞可見可觸之物質。文字與符號以代表物體者，必此物體在前，彼始能解其意義。彼之興趣，卽爲對物施動作行爲，以求得實際之結果。又有兒童爲以理思想者，彼容受理想，較前者爲易。故欲使之對於抽象觀念抱有興趣，亦爲較易。當其達中學之年齡，喜趨就廣闊之原理，包羅之言論，而不願聞細目。喜好談論，過於實行。彌勒 (I. E. Miller) 教授曾言，彼等能運用抽象之公式與播弄符號，每至可危險之程度。

對於此二種心態之兒童，教師必時常變動其方法，以應其需要。所幸者二種人之大需要則固相同。即彼等皆需豐富之具體事實與材料，以備其時常觀察，例如戶外之觀視，及圖畫，模形，地圖，標本，簡單儀器等等。以物思想者得此等材料，可助之入辨別，比較，抽象，概論等過程。且在思想時，在其記憶力中，物體與其藉以代表之符號，亦可因之而有聯絡。用此相同之材料，以理思想者，亦因其所言者與所見者，必須兩相對照，不至作過分之言語。如是，此二種人皆得智慧之醫治，以匡其不逮。對於此事，教師尚有一最佳之行爲，即遇一問題，使生徒互相辯論是也。如是，則既可使學生以理想互相感刺，且使其對於不可逃避及矯飾之事實，互相辯證。其結果必有真是非出現，或違或從，共相承認，而有合理之一定輿論生焉。

思想技術之訓練 青年欲發展其合於科學技術之思想，則亦必如民族之進化然，先有實在之需要。對於許多問題，加以時常考慮之練習。如欲學生對於此技術能完美而有效率，必其平日之訓練，能使之用正當之理想與方法，以節制其行爲。至遇某問題發生時，方能應付神速。夫思想技術之必需在發生問題情形中繼續練習，

亦正如欲得無論何種技巧，例如打字，撐竿，皆需要合法之繼續練習，使其變成習慣也。雖然，思想之習慣，固與動作之習慣，有相同之點，然在思想，不能如下等習慣之專恃自動，必節制以智慧之活潑，常宜虛心以待迴想時所得之相當提議，并更有選擇更佳之理想及方法以解決此問題之思想。換言之，即謂最優強之思想，固極賴習慣之自動，惟亦當有選擇之習慣。當用思想以解決問題時，無論進行至何點，遇有更佳之理想，即在此點開始應用。蓋問題之來，性質每極不同。所藉以應付之思想，亦不可無變化。故學者必須得一種訓練，能對於自己時時提議最佳之方法，且能時時查問何以謂之最佳。欲得此訓練，教師每可令學生依其所提議者進行，待其自尋得錯誤，方知何者為最善，何者為不善。如是進行數次，彼對於一提議，自必查究其何以為最佳也。此種虛心之態度為消極教法之一種，亦宜用之有節，不可過分。

疑難者或對於上所述者加以懷疑，將言吾人終不能使兒童變成科學家。不知大多數兒童固不能成為科學家，然不妨俱驅之入能變成思想家之道路。其將來在此道路中能趨行若干距離，則惟其力是視。若其所受能思想完好真實之教訓，則在



無論其進行至何程度，皆爲有用也。

且中學科學教師之富於經驗者，皆公認在中學之男女兒童，普通對於其抱有興趣之問題，可以使之解決，能使之記憶過去之事實與觀察新事實之有關於此問題者，能使之就此等事實爲簡單之推測，能使之造成及考驗自己之臆說，能使之逐漸慎用理想以防迷誤，且能訓練之使之用觀察與實驗，以考查其結論。如是，則兒童固能用科學方法矣。

鼓動法之必需 欲兒童有爲以上諸事之能力，必使之實行諸事。然欲其實行以上諸事而得力，必先使其抱有興趣。蓋彼必因自喜觀察，方能行觀察，而得習觀察。亦必因用推測可得其所欲得之結果，方能行推測而得習推測。亦必因先有臆說可助之得所欲得之結論，於是學習制造臆說。推而至於其所以學習謹慎思想，所以學習考查結論，無不因其與解決彼喜好之問題有關，故行之也。

由此觀之，如欲藉用某種問題，以事實、理想、定律、觀念，及種種之科學原理教授兒童，則此所選擇之問題，必求與學生之興趣與經驗相近。且用有興趣之方法引入，

庶幾其所習者，可真被吸收而成爲己有焉。能善搜尋及利用此種問題，爲教師最不易得之技術。教師中固有天性善此者，然苟覺其緊要，而時加注意，則亦可從經驗中得來也。

關於第四章可研究之問題

(1) 遇汝所知之兒童，可與之談科學事實。凡此兒童所知之科學事實，皆試記錄之，并作一報告，以享同學。

(2) 見有童子喜弄科學玩具，如假電車，無線電之類，或喜收藏郵票鳥卵者，可試分析彼如何組織其智識與解決問題之步驟，亦可以汝所得者，報告同學。

(3) 此等兒童之思想方法，是否與本章所述者相同，可比較之。女孩之學習烹飪縫紉等事，其思想過程，是否與此相同。

(4) 由汝之觀察得來者，是否有兒童能爲合理思想之證據，可一述之。

(5) 由汝之觀察得來者，是否有校中學生本能爲合理之思想，但因以此進行

時，因其所答者與教師所欲答者不同，至受斥而失望。如有，可舉一例，并言正當辦法應如何。

(6) 設有一學生，對於幾何學所有原理俱能舉出，而未曾一解決問題。此人是不能得合於論理的思想習慣。對於汝之答案，加以解說。

(7) 試舉兒童合理思想之例。

#### REFERENCES 參考

- Boole, Mary Everest: Preparation of the Child for Science, Oxford Press, England, 1904, 50 cts.
- Clodd, Edward: Childhood of the World, Humboldt Pub. Co., N. Y., 1884, 3 pp., 15 cts., MacMillan, New and Enlarged Ed., \$1.25.
- Colvin, Stephen Shelton: The Learning Process, MacMillan, N. Y., 1911, 336 pp., \$1.25.
- Dewey John: How We Think, D. C. Heath, Boston, 1910, 224 pp., \$1.00.
- Hall, G. S.: Contents of Child Minds on Entering School, Barnes, 25 cts.
- Hall, G. S.: Adolescence, Appleton, N. Y., 1905, 2 vols.
- James William: Talks to Teachers on Psychology and Life's Ideals, H. Holt & Co., N. Y., 1915, 301 pp., \$2.00.

Kent, E. B.: *Constructive Interests of Children*, Teachers College, Columbia Univ., N. Y., 50 ets.  
 McMurry, F.: *How to Study, and Teaching How to Study*, Houghton Mifflin, Boston, 1909, 324 pp., \$1.25.

Miller, J. E.: *The Psychology of Thinking*, MacMillan, N. Y., 1909, 303 pp., \$1.25.

Starr, Frederick: *Some First Steps in Human Process*, Flood and Vincent, 1895, 305 pp., \$1.00.

Walton, J.: *The Logical Bases of Education*, MacMillan, N. Y., 1904, 16 + 288 pp., \$1.00.

## 第五章 教授之方法

【研究熱之課程】 今爲表示具體方法以明教授科學宜如何進行方能不失去精神而得實際之教育價值起見，假設一物理授課情形。學生方卒業力學，而始讀熱學。所以舉此爲例者，以其所討論之事實與理想，在讀者易於詳悉，較諸引科學他部份更爲明瞭。且舉例之目的，乃以之供優良教授之模範，以備爲以後討論具體之材料，固非欲讀者從此得熱學智識也。苟讀者對此舉例加以研究，以觀其如何應用前章所討論之原理與精神，則遇本身教授科學課程時，依此原理與精神，亦可定一計劃而毫無困難。惟教授科學者，必先有科學之訓練。苟無此等訓練，則無論其對於

教育原理，如何研究，終不能成爲科學教師也。

【課程計劃】 凡教師如真欲得教授能力及觸處逢源之妙者，則對於每一課程，皆宜有計劃。且可將此計劃，夾諸散頁本中。在教室或實驗室，依此計劃進行。然後加以評論，載其適當與否，以備改變。如是則所有課程當複行一次，即可改良一次。凡所有教師，皆當應用科學方法，以研究其教授之問題，然後妥爲支配其問題，以應學生之性質與需要。科學教師，尤當如此也。

## 總綱 熱

次綱 熱之對流傳布。

課程之單位 家庭中熱之應用與節制。

課程之問題 在室內起火，如何不至室內有煙。

### I V 普通預備

(a) 熱對於吾人有何用(用途)

## 第五章 教授之方法

- (1) 致暖 概論——所有生命，如動植者，皆需熱。(生理的)
  - (2) 烹飪 概論——多數工業過程，如五金匠，玻璃，瓷磚等俱必需熱。(工業的)
  - (3) 驅動汽機，汽車，電機 概論——為機械能力及光之源。(工業的)
  - (4) 太陽之熱能生風與洋流，使水汽與熱分布地球。(地文的)
- (b) 熱得自何源(來源)
- (1) 木材，煤炭，揮發油，及煤氣。(燃料與燃燒)
  - (2) 磨擦，擊撞，與刮削。(機械的工作)
  - (3) 日光。
  - (4) 動植物之生命過程生熱。
  - (5) 火山，溫泉，噴泉生熱。(礦硫作用) 概論——吾人熱之來源，即為燒燃料，機械作用，生物，地心及太陽。
- (c) 熱如何移動(傳播)
- (1) 依金屬進行(傳導)

(2) 從太陽，火爐，氣爐行過空間。(輻射)

(3) 由空氣及水流。(對流)

概論——熱以三方法在空間傳布，曰傳導，曰輻射，曰對流。

(d) 熱何以必節制(節制之必需)

(1) 阻止火險。

(2) 阻止煙塵。

(3) 因應用之便利。

(e) 熱當如何節制(節制之方法)

(1) 用以節制者，有火竈，火爐，及煙囪。

(2) 此種設備之要素，即為有火網以禁燒燃料，有火箱以藏火，有煙囪以通煙與燃燒所成之氣體，有灰坑以受燃燒所成之固體合質，并有風閘門，以調制通風。

(3) 普通原理 凡應用熱之器具，必保持空氣，使得在焚燒之燃料中流通。對於加熱之物體，如不能直接置於火上，則當設法使熱能傳及之。

1 B 目的之聲明 課程內之問題

如欲於火網或火爐中起火，欲其免去煙塵之發生，有何最善之方法？

II A 特別預備

(a) 材料 火柴，木屑，紙，細柴，粗柴，細煤塊，

(b) 起火之方法 先視煙囪及通風處是否潔淨，火網之下灰是否除淨，風閘門是否全開，然後逐漸加入燃料，最先加木屑，最後加煤，其中必留空地，以通空氣與火焰，使與燃料全部能相接觸。然後以火柴及燃着之紙，於木屑之底引火。若起火但用火網，則用吹風器；若為爐竈，則在火以上之孔隙皆須緊閉，而火以下之通風門，則須開啓。第一次煤既點着後，再行仔細加煤。

(c) 由燃燒燃料及加熱器具所得之具體經驗，可抽釋而得原理（燃燒之原理）

- (1) 燃燒必熱至燃燒點方能燃着。不同之物有不同燃燒點，相同之物則燃燒點相同。
- (2) 煤之燃燒點比較頗高，故必有甚熱火焰在其中流轉。
- (3) 因此之故，起火之物必燒之急速，及加急速流通之空氣。

II B 回想



當初冬之時，空氣尙不甚冷，在室內舉火時，煙每不自煙囪出外，而後入室中。欲解決此問題，必先有普通原理。欲發明使煙入煙囪而不入室之原理，吾人必需分析，組合，及歸納之推測。即必先發明煙運動之原因也。

(a) 關於此現象之原因可以提及者，可有下數則。

(1) 熱空氣上升。

(2) 煙囪能吸引氣體。

(3) 有氣體之流通。

(4) 使煙上升者，必有物壓上之。

(b) 將以上所提及者，與事實相對照，加以考慮。

(1) 以玻璃瓶及天秤試驗，知熱空氣頗不易上升。故所舉之第一原因，不能謂之甚確。

(2) 氣體本無互引之趨向，故第二條所云之吸引，其名詞亦不妥。

(3) 所謂流通者，不過簡單總述此現象。如何致此流通之原因，仍未講到。

(4) 第四條所提及者，頗有效果。煙囪內之空氣，可比諸空氣內之氣球，及水中之木塞與氣泡。

可迴憶研究力學時液體平衡之原理。亞基美特 (Archimedes) 及巴士康 (Pascal) 原理。

### III A 臆說

煙囪內之空氣較諸煙囪外同柱形體積者為輕，故外面之空氣壓力較大，在輕空氣下流行，而使輕空氣壓上。

### III B 發展與測驗此臆說

(a) 何以在內之空氣較輕？

(1) 因膨脹故一部分由頂流出。

(2) 用空氣寒暑表表明空氣因熱膨脹。

(b) 以二玻璃燈罩相連，二者各保持不同之溫度，則見冷空氣下降，以排擠熱空氣。空氣流動之方向，可以焚香之煙表示之。

(c) 以玻璃管及水，可作相同之實驗。水流之方向，可投碎紙於其中以觀察之。

IV 結論 對於流體對流之原理，今可舉述之。

## V A 應用

- (a) 言高煙囪，直火道，風閘門，煙囪蓋等等對於通風之影響。
- (b) 烹飪用之煤氣爐及其構造。
- (c) 熱空氣暖室器之構造及其節制法。
- (d) 熱水暖室器之構造及其節制法。
- (e) 房屋通風法。（對於家庭及學校者，尤特別注意。）

## V B 將全問題之材料，組織成一大綱。

有課程計劃之便利，爲此等課程計劃者，必費時間與思想頗多。因其必預揣學生之困難，先設疑問與答案。心中必有多數可藉以說明之材料，及暗示之思想，以鼓動學生，使爲勤敏之思想。若能達此目的，則時力之耗，不爲虛費矣。當討論時，每一思想當發揮至若何程度，亦必需教師優良之判斷與活動。蓋太簡暗而不明以至失望，及重複繁瑣以至生倦，皆非善法。施教者可採其中庸之道。凡各種事實與問題與本問題無直接關係者，偶一涉及時，不當使之引去注意。此種臨時發生之問題，如無

價值者，即當急速刪去。如有價值者，即可發揮之至一程度，以激發學生之興趣，使之生好奇心與迴想心，及得相當時機時，便可繼續研究。教師對於每一學生，皆可鼓勵其紀錄可奇異之事實，遇討論問題與此事有相關者，即可引以討論。如是則每學生皆願追隨全班以求答案。此種方法能助養研究之真精神，及發明之快樂，且示學生以保留問題以待將來研究之便利。蓋將此等節目暫時擱起，則可以緊就主要問題討論，待其圓滿解決後，再顧而之他。如是則不至生成漫辨無終之習慣。

依此原理進行，有多數問題，但須略為發揮，即留作將來討論。又有多數問題，則為與主要問題有關之原素，急待透徹闡明者。凡課程進行，不能完全與計劃相吻合而毫無違背，惟有此計劃，可以節制討論，使就範圍。解決之方法，亦能使合於論理及有秩序之步驟。此種預備計劃之方法，較諸但賴教師一時之興感，及但依課本之次序進行，皆為優美。凡不明其理者，苟一比較其在教室所得之結果，即自能深信無疑矣。

凡真可稱為教師之人，必不肯完全依賴課本之節目，必因其自身與學生之興

趣，或因學校教材與設備之關係，而酌量增減。教師之富有經驗與訓練者，因其對於所授之課題，其胸中已極有組織，或不須更爲課程計劃之細小節目。但無論如何老練，亦須有一普通計劃之大綱。至於新教師，則造計劃務須透徹，且必記載詳明，研究勤謹。學生思想過程之性質，皆由教師教法之性質而定。如教授無方法及無次序，或允許不健全之推論，或鼓勵不準確之斷語，則學生不但難因之得明晰及確當之思想，且因之受阻滯。反而言之，若教師所授者，率皆布置有條，而所推論者，不但公正，且可見其公正。對於援引證據，必示估量證據當否之緊要。若所舉之證據尙未真確，即不肯下斷語，則不知不覺間，學生俱得精密思想之習慣矣。

教師對於能爲有秩序之布置者，有論理之推論者，仔細估量其證據者，可時加以鼓勵，更與不如此者相比較。如是則生徒之心中，能造成有論理的與健全而能自覺之思想。蓋教師對於學生，當其思想能力發展時，表示其快樂態度。此種熱心，極易傳染諸學生。較諸督責誅求，有效多矣。雖督責與誅求，固有時亦在需要之列也。

課程之指定（以下假設問答體）

教師 我們力學的特別及正式研究已經終了，但是不能算完結。因為學問沒有完結的，總歸有新東西可學。我們將來要常常應用我們曾經研究的力學原理。就是將來關於熱學，電學，光學，聲學，諸問題與力學有關的地方，也要溫習。到年終的時候，你們對於全物理的基本關係，已經可以看出。彼時我們還要溫習力學。明天我們要起首研究熱學。你們裏面幾個有起火的經驗？有這種經驗的請舉手。很好！這個經驗無論對於何人，有時都有價值。你們中有幾個曾經看別人舉火，心裏想他也能做這事呢？約翰你舉火的時候，是否曾經過到火煙不向煙囪出去，卻跑到室內來？火煙是應該向煙囪出去的。

約翰 是的，我在初冬第一次起火，每是這樣。

教師 你們中誰有相同的困難。這個是生問題的情形。我們把他當作下次上課研究的問題。我們大家都要曉得起火的最好方法，及如何使屋內不至有煙。當研究這個問題時，我們便可以講到空氣流通的理論。其餘有興味的問題，同時必定也會引出。這種問題，請你們先把他記下來，再去求他們的答案。譬如熱替我們做點甚

麼事？他如何從一地方傳至別地方？他應該如何節制？并我們如何節制他？怎麼使煙從煙囪上升通風的運動，有時是否從上而下？把你家中的取暖及烹飪用的器具察看。把能夠找出來的事實一齊找出。把五金店裏廣告用的圖畫也搜來看看。他們爐竈的構造。把這種傳單帶到教室來。把你所得的材料整理一番，然後告訴同學。現在你且不要看你的教科書同其他書籍，也不要自己製造熱的理論。我以後再把你們這個機會。我們先要的是事實的智識。理論待到需要時再來。你以前對於熱所得的經驗，先將他想起來，再用你的眼睛，耳朵，手，同舌頭，去實地尋求新事實。把你所調查的做成紀載，且依我所問的關係，將他編成秩序的分類。明天我們要討論你們帶進來的各事實，把他安放成合乎論理的次序。於是我們就有解決課程問題的基礎了。最末了，我要你們明天交進來仔細寫好的一兩段文字，說明你從現在起到那時所找來的事實與報告，卻不要向書裏面去找。至於關於熱的問題，你如有覺得很有趣及願意得到答案的，也可寫好一個交進來。

如上所述，教師之欲學生交進寫卷者，蓋欲其思想與注意能集中於所指定之

普通課程。蓋每學生既與以特別之事，令之工作，則彼知明日不能全仗一時之感觸以應付教師，因教師從寫卷中，即能知該學生曾否用思想與工作其指定之課程也。

【普通預備】靈敏之教師，須令其學生依其姓名字母之次序而坐。教師講檯上，應有學生坐位表，及學生名字。當全班就座後，即使其將寫卷傳入。傳入之法，自一端傳至他端，自後排傳至前排。故當寫卷一堆傳至第一號學生時，已皆依字母次序排列完好矣。每寫卷之上，俱有日期與學生之姓名，但不須摺起。當寫卷傳遞時，教師即可紀錄缺席者。

至於教室中所當行之瑣事，例如整節窗簾，揩刷黑板，分布材料，填記紙張札記，皆可於此時行之。且可令生徒合作。教師不當耗費時間，以爲此等機械之工作，當令全班以合作法爲之。蓋組織得當，則教師須消費十分鐘以行之事，十人可於一分內爲之，如是則可節省九分鐘之時間，以應用於作全班有益之事。

教師 維廉，你在粉板上靠當中的地方寫出我們要研究的總題目。

維廉寫一大寫的熱字。



教師 當我們還沒有討論我昨天指派給你們的總問題以前，我們應該把我們已有的智識，弄成有秩序的形式。他們若是新鮮同有次序的樣子在我們胸中，便可做我們解決這個問題極便利的思想源流。對於應答這個問題，每人多要預備點貢獻。約翰，熱對於我們做點甚麼事呢？

約翰（他曾替父親趕汽車） 熱可以發生能力，去趕動油機。

教師 是的，他替你趕動摩達車，我想你懂得氣機同油機的原理呢？

約翰 先生，是的。

教師 你很簡單樣子告訴與同學。

約翰 當氣體在炭化器內同空氣相混合，就被吸到引擎的氣缸裏去。當氣缸裏裝滿這個混合物，活塞子就動了，把他一壓，於是就被電氣火花爆裂，仍舊把這活塞子推出。

教師 他爲怎麼能將活塞子推出？

約翰 當混合氣體爆裂時，受熱所膨脹。

教師 氣體爆裂發生熱麼？

約翰 先生，是的。

教師 爆裂同燃燒是一件事體麼？

約翰 我不十分清楚，但是我想是的。

教師（對全班說） 約翰說的不錯，爆裂不過極快的燃燒。我們將來把汽車同汽油機做特別問題討論的時候，再來請問約翰。這種機器叫做內燃機，因為燃料是在機器的氣缸內燃燒，不是在鍋爐下底燃燒。

教師向約翰點頭，令其就座。因教師對彼智識與以承認，故頗自喜。并決意於將來再多搜求。

教師 熱對於我們還做甚麼事呢？瑪麗。

瑪麗（對於家政學抱有興趣） 熱替我們煮食物，并且使我們溫暖。

教師 很好，將熱的用途寫在粉板上。將你兩個答案寫在下底。那一個先寫？

瑪麗 使我們溫暖。

教師 爲怎麼呢？

瑪麗 我想他更爲必需。

教師 爲怎麼呢？

瑪麗 因爲我們不吃煮過的食物尙可生活，但假使身體不溫，就完全難活。

教師 這話頗合於論理。你能穀把末了的意思再來發揮，并且做一概論。

瑪麗 我不明白你的意思。

教師 你說我們沒有熱就不能活。別的生物怎麼樣呢？

瑪麗 許多鳥在冬天到南方去求暖，并且他們有羽毛替他身體禦寒。

教師 寒就缺少熱的意思，你末了這句話還可改正。

瑪麗 羽毛將熱保住在身。

教師 這是對了，但是你止說人同鳥要熱。是不是就是這種動物他的生命必

須熱麼？

瑪麗 馬狗同節足蟲也必須熱。

教師 魚同爬蟲及下等動物怎麼樣？

瑪麗 我想他們也須熱，不過我曾聽說，魚同爬蟲叫做冷血動物，所以我對他們不大清楚。

教師 他們能殼凍死麼？

瑪麗 是的。我知道他們能殼。但是我聽說有許多病蟲同微生物在冰點以下的溫度還能殼生活多時。

教師 這是的確。不過在低溫度能長大蕃殖麼？

瑪麗 對於此，他們是要熱的。不過在沸點以上，他們要殺死了。

教師 微生物是動物麼？

瑪麗 不是，他們是植物。

教師 瑪麗，我當初叫你把熱必需的話做成概論。你可將你所舉的各條及相同的，多用一句話來包括他。

瑪麗 熱能扶持生命，無論動物的，植物的，或是人的生命。

教師 這是很好，我們可叫他做生理的用途。我可寫在粉板上。(1)生理的。以下還要你們的概論。(對全班言)瑪麗曾講烹飪要熱。除去家庭之外，在工業生活中的化學或物理的方法上，什麼地方還用熱，請無論那一個提出。(有人舉手)

教師 法蘭克

法蘭克 鐵工，錫工，及鑄金屬器具要用熱。

教師 約瑟芬

約瑟芬(喜繪畫磁器) 燒窯要用熱。

教師 再舉同類的方法也必需熱的，

約瑟芬 做玻璃同燒磚也要用熱。

教師 向亨利點頭。因亨利亦舉手。

亨利 從礦中取金屬，製鐵軌，鐵片，同鐵版，要用熱。大概要緊的製造工業，幾乎沒有一種方法不用熱。

教師 很好，你把這種事實概論的不錯。我決定你能彀舉許多細小節目，假使

我們要用他，我們現在可回想到汽油機。看看我們能否把這種熱的用法歸成一類。教師先後對諸學生點頭，於是有舉蒸汽機者，更由相當之問答，於是對於電燈、電車能力之來源，亦說明其由於總廠內鍋爐內燒煤得熱所致。

全班中乃提起『工業的』一名詞，將熱之用途，如電力、電光，及工廠家庭之化學的或物理的應用，俱歸入此類。如是進行，用急速之發問，暗示之說明，簡潔之講解，教師在討論時，鼓勵及指導學生，直至課程計劃「▷」項下之材料，俱簡單引出，明白說明。依學生之自由行為，諸材料乃一步一步受組織而得概論焉。密力斯（Mills）校長有言，學生必須活潑。譬如擊球，彼必自攜其球。彼必學得作事之方法，與彼自身最相宜者。

待所舉之材料漸多而漸有組織，然後可載入學生之劄記本中。同時多用粉板，以輔助進行。凡教師必須謹防將大綱及概論口授學生。蓋此等大綱與概論，必須由學生自己工作成功，但略受教師之輔導，如本章所叙者。教師因欲講完一段，每有欲口授大綱之趨向，殊難自禁。但教師須知凡授科學課程，或無論何課程，若但作一普

通敘述，對於學生必無若何意義。除非此普通敘述之能用以提起某具體事實之影像與記憶者。蓋此敘述必須與事實有重複之相關係也。

例如作一普通敘述，言熱爲烹飪及其餘藝術與製造過程所必需，對於人之未曾一至庖廚及工廠者，必毫無意義。反而言之，若以此相同之敘述，對一女子之時在廚中者，曾參觀鐵匠鎚爐，鉛工修屋，農婦製皂，管匠接管者，或曾費一二小時至橡皮廠與鋼鐵廠者，必較有意義。因此女子因其目之所覩，且其以前得諸外界之經驗，與此普通敘述，可以思想而生關係。若再讀書及用懸想，必能更多有所得。但此普通敘述，對於喜機械學之童子，其意義必較諸對彼女子爲尤深。此童子遇有機會，卽至工廠，以滿足其物件如何製造之好奇心。且時常閱讀通俗之科學雜誌，對於該童子此概論必極爲明瞭。彼視此概論爲一種便利之符號及約言，凡關於熱之各細小應用，俱可由此推論。普通城市或鄉村之中學學生，欲使其有普通觀念，必先由教師或生徒援引多數特別條例，加以明白討論。蓋一班中非各人心中有例可舉能生意義，則概論無由發生。故教師欲舉概論，必當學生心中已預備接受此概論，覺其便利，且自

已亦幾能作此概論。換言之，即彼等心中已皆造成此觀念，且欲得符號或名詞可簡括的代表其思想與言語也。若教師在上課之初，即將概論提出，則對於各舉例之興趣，必將失去。一種解決問題之熱誠，亦不復存在。使可為活潑討論者，變成死板而奉行故事之背誦。真正教授與聽生徒背誦，其優劣固不啻天淵也。

**課程問題** 當最初教師指定課程時，即聲明一目的，此即課程問題之提出也。在課程計劃大綱普通預備之下，其材料至少足供一個上課時間之用。或因該班之性質與程度，可分為兩三個上課時間。I A 下之 a. b. c. d. e 各節，實際上皆自成一個問題，可為一小課程單位。不過此處但用為預備之材料，以便解決較堪思索之總問題。當既有預備智識之後，教師可命數個學生再聲明此課程總問題，并指導其選最佳之聲明法。蓋解決起火而不至有煙之實用問題，在於自各方法中加以選擇。此選擇或用屢試屢改之法以求之，或則以智慧訴諸原理，立選一優良或更佳之方法。如是則不但可知如何可以起火不至生煙，并可如何以起火能不生煙。如是則該問題其初不過與實用的興趣有關者，自然變成與智慧的興趣有關。故現在之問題，



即爲何以煙能上升煙囪，其原因何在。欲答應該問題，則必搜求原理，以考查此經驗之事實。因此課程計劃中有□▷之一步焉。

【特別預備】此節在課程計劃中雖包括在第二步中，然以論理言，當爲第一步中之一部。優良之課程，不能守定一正式步驟而不改變。此種預備步驟之緊要職務，不過在搜求及測驗原理時用以記憶與考查事實。將自然觸悟所得之材料，加以排列整理，且使之明白。故教授之課程，其預備的步驟，每分布於全課程之各部，不能爲之嚴定界限。蓋思想過程實非正式的。故凡正式步驟及論理規條，不過用爲指點迷途之標記，使思想過程不至迷亂。不可用之如舟車，希望其載思想至一目的地也。

敏捷之教師，當其依課程計劃進行至此步時，能用合於論理的發問及暗示，使學生對於如何良善起火之方法各步驟先後舉出。且在每步皆問其何以如此。火道何以必淨，煙囪何以必直，灰燼何以必去，火柴何以必在爐底以引木屑與細柴之火。蓋發問追求『何以』及『如何』，能使學生既敘述事實，復調查原因及原理。教師之目的，當在追根究底。即不能達此目的，亦當使學生用其自己之觀察與推想，就學生之

能力，節節推測，以求原因之完備，且可藉以解決其總問題焉。

【尋求有用之觀念】 回想——待學生胸中既有事實與具體之原理，此時可命其發表臆說，說明何以火煙及其他燃燒所得之合質，皆由煙鹵上升。□□中所提之四項，或將為學生所列舉，第一條□為尤然。當每條舉出時，皆當用合理方法發揮而定奪之。例如有舉第一條為原因者，當示以此條所及者，不過普通的敘述一事實。蓋言火煙與熱空氣上升煙鹵，乃因熱空氣能上升，此固仍毫末說明也。若學生意謂熱空氣上升，乃一絕對事實，可提起一實驗以測驗其確否。教師可取一瓶，口有活塞栓。先用空氣唧筒吸收瓶內空氣，然後懸諸天秤，用法碼使之平衡。教師乃發問曰，設吾使熱空氣通入此瓶中，則瓶是否被舉而升。班中各人意見或將分歧，有云瓶將上升，因熱空氣上升。有云瓶將下降，因空氣乃物質，故無論冷熱，必有重量。教師於是乃言此問題但能用實驗解決之。彼可指明天秤既達平衡點。若因通入熱空氣而有升降，其原因必由於熱空氣，因其他原因，皆因天秤持平而不發現。於是彼以橡皮管使瓶口活塞栓與一銅管或鐵管相接，以火焰圍熱，該銅鐵管，導空氣經過該熱管而入

瓶中。於是復將塞栓緊閉，拆開橡皮管。此時當見玻璃瓶下降，則是熱空氣下降矣。其餘所舉之提議，亦可依次討論，有如課程計劃中 II B 下所指示者。

【臆說】 教師以發問與挑撥，且激發學生，使之對於 II B. b. 4. 之提議與比喻，加以回想，乃造成 II C，遂用以爲臆說。

臆說之發展與測驗 III B. a. 1. 條所舉之提議，今可加以考查。例如觀察鄰家煙窗，觀其煙如何在煙窗之頂，噴出飛散。此現象在空氣平靜時觀之，尤堪注意。III B. a. b. c. 所舉之實驗，可由學生自己在實驗室舉行。所需要之儀器，俱極簡單。在 b 實驗，以在溫水浸過之破布，包一燈罩。復用在冷水浸過之破布包另一燈罩。欲改換氣體流動之方向，可將第一燈罩加冷，將第二燈罩加熱。亦可於燈罩內置燭置冰，以變換溫度。節所舉之對流管，亦可用玻璃燈罩一，木塞二，玻璃管二，每管俱變成丁字形，可用短橡皮管，令之與燈罩之頂及底相接，而成一個旁分管。此裝置之原理，與普通家用之熱水筩旁有分管與烹飪爐相連之理相同也。

言教授法之書籍，對於用歸納法發展之課程，有所謂正式的步驟者。本段所言

之回想，及選用臆說，與測驗臆說，與該書籍所謂第二步及第三步約略相合。第二步有時謂之呈示，第三部則爲分析與合成，或曰比較與抽象。

【結論】 若課程直至此點俱能引導得法，則學生對於對流過程之下列各情形，俱能了解。當簡單發問時，彼必能列舉焉。

(1) 火煙及熱空氣在煙鹵內上升，蓋因被壓而升。

(2) 被壓上升之故，蓋因煙鹵內氣體之重量較諸同柱形體積之在外的空氣爲輕，故在內之空氣，因受向下之壓力而上升。

(3) 煙鹵內之氣柱，較諸在外同柱積之氣體爲輕者，因在內之空氣受熱膨脹，一部分由煙鹵之頂流去。

(4) 在一定高度時，液體之壓力，向各方向均勻傳遞（巴士康原理），故較重之空氣必自下流入，將輕空氣壓上。

(5) 此移動之力，等於在煙鹵內氣體之重量與在煙鹵外同柱形體積空氣之重量之差。若此重量之差常在，則移動之力亦常在。

(6) 此原理可應用於流體或氣體，然不可應用於固體。

(7) 急速流通所需之情形如下，(a) 重量之差 (即溫度之差) 以愈大為妙。  
(b) 熱氣柱上升之路必當求其直而無阻礙。(c) 在熱氣柱底以上除其頂有出氣孔外，不當有他孔隙。

課程在此段之最後一步，即為將對流原理，作一最簡明之敘述。將該過程之緊要及特別情形如以上所述者，俱包括其中。實可為學生作國文之良好題目。令每學生將其所敘述者寫出，在教室中互相比較，與互相批評。且共同選擇其最佳者。此敘述當包括緊要各點有如下列者。

最後之概論 當液體以對流作用，而生傳熱之過程，其中有一部分因受熱之故，其溫度較周圍各部分為高，於是膨脹。有一部分從頂上流去。其所餘之部分，既較周圍各部分為輕，則此周圍液體，因有較大重量，故生較高壓力，乃由下流入，將輕者舉起。輕液體流去時，挾熱以走。但冷後則縮小變重，仍復下沉。故若將液體各部保存其溫度之差，則流通即能繼續進行也。

【應用】吾人於是有一普通原理。凡關於引火及煙囪之特別事實，皆可取而

置諸該普通原理之下。應用該原理於某特別事實之最後思想過程，乃爲抽繹。至於以上所舉各步驟，以發明原理，則大概爲歸納之進行。但以上所舉之歸納過程，仍可包括多數小抽繹步驟。凡發展一觀念或臆說，及尋求其所包含之意義，必爲抽繹法。當普通思想之進行，分析與合成，歸納與抽繹，乃爲其必要之部分，而成互相關係之過程。在實際思想上，斷不能爲正式之分離，不過在研究或敘述思想過程之各方面時，爲便利起見而分之耳。故關於起火一事，關於應用方面，即使學生知欲使煙囪內無煙，即在使煙囪急切受熱。於是必先有熱火，於是必先須空氣之流通，使得完全之燃燒。完全燃燒且能焚去煙塵。故火層欲鬆，細柴欲多，使成急切之燃燒，與猛熱之火焰。煙囪多煙之原因，乃由煙囪內之空氣較外面之空氣爲冷，故通風不能上升，反將下降。欲免此患，可置木屑或碎紙於火網上煙囪之內，於火網上燃料尙未舉火以前，即先將此碎紙或木屑燃着。如是則下端火尙未起以前，煙囪內之空氣先熱，通風遂能上升。且此舉并能使壅塞煙囪內之灰塵可焚去，使成無阻礙之火道。

較遠之應用及有關係之現象 聯合作用 (association) 如以上所述，此總課程問題已行解決。且因解決過程中需要原理，學生竟將一緊要之普通原理發現。因其得此原理，非同勉強記憶而來者，則將來須用以解決他問題時，亦當易於回憶。雖然，若不時常應用，則此原理亦必忘卻，或但記而不清。欲使一原理深入學生記憶中，且使之感其緊要與有用，不當使之誦之於書，必當以解決問題之過程，先用歸納之法以得之。然後凡對於與此原理有關之大多數問題，皆用以解決。如是則此原理能生有興趣之聯合作用，與事實生關係矣。偶記憶此原理，即能記憶屬於此之事實。偶記憶事實，即能觸感及此原理，或其他特別事實。

當原理依此法與校外之世界各現象相聯合，則將來遇須解決問題時，無論其為實用的，或為智慧的，若與前曾用該原理解決者有相似之點，則雖為新問題，學生等亦將憶及此原理。此種聯合之過程，或謂之互係 (correlation)，實為使學問人道化而得興趣之要素，欲將有用之智識積聚於心中者，可用此合於心理之正當方法也。智識用此法積聚而成者，因其有聯合，故遇相似之境遇時，即能有用。故當授本

章所載之課程時，對於廚竈，熱水，熱空氣之取暖裝置，家庭與學校之通風組織，皆當詳細討論。圖畫，影片，模型與廣告畫片，皆當多用，以助了解。而實地觀察，尤為緊要。且為互係之研究，同時可簡明的參講各種風候，例如海風，山風，與沙漠風，貿易風，及颶風，以及風之如何分布，熱量與水分，其破壞之能力，與如何節制人類及其他生物之活動。

對於洋流，亦可簡明的參講。且將風及洋流與熱空氣，熱水及蒸汽取暖法相比較，以示吾人房屋，學校，講堂之人為方法，其工作原理，固與全地面上之空氣水流及蒸汽運動之原理，不相異也。

風及洋流與航行及供給能力之關係，如風帆，風磨者，亦可簡略敘述，使知吾人之激水上升，以供給用水之法，其原理固同於風之逐雲也。

同時且可引起注意，使知氣球飛艇及潛水艇，其作用實賴平均比重之相差，其理亦與風相同。

【將材料加以組織與統系化】

吾於前曾提及凡課程材料，俱須列於各綱要



及小綱要之下。或因事實與原理之關係而爲之分類。特別之細節，則列於普通意義之下，而此又列於比較更賅括之意義之下。但此等布置，不得認定一個，謂其合於論理。蓋無論如何布置與組織，若能簡括，而各部分關係復真確密切，即可認爲合於論理。此等布置，其最合於教授之應用者，必其最明瞭，而於學生本身有用者。如是則不啻爲學生自己作成及爲其自己思想之出產物也。科學家當一新事實，新現象，新原理發明及說明時，必求使之在該學問之統系中，有一安置之所。惟必先研究其意義與關係，方可妥爲安置。若安置得當，而與其餘又可會悟而無衝突，則該事實現象及原理吾人謂之已受說明矣。

科學之統系，在一定時期內，不必能永久與固定。其布置與組織之格式，但求在此時期中爲極便利而有效果耳。故必時時加以擴充改動與移換，以求其包括新發明之事實與原理，且能與之和合。例如達爾文等進化定律之發明，舉動植物分類法之統系而改革之。目前之分類，乃根據於動植物之生命歷史，及其胚胎變遷情狀之階級。換言之，即目前之目類，乃以比較解剖，比較胚胎，及構造適應於職務之效用，爲

其樞紐也。又如一千八百八十八年，海資（Hertz）發明長電磁浪，此浪由來頓瓶（Leyden Jar）放電激動以太而成，此發明先由馬克斯威爾（Maxwell）以算學法預斷其可能。迨發表後，吾人始知光亦不過爲電磁的現象，於是物理之材料，遂經一重新組織。光及電之事實與現象，皆置諸密切關係之內，而合成一大區域焉。

當科學家處置一問題時，將新事實或新現象在普通統系中求一位置，爲其最後之步驟。學生在教室中研究科學，亦當如此。故當授課之始，教師不當即言某新事實當佔如何之論理的位置，當使學生於研究後求得之。以上所舉之課程，其組織之最後步驟，卽爲表示其中所包括之現象，皆爲二種世界共有的動劑之結果。一曰熱，其最初由太陽光而來；二曰地心吸力，亦爲各處共有者也。

以上所舉關於熱之課程計劃，其布置合於論理，若得教師之輔助，中學校之學生，俱能爲之。其所包括之事實與原理，皆有關於人生實用，及節制天然能力，以滿足其需要。故此課程非爲尙格式的，與抽象的，乃爲人生主義的，與具體的。旣以此精神進行，必能有興味及意義也。

課程溫習大綱 溫習同樣之課程時，亦可用大綱。惟因學生對於內容節目已多熟悉，甚易憶起，故此大綱，可以較爲普通的，抽象的，及節短的。本章所已討論之材料，今可復組成大綱，以表示如何溫習課程之例。每一學生可命其粉板上寫一段，其細小節目，則命學生口述，而不許查考課本與劄記。

## 熱

### A 用途

- (1) 生理的 生命所必需。
- (2) 工業的 各種化學與物理的過程，家庭工廠及農場之光與力。
- (3) 地文的 風與洋流。

### B 來源

- (1) 動物熱量。
- (2) 日光。

科學教授法原理

(3) 焚燒燃料。

(4) 機械的工作。

(5) 地心熱力。

C  
傳遞之過程

(1) 輻射。

(2) 傳導。

(3) 對流。

(3<sup>1</sup>) 情形。

(3<sup>1a</sup>) 液體之媒介。

(3<sup>1b</sup>) 不同之部分需保守不同之溫度。

(3<sup>2</sup>) 原因。

(3<sup>2a</sup>) 急切的 相接近之各部分有不同壓力。

(3<sup>2b</sup>) 大概的 比重之不同, 一因各部分溫度之不同。

(3<sup>2c</sup>) 絕對的 太陽熱與地心吸力。

(3<sup>3</sup>) 原理之聲明。

(3<sup>4</sup>) 有關係現象之應用。

(3<sup>4a</sup>) 取暖及通風之器械。

(3<sup>4b</sup>) 風與洋流——其種類及利用，其能力之方法。

(3<sup>4c</sup>) 浮飄之原理。

與對流原理之相同，比較實地之應用。

此大綱之性質，極爲抽象，而前課程所列之節目則極爲具體。二者比較，頗堪注意。未有課程以前，此大綱對於學生，必不能與以若何之意義。惟於有課程以後，用之爲組織之計劃，及問題之溫習，則每一名詞及字句，俱爲一種觀念之符號。種種意義前在教室中加以連貫者，俱包含於其中。此小彙之符號，因其能互生關係，可用以憶起一大彙之事實與見解，故殊爲便利也。

【過於注重組織之危險】 爲此合於論理的組織者，每易趨於極端。惟若非由

教師口授，而由學生自己進行，則過於組織之危險，反不如棄組織而不顧之危險爲巨也。

關於第五章可研究之問題

(1) 取科學內一問題，汝對之抱有興趣及最有預備者，爲一仔細之課程計劃。

(2) 取科學內一問題，汝對之不抱興趣及素無預備者，亦爲之作一仔細之課程計劃。

(3) 爲第二事較爲第一事必多困難，可列舉其原因。

(4) 爲以上二計劃時，在何計劃，教師能預測學生困難之所在？

(5) 何謂自悟及可自悟之材料？在上列二計劃中，汝於何者較明解此二名詞之意義。

(6) 將汝無興趣及無預備之問題行課程計劃之後，汝對於學生所希望者，是否亦因之有改變？試述其改變如何。

(7) 汝是否能記憶汝曾受何影響，使汝養成作清楚有步驟及獨立思想之習

慣。如有此事，汝可敘述汝之教師有何思想習慣，彼授課及指導討論時，用何方法？

(8) 當發展一課程時，用以引導學生之問題，是否可無限制的應用？依據何原理以決定其可多用與否？多用能生成何智慧的危險？

(9) 教授科學之教師，每喜於黑板上寫何以二字。遇學生作一敘述而不舉原因時，即指點此字以問之。此方法是否良善？試言其故。

#### REFERENCES 參考

- Bagley, W. C.: *The Educative Process*, Macmillan, N. Y., 1908, 358 pp., \$1.25.
- Bagley, W. C.: *Classroom Management*, Macmillan, N. Y., 1907, 322 pp., \$1.25.
- Betts, George H.: *The Recitation*, Houghton Mifflin Co., Boston, 1911, 120 pp., 60 cts.
- Charters, W. W.: *Method of Teaching*, Row, Peterson & Co., Chicago, 1909, 255 pp., \$1.10.
- Dewey, John: *How We Think*, D. C. Heath, 1910, 224 pp., \$1.00.
- McMurry, C. A.: *Special Method in Elementary Science*, Macmillan, 1904, 275 pp., 75 cts.
- McMurry C. A.: *Elements of General Method*, Macmillan, N. Y., 1907, 331 pp., 90 cts.

McMurry, F.: *How to Study, and Teaching How to Study*, Houghton Mifflin Co., Boston, 1909, \$1.25.

Stevens Romiett: *The Question as a Measure of Efficiency in Instruction*, Teachers College, Columbia University, N. Y., 1912.

Strayer, George D.: *A Brief Course in the Teaching Process*, Macmillan, N. Y., 1912, 315 pp., \$1.25.

Thorndike, E. L.: *Principles of Teaching*, A. G. Seiler, N. Y., 1906, \$1.25.

## 第六章 科學之教育價值與效用

【科學對於學生之影響】 因有科學之內容及科學之方法，吾人於是可稱科學之研究有緊要之教育效用，并推測其有極高之教育價值。中學學生研究科學所得之結果，下列諸條，爲其最要者。

- (1) 因受訓練及作規定之合理練習，而得有用之特別習慣。
- (2) 因受有法則之研究與教授及溫習，而得有用之智識。



(3) 自教師及大科學家之言行，或因與天然接觸所得之經驗，而得鼓勵於是吸收有價值之見解，與感化而成目標。

(4) 因時常解決與程度相當之科學問題，於是乃得巧妙，知如何應用事實，意見，及有法則之思想方法以解決問題，勝過困難，及得有價值之結果。

(5) 因科學之講解，而得了解天然系統中之統一配合，及其有條理與經濟。於是發生趣味及感樂天然之能力。

(6) 因熟悉有組織的學問之統系，於是發生哲學及科學之內觀，及見地與態度，藉以解釋現世之生活，不至於有大錯誤。

效用與價值之關係 科學教授有訓練之效用，以成正當之習慣；有教學之效用，以積聚有用之智識；有鼓勵之效用，以灌輸有價值之旨趣；有紀律之效用，以發展其智慧之能力；有修養之效用，以發展馴雅之趣味，與感佩之能力；有解釋之效用，以得科學之內觀，與廣闊的智慧眼界，以成有教育與心思平穩之人物。

教育之普通目的，以近世之眼光觀之，在使個人發展其最高人格，并得有經濟

與合羣的效率。此目的亦須計及個人與其環境之不同。然其扼要之語，即爲造在社會有效率的個人。若以此希望爲根據，則訓練之效用，爲欲達到得實用經濟的及職業的價值。簡言之，即生計之價值，即使個人能供給其自身與其家庭也。

在較狹窄之職業研究及手工研究，其目的在於直接之實用價值。每一職業，但須發展一種神經技巧，例如木作，電業，裝管，烹飪等等是也。至於自科學研究所得之習慣，則較爲間接及善變，故其應用亦較泛。若教授學生時，能使之見及此等習慣之有用，不但在學校中，且可及於校外之生活與地位，則學生能感永遠得此習慣之價值，而思極力將此習慣移用於平常之生活。有教育經驗者，曾證明若學生無此等自覺之見解，則此等習慣殊難令其應用於他方面也。

教學之效用，固傾向於實用之價值，亦傾向於預備之價值。由研究物理，化學，植物，地質，動物所得之智識，凡將來擬求較高學問及應用科學之職業者，如工程，農業，教授，及醫藥等，皆爲必須之預備。

訓練效用與教學效用，同時俱有少許之俗尚價值。從此等效用中，學生可得各

種之習慣，舉止及常識，在社會中視爲不可缺少之風度。苟無此則每爲社會所輕視，而稱之爲山野及不學無術之徒，因之與其同人，不易和合。

科學教授之其餘價值，皆爲社會化的價值。即使個人之受其薰陶者，皆能對於社會之進步，多所貢獻。蓋個人之本身及環境俱有改良，則團體因個人而完善，個人亦因團體而有造就矣。

【特別之習慣】學生在良善教師之下研究科學，則將得種種之特別習慣。此等習慣，在平常生活中，各種職業中，皆有可普通應用之處。故對於個人，殊爲緊要。雖所費之時間與精神，以養此等習慣者，固不必過多，然教師決不可完全不注意也。今將此等習慣舉數條如下：

(1) 於未參考書籍以前，能用耳目及手，對於有意義之事實及現象，作詳細之觀察。

(2) 對於觀察及實驗用之儀器及各種布置，皆能作有統系有次序及清楚之處理。

(3) 對於運用器具及設備，能慎而巧。

(4) 用正當之方法，作仔細之測量。

(5) 對於測量所得之數目，能用準確及合法則之步驟，加以紀載，布置，與列表。

(6) 對於發表用之文字，無論手寫或口述，俱能明白簡括，書法無誤，點句合則，

文法之構造得宜。

(7) 於問答時，態度良善，神經敏捷。

在學校中研究科學課程，以上所舉諸事，皆必進行。而所得之習慣，則有優劣之別。凡學生應付教師之考問指示與其他之行爲時，若自覺應付得當而生滿足之心，則遇相同之激刺時，亦爲相同之應付。如此重複多次，則將來因神經反應，能自然舉發而不能制。故研究科學，必得若干種習慣。惟此習慣之良善與否，則視教師指導之方法何如耳。

【成就習慣之定律】 聯合作用——桑達克 (Thorndike) 對於普通思想聯

絡之定律，即所謂聯合作用者，曾舉之如下：

「在某種境遇時，是否有某種心理狀況，以應付此境遇，當視從前在此境遇時，或在此境遇之一部時，此種心理狀況發起之次數多否，時間久否，濃度何如，其所得之滿意程度何如，而與之成比例。且與在此境遇時之全心理態度有關。」科學教授時對，於習慣之養成亦不過此。定律之一例耳。

聯合定律在教授之應用 故教師於學生研究科學時，必注意於（1）所用之方法，以何種為最善，且何以為最善。（2）使學生對於良好之格式效率及職業的自愛，皆加以重視。其全心理之態度，為喜以最好之方法行事。（3）對於重複舉行某事時，每次必求其以正當方法行之，而不許其退入錯誤之方法。（4）使其快感每與正當之方法相聯合。而不快之感與錯誤之法相聯合。直至能不知不覺的用正當方法。

【科學的智識】 科學之內容，有所謂事實，現象，過程，定律，原理，臆說，理論，及基本概論者，皆依其關係，而為之布置與分類。特別者置諸普通者之下，而此又置諸更為普通者之下。藉以分類之關係，則有時間，空間，性質，數量，原因，發展等等。

事實現象與過程 此數項所包括者，為吾人官能所觀察之物，與其性質，并與

之有關係之事件及時間。研究地文學與地質學所觀察之有用事實，即爲空氣，水流，泥石，山原，林壑之類，以及其現在將來過去之變化，并及如何以人力節制此等變化。

如研究化學者，則得知物質之組織；得知各種原質，如氫，氧，氮，炭，銅，鐵等之性質；得知其所成化合物，混合物之性質與組織；得知合成，分解，代替，電解等過程，及與鹼，鹽類之關係；得知漂白殺蟲等藥劑，以及皂，漆，脂肪，油類，食物等等。

研究生物學者，得知關於動植物之事實，無論其爲馴養者，或爲野生者；知其構造，及其生長，滋養，呼吸，蕃殖等各緊要職務，其生命之歷史，其求食與自護之法；得知其對於人類何者有益，何者有損，及馴養選種之法。

研究物理學者，得知物體在溫度，壓力之不同情形，及固，液，氣三態之關係；得知自物體如何取能力，及與能力；得知如何測量能力，無論其如何表現，例如爲機械運動，爲熱，爲電流，爲聲光各現象；得知蒸發，凝結，沉澱，蒸餾，傳導，輻射，對流各過程；得知如何應用上列及其餘各種事實與過程，以爲世上之工作。

理想與意義定律與原理 當學生爲事實之觀察，因其思想之過程，而得各事

實之見解與意義。於是加以推測與考驗，得知在一定情形中，該事實必定發現。

如是，則學生對於現象在何種情形發生之定律與原理，皆漸熟悉。例如彼見植物之葉，其繞莖之布置，成一個或多數之螺旋曲線。此即植物葉布置之定律，為植物發展法原理之一部。即植物莖葉之布置，皆求得最多之太陽光。而此植物應用太陽光之原理，又為適應的基本原理之一部。即生物之發展，其趨向為使其各部之構造，能適應其所司之職務，且其全機關能與環境相調和焉。

臆說與理論 臆說在科學界之應用，如如何臆說既受嚴密考查之後，即成理論；理論能解說多數事實，即成定律；吾於討論運動及吸力之定律時已敘述之。今再舉一例即足。達爾文起而解決物種由來之問題，考查多數事實後，即認物種皆由天擇，物競，變換，適應而來，為其臆說。此臆說證據既繁多，而解說例外亦復圓滿，故達爾文及華拉斯（Wallace）於1859年發表其著作時，科學界已公認其為理論。此天演之原理，在今日已成眾認之事實。雖蒂佛賴（DeVries）之互遷理論（Mutation），及孟德兒（Mendel）之遺傳理論，更足以推廣達爾文之學說，而達爾文之原說，尙有

可疑之點也。

一大部分之科學材料，卽爲此等理論及概念。事物因其解說，得成明簡。其解釋之效用，大有使科學社會化與增高風度之價值也。

基本觀念 科學之各部，可更加以刪簡，使更歸入於可思議之原理與基本之觀念。例如物理學，化學，天文學，地文學，所研究之材料與過程，在思想中俱可以質量與能力括之，而視爲分子，原子，電子，及以太之運動。卽對於生物，亦俱可視爲細胞之演化。而此細胞，又不過爲分子與原子之化學及物理的組織。其與死物不同者，卽在其有科學家尙未能解決之生命原理耳。以此可思議之觀念，能令所有之科學事實，俱得極密切之聯絡，其關係與分類，皆因以倍覺分明矣。

此浩蕩一貫之道，在研究科學之人略能窺及此者，對於人世細瑣之私欲，皆不見其可樂，而煩惱妬忌怨恨等事，皆不足滯其胸中也。

【材料之選擇】 採取科學之材料，以供學校之研究，當注意及下列之三種情形：



(1) 材料之能簡明以便學生之清楚了解者。

(2) 材料可供有價值之實用行爲者。

(3) 此材料之全部或一部或與之相似之情形，能時時在各境遇中發生，使此材料有應用之必要。如是則此材料易於憶起。

能時常根據此三情形，以爲採擇之標準，則舊課本所有之無價值材料，今仍沿用者，俱可大加刪棄。蓋科學之所包羅者，廣大無窮，欲學生全習，萬不可能，則根據實用以選擇，豈非正當。如云不合實用之材料，可有紀律心思之價值，使人得有能。此言與近日心理學所尋得者，未能吻合。蓋智慧之能力全賴智識，故心力必仗其所挾之智識，遇需要時，可卽行憶起，以便解決日用之問題，無論此問題屬於智識的，或體質的，或社會的。凡比較不常見而困難者，皆須能解決之。如所得之智識，不能直接應用，而謂其能增心力，豈非矛盾。即使學習多數材料，果有紀律心思之價值，此種材料，亦應擇其有用者。因選擇得當，此種材料，正可取之無窮也。

選擇材料之根據 由以上所論者，觀之，吾人選擇原料，必求其可以思議，且其

所含之原素，與日常所遇者，與學生之所喜悅者，與學生日後成人所作爲者，俱有相同應用之點。夫記憶得當，與習慣之成功，二事實爲一事。故吾人當使所習者與所爲者，時生密切活潑及有興趣之關係焉。如是，則學生所得之智識，非徒有用，而且得用矣。

【材料之精習】 前曾言及，活潑之兒童對於科學之事實，每已多熟悉。惟皆得諸未受訓練之經驗，故頗空泛。其意義不相聯絡，亦無條理。此種由經驗得來之無定見解，名曰心理的觀念。

教師之問題，卽爲將學生此等心理的觀念，加以工作，使其呈義明白，關係昭著，可以分類與布置。復多引證據，多示方法，與材料以新意義，使其觀念範圍廣大。且能加以定義，使在記憶中，能與名詞符號，公式，定義，互有聯絡。如是，則空泛之心理的觀念，如對於草木，山原，或川流侵蝕之現象，槓桿之原理等等，皆成明白而有組織之論理的觀念。且在記憶中，與名詞，定義相聯絡，以次序而分類。苟一提及，卽因之憶起多數明白與有用之意義矣。

欲學生學取事實與定律，及構造觀念，與精習原理，最佳之法，即爲寓求智識於解決問題之中。因如此，則學識愈覺其有需要而有意義，其所生之記憶與聯合作用亦必較強。蓋解決問題之欲望切，則求智識之心思急。且問題之關係多，則能觸類旁通。事實解決，則心中倍覺愉快。不但如此，解決之問題愈多，則應用原理愈熟。

即令解決問題不能助原理之記憶，然學生亦因此而感其有實用，於是對於正式練習之足以輔助記憶者，亦必樂於從事矣。

由是觀之，精習科學材料，與精習科學方法，每可合用一課程，而不須分別。蓋求科學內容之法，以解決問題課程爲最宜。至於欲得科學方法，則解決問題，乃惟一之路也。

【觀察讀參考書與採集】科學之智識，可在家庭，田野，川水，森林，工廠，實驗室等處，用直接觀察求得之。除課本研究之外，教師可指派學生，使翻閱參考書，雜誌，單行本，及報告之類，以增其智識。惟一經指派之後，教師必求學生將此等求得之材料，急行應用。例如用爲預備辯論，修寫報告，摘錄劄記。若指定參考而無一定之應用，則

非徒無益，而於智慧之習慣，反有損害。故每派定一參考書，教師必查察學生，使對此參考書，實行閱讀，且加以獎勵，使學生感其工作之滿意焉。

尙有二緊要事實，爲尋求智識之原素者，卽旅行參觀，及個人與學校的採集，例如聚集標本，圖畫，剪紙，及自製之儀器是也。蓋當中學年齡，探尋採集，據有構造，合作等精神，皆頗強盛。故須善爲利用，歸之入科學一途。且向此方向進行，亦殊無困難。熱心敏銳之教師，每能尋出方法。其懶鈍者，則藉口困難，虛費時日，若起而圖之，則固輕而易舉也。

【感勵與科學之理想】理想者，人類前進之原動力。關於成人如此，對於青年亦然。且青年時節，其奔赴理想之趨向，最爲強盛。少年男女之行爲，雖視其個人之自動力何如，大抵因其思想爲轉移。故教授科學，承認科學理想之緊要，及求此理想之實現，豈容刻緩。如欲得此理想，或則當勉求行爲合乎科學理想，或則使成習慣。久而久之，知謹守科學理想之足以滋生愉快矣。

以真正科學精神行科學研究，則每步進行，須嚴守誠意及智慧之高潔，與毫不

通融之忠實。研究科學之最要的絕對問題，即在求實際之事實何如，其真理何在。其惟一目的，即在知真理，及置真理於可用之格式。忠實既爲研究科學之緊要原素，則學生之得受良善的科學教育者，日積忠實及搜求真理之習慣。且因此而感忠實，誠意，及因學問而好學問之事，對於個人及社會，皆有普遍之價值。學生因在教室或實驗室中，日日練習此等道德，不知不覺間，固能分析與概念此等理想；但此不自覺所得之理想尙爲未足，教師更可借此機會，時時提醒此有價值之理想於學生之前，以示不但在目前作科學研究可藉以成功，卽日後處世，亦可奉此爲品行之圭臬。此種鼓動方法，與學生日後之人格，大有關係，不可忽略。惟舉例當求切實與具體者，不當用空泛與抽象者，方能俾實用也。

教師欲學生在學校外各境遇中，亦能憶起及應用教室中所有之忠實理想，則當知智慧聯絡之定律。假設爲種種境遇，令忠實之理想，可時與之聯合，俾見其時常活潑應用，而能得結果之滿意，然後加以概論焉。

矯作之道德訓誨，頗多危險，必不能達其目的。然若教師果自愛一，種理想，且加

以力行，則不但其自身行爲，可供有力之模範，且能尋多數方法，於不動聲色中，影響學生，使其極意奉此理想，以爲人生之規則。

除忠實外，用科學方法以研究科學，尙可得其餘之緊要理想。例如（1）勤勞，（2）建設，（3）毅力，卽能貫注其精神於目前之事，（4）效率，卽能合準確與敏捷，（5）有術，（6）靈心，（7）心思持平，而合於論理的，（8）不喜偏見與狹見，（9）能服務社會，（10）能將其意見呈說明白，使人信之。

文學的感動 詩人及散文家之著作，每能感動天然之研究。例如般兒斯 (Burns)，鄧尼孫 (Tennyson)，溫持華 (Wordsworth)，雪萊 (Shelley)，棄羅 (Thoreau)，愛滿孫 (Emerson)，賴思敬 (Ruskin)，般羅約翰 (John Burrough)，曼兒約翰 (John Muir) 等皆是也。苟教師能時常引誦，或指派學生背讀，或向全班朗詠，或摘錄諸筆記，皆足以增進科學之感動與欽佩的價值。若教師自身對於科學之巨著，例如達爾文之物種由來 (Darwin's Origin of Species)，蒂鏗鐸之栽成植物之由來 (Dean-dole's Origin of Cultivated Plants)，金斯黎之鄉市地質 (Kingsley's Town Geology)

及其如何與何以 (Madam How and Lady Why)、赫胥黎之演講錄與文集 (Huxley's Lectures and Essays)、霞闌之地球之景况 (Shaler's Aspects of the Earth)、法拉蒂之蠟燭的化學歷史 (Faraday's Chemical History of Candle)、苛克之新化學 (J. P. Cook's The New Chemistry)、丁鐸之熱、聲、光、電演講錄 (Tyndall's Lectures on Heat, Sound, Light and Electricity)、及其水之狀況 (Forms of Water)、童子之皂泡 (Boys Soap Bubbles) 等等諸書，則此教師亦必獲得諸大科學教育家之精神與方法，且其熱心可傳諸學生，使學生不久亦各願自行翻讀此等趣味無窮之書籍矣。

教師與感動 凡可以感動學生，使其獲得精神與吸收理想者，以教師爲最要。若教師之人格與志向，皆足以表示所理想者之性質，若教師對於學生之自身，及其工作，遊戲，成功，失敗，希望，旨趣，皆表真實的，同情的關切態度，若教師愛其學問，而同時又承認其所教授者爲兒童，所發展者爲彼等之人格，若教師能自知其行爲或善或否，皆足啓彼等之反應，則學生亦將響應教師所期望者，且覺教師爲彼前驅，彼等

將極力以圖達其目的焉。

致感勵之演講歷史與傳記 教科書有能致感勵者，有不能者，選擇時當取其能者。惟教師尚有他法，可促學生之感勵。例如彼可偶作熱心的與可致感勵的演講，佐以影燈、圖畫及實驗，藉以講解大科學家之生活及其研究與影響。人才如格雷利倭 (Galileo)、牛頓 (Newton)、哈佛 (Harvey)、客未兒 (Curvier)、楊湯麥 (Thomas Young)、傅蘭克林 (Franklin)、法拉蒂 (Faraday)、丁鐸 (Tyndall)、雷俠爾 (Lyell)、達爾文 (Darwin)、赫胥黎、及愛格昔子 (Agassiz) 皆可舉其自苦之工作，與昭著之發明。凡與課程有關係者，悉詳述而加以欽佩之言論焉。

各種科學之歷史，若能仔細選擇，偶行研究，并佐以圖畫、影燈，及實驗，實大有鼓動與感勵之能力。至於聚集大科學家之肖像，或採諸雜誌、書籍，或購諸書館、商店，更能使學生對於各大科學家，既讀其書，及聞其史，復見其像，不啻與此科學英豪，有個人之關係。故學校實驗室之牆壁，亦當懸大科學家之肖像，及其少年與工作之景况，則既具科學的興趣，亦存美術之價值也。



科學的美術方面 由是觀之，爲感勵性的研究，不但與學生以有價值的理想，以供其讀書與處世之用，且可發展其對於科學智識之永久興趣。凡新發明，新創造之日新月異，足以改變人類之思想與旨趣者，彼皆對之有永遠欽佩之能力。

教師在教室中，對於科學研究之藝術的，美感的，與技能的方面，亦不可不注意。科學之實驗，每多美妙者，例如技巧之教師，以影燈表示稜鏡，顏色混合，極光鏡之諸現象，或以顯微鏡投影放大結晶體長大，表面張力各現象，及各種活潑之微細動植物諸現狀。此類皆能引人入勝，偶一用之，不啻如享人以美味，必能引起學生之熱心，及撥動其志向。蓋具有詩意的科學文字，世間頗多。例如丁鐸論光之六演講，羅素 (Russell) 討論北美州河道湖水及冰山之書，藉其感勵之功效，萬無一失。尙有關於物理學之討論，用數學講解明白，其巧妙亦如美術。學生中或亦有少數能解其意者，卽對於不能了解者，若熱心指示，表明此工作之如何完善，而不求學生之演習，則固無妨礙也。兌維對水電解之研究，實科學中極精密與美妙之例。若敘述之，必能引起美感之欽佩，使學習化學之學生，擴充眼界，及增加科學之趣味。

感勵與高才之學生 有方法之科學教師，發揮其感勵之材料，如學生中有天稟超羣，能成有造就之科學家及教師者，必能利用此鼓勵之機會，發見其自身之所長，於是決意上進，求得更高之訓練，以達其最高目的。由是觀之，教育之最要職務，即在尋出此等天才人物，引導其能力，使入一種軌道。在此軌道，彼可盡其所長，以助社會之進步。

#### 關於第六章可研究之問題

(1) 取通用之科學教科書，或普通高等學校之入學大綱，取其中所討論之問題一節，及關於實驗室所研究者一節，指明若將此節教授得法時，能得何種之教育價值。試列舉之。

(2) 如欲達到以上所列舉之教育價值，汝應取何種方法以教授，以便顯出此等價值。

(3) 取科學教科書之無論何一章，依本章所論之材料選擇的標準，加以批評。且說明其中之何材料可以棄去，并解說可棄之原因。

(4) 上題所論之材料，其未棄去而加以保存者，汝將如何將其重行布置使變成一種疑問之格式？

(5) 選擇一課程問題，同時開列一單，以便指派學生至圖書室參考書，并說明如何方能使所指派者有定用。

(6) 作一計劃大綱，說明如何可鼓勵學生，關於某科學，作個人或學校的採集。

(7) 開列一單，將各種科學書汝曾確實受其感動與理想者，載於其上。

(8) 若將兒童之有高才者選出而發展至其極量，則對於國家之生命有何絕大之關係？

#### REFERENCES 參考

- Bagley, W. C.: *Educational Values*, MacMillan, N. Y., 1911, 267 pp., \$1.10.
- Bagley, W. C.: *The Educative Process*, MacMillan, N. Y., 1908, 378 pp., \$1.25.
- Bagley, W. C.: *School Discipline*, MacMillan, N. Y., 1915, 259 pp., \$1.25.
- Cooke, Josiah Parsons: *Scientific Culture, and Other Essays*, Appleton, N. Y., 1885.
- Darwin, Charles: *The Origin of Species*, Appleton, N. Y., 1897, 2 vols., \$4.00.

- Davenport, Eugene: *Education for Efficiency*: D. C. Heath, Boston, 1909, 184 pp., \$1.00.
- Davy, Sir H.: *Decomposition of Fixed Alkalies and Alkaline Earth Alembic Club Reprints*, University of Chicago, 40 cents.
- Flexner, Abraham: *A Modern School*, General Education Board, N. Y., Occasional Papers, No. 3, 23 pp.
- Hall, G. Stanley: *Adolescence*, Appleton, N. Y., 1915, 2 vols., \$7.50.
- Hanus, Paul: *Educational Aims and Educational Values*, MacMillan, N. Y., 1908, 211 pp., \$1.00.
- James, William: *Talks to Teachers on Psychology and Life's Ideals*, Holt & Co., N. Y., 1899, Chaps., VII-XIV, \$1.50.
- Miller, I. E.: *The Psychology of Thinking*, MacMillan, N. Y., 1910, 298 pp., \$1.25.
- Pearson, Karl: *The Grammar of Science*, MacMillan, N. Y., 1915 2 vols.
- Rowe, Stuart Henry: *Habit Formation and the Science Teaching*, Longmans, Green & Co., N. Y., 1909, 308 pp., \$1.50.
- Spencer, Herbert: *Education*, Appleton, N. Y., 1909, 301 pp., \$1.25.
- Thorndike, E. L.: *Elements of Psychology*, A. G. Seiler, N. Y., 1907, 351 pp., \$1.50.
- Thorndike, E. L.: *Principle of Teaching*, A. G. Seiler, N. Y., 1906, 12 + 293 pp., \$1.25.
- Tyler, John M.: *The Culture of Imagination in the Study of Science*, School Review, Vol. VI pp., 716-724 December, 1898. 此書提創以科學方法教學。

## 第七章 科學之紀律價值與文化價值

【心智之紀律】 依近世心理學所言，心智紀律者，乃一種訓練，使受者得心智之能力，傾向，與事實及原理之智識，并有計劃方法。故其心思敏捷，對於研究學問，解決問題，辦理工作，皆能用心有效率，而且成功。

就心理學之實驗與常人之經驗所得者觀之，關於一種事實或活動有練習及訓練者，對於他種事項及活動，未必能依前所得訓練之比例，而增其能力。

換言之，即心智之聯絡，以及習慣，興趣，才能，雖偶有普遍之價值，可在大多數之境遇中應用，然大概皆特別固定，難以通用。訓練與所訓練之物，乃相合而不離。練習翻譯拉丁文者，但能增進其翻譯拉丁文之能力，而不能依此比例，以增進其他能力，如記算付款，判斷地價，分析礦苗，及增加農產收入之類。

習慣與智能效用，雖若是之固定，然最近心理學家仍承認一種訓練得之於一事者，可轉移於他事。惟其轉移之程度何如，則視所訓練之內容及其訓練之方法。科

學教師如何能使此可能之事變成事實，其中固有原理在焉。

有所謂普通習慣者，例如注意，有法則之步驟，準確，靈心等等，在多數之境遇中，若其情狀與應付之需要與訓練時略有相同者，即可取以應用。

人之有物理，化學，地質，生物等智識者，遇多數之動作，與其所學習者，有相同有相似之點，則此人了解此活動之基本，與解決此活動之困難，必較為便利。蓋科學研究家所用之思想，方法，與普通人善於思想者相同，惟因受科學的訓練，較為精密與完全耳。

由是可知由科學訓練所得之方法，與解決他種活動所生之境遇與問題，頗有相同之點。科學之事實，定律，原理概念，亦與他學問所包含者相同。故當心智紀律如何轉移，普通訓練如何得到之問題，尙未解決以前，吾人對此問題，已得多數之教育經驗，據此證據與普通心理學之意見，吾人可決其原理當何如。

限制訓練轉移之情形 以上所討論之原理，今可略述之如下：

(1) 在一種活動所得之訓練，欲其增進他種活動之能力，必此兩種活動之內

容或方法有相同之點。

(2) 故普通教育之有最高紀律的價值者，必爲一種研究或活動，其內容與方法，與大多數之人生的個人或社會活動有極多相同之點。

轉移原理之應用 故欲自一種特別研究得普通之紀律，則選擇教科材料時，必選擇其有最多相同點者。且使學生將其所研究者，與此等活動，加以密切，活潑，與有興趣之心智聯合。

且當應用課程中之方法，以解決課外之緊要問題，及與兒童將來生活有關之工作，則無論其完全應用，或局部應用，有改變應用，或無改變應用，教師必使學生思想此方法如何應用，及如何改變，以得最有效率之結果。

當養成聯合學校智識與人生問題的習慣時，教師必示學生以求得學問及應用學問以成事之便利。如是，則學生能有求得及應用原理與觀念之理想，而加以有感情的重視矣。

【方法觀念之造成】 凡教授之關於心智紀律者，其最要方面，卽爲造成方法

之觀念，其造成之法，與造他觀念相同。今試與女學生一問題，命其尋出酸與鹽基是否以定比例化合，且其所成者爲何化合物。其初該學生必不知進行方法如何方爲最善，及其量出定量之酸與鹽基，溶以定量之水，取一種溶液，加入於定體積之他溶液，先急後緩，每滴之後，俱用指示藥察其變化。彼由此得知若一種溶液過多，則混合溶液成一種顏色，他種溶液過多，則成他種顏色，無論所用之量何如，而酸與鹽基之量俱有一定，且將所成之混合溶液蒸發之後，分出之結晶體，或爲食鹽，或爲氯化鉀，或則爲硝。及取而權之，則知其量又與所加入之酸與鹽基，有定比例。

當該學生既行此手續以後，合法而準確，敏捷而明瞭；又將其方法，觀察，與結論載諸劄記本中；又將此現象在教室與實驗室中討論；且將與此有關係之現象，加以聯合。如是則彼對於其所研究之物，必有較大之觀念。對於舊事實，新事實，及新定律，皆得明瞭之知識。對於事實有關係之理想，亦較明白，而酸，鹽基，鹽諸名詞，皆因之得較大，較明較有組織之意義矣。

且該女生不但對於酸，鹽基，等名詞添加意義，即對於方法，秩序，準確等理想，及



進行實驗，與思想考查結論等步驟，亦益能推廣明白。換言之，即彼方法之觀念已添加意義，若教師更指導得宜，彼必能將此問題之方法，與他問題之方法，例如烹飪，製藥，製造化學品等，加以聯絡。凡各工廠對於運危險藥品之警告，彼此時亦知其意義。例如知硝酸甘油之能炸，則將來必不以硝酸洗甘油瓶；知氯化汞之毒，則將來必不使嬰孩攜取未封之氯化汞丸藥。推而至於若知定比例之定律，則製餅時，彼必用法得宜；蘇打及酒石膏之比例，必求準確；烘爐之溫度，必求得宜。如是則製成之餅必能鬆美而無酸與蘇打之氣味。是則純粹化學之研究，固可應用於家政學也。

【關於轉移訓練之理想】 如欲學生得可轉移之紀律，則不但須將用於實驗及思想之科學方法加以講解，使有方法之觀念，且必將此方法加以組織，並應用於課外之種種問題。對於如此應用便利之點，又必時常明白指明。如是，則遇問題發生時，彼心中即有自覺的理想，知憶起方法，選擇方法，及改變方法。且每一問題出，即有合法步驟與合於論理的思想之習慣矣。

【心思之科學習慣】 良善之科學教授，能生多數良善習慣。其最要者，即為當

問題境遇發生時，能認識其情形，分析其要素，并納諸相當分類之中，觀其是否為時間與空間之問題，或為原因及結果之問題，或為來源及發展之問題，或為數量與性質之問題。試舉一例，遇蔬菜生長之問題，即知其與月球之盈昃無關，而與土壤之組織構造，肥料之種類，水氣之多寡，人工之勤惰，則有密切之關係。

其餘之緊要科學習慣，即為聚集事實，觀察現象，詢問專家，考查書籍報告，編訂備查卡片，判斷各事實之價值，與各證據之當否。

以科學方法學習科學可得之習慣，即為祛除偏見，多察事實，緩下斷語。尋臆說時，則必多思事實；選臆說時，則必多加發展與考查；待至既得斷語，復必加以觀察與實驗之考測，以觀其是否與事實吻合或違背。

【科學歸納法之原理】 研究現象者，每用合於論理之法，以求原因。蓋求原因，而肯加以論理的測驗，固為不可無之良好習慣。此種方法所根據之普通原理，今可略敘之如下：

凡一種現象之發生，其所以致之者，或由於多數暫擬之原因。今若以切實之

理想，證明除一個原因外，其他原因，皆難承認，則此一個，必爲真原因。

例如某種蚊蟲會嚙有黃熱病者，後復轉嚙他人，則他人亦得黃熱病。此事今已證明。惟必先證其他原因皆不能存在，方可認蚊蟲傳染爲惟一之原因。此理簡明，人皆視爲當然。但嚴密的證據如以上所舉者，頗不易得。欲刪除種種原因，而但留一原因，殊多困難。在多數現象中，吾人所謂原因者，尙不過一較爲準確之假定耳。今將尋求原因之各方法，略一敘之。

相合之方法 例如有人一羣，同日得疾。其病之源，皆由得食物之毒。試追究其因，則知諸人於某星期五，某月之十三日，曾同往野外遊餐。對於各種食物，或食或不食，而無不食冰奇冷者。同游之人數，亦適爲十三人。依美國俗之迷信，十三爲不吉之數，星期五爲凶星所照。則諸人之得病，或由於此等不可思議之原因。惟細一思索，則必棄此原因於不顧，因危險之與十三或星期五有關者，細一考察，則知其故皆別有所在。迷信之說既不成立，則須考查者，其範圍已縮小至食物一端。而食物中其餘各項，諸人或食或不食，而於冰奇冷，則無不食。是其餘食物致毒之說又不成立。可成

立者，惟冰奇冷。則冰奇冷大概必爲致危險之主要原因矣。

在本例所舉之法曰相合法，其原理可述之如下：

凡一現象發生，而某種事實每次皆同時存在。則此事實或與該現象之原因有關。若此事實刪除後，而現象仍不刪除，則該事實不能爲主要之原因。

相差之方法 又如同遊餐之人，其中但有一人不食某種食物，而其中不病者，亦止此一人，則決定該食物爲致毒之原因，頗爲得當。此種方法名曰相差之方法，其原理可敘之如下：

若刪除某種事實，而某種現象即不發生，則此事實與原因，必大概有關係。聯用之方法 此法乃爲合前二法而用之者。某大學村中曾有傷寒疫發生，曾用此法以求該疫原因之所在。

其事實之發生大約如下。村中有數家同席而餐者皆染疫症。凡可傳染之媒介，除食物外，其餘皆不加以追究。因傷寒病菌，吾人知其但能自消化器中入人身體。而最能藏納傷寒菌者，乃爲飲水，牛乳，及蔬菜。

但染病之家，與不染病之家，其所用鮮蔬，乃同一來源。於是視鮮蔬爲病菌來源之意見，卽行棄去。所注意者，但爲飲水及牛乳。凡染病之家，其飲水與牛乳，皆來自一處。惟再加追求，則知村中各家之不染病者，其所用飲水固與染病者同一來源，而其所用之牛乳，則與染病之家不同一來源。於是水爲病源之意見，又復棄去。所可疑者，惟牛乳一項。及染病之家不用該牛乳，卽無斯疫發生矣。

以上各事實如加以概論，卽爲凡發病之家，其所有情形有多相合者；凡不發病之家，其所有情形亦多相合者。此中惟有一種情形，在發病之家俱有，而在不發病之家俱無，卽牛乳之供給是也。如所有事實皆已查及，則吾人所當下之斷語，固極明瞭，卽病菌之來源爲牛乳，而爲疾病之原因也。

相合相差聯用之方法，今可敘之如下：

凡當一種現象發生於數處，此數處但有一相同之情形；其他數處無此情形，則亦無此現象發生。則此情形與現象，或有原因之關係。

同生變化之方法 有數種之原因，頗不易以實驗之法，或就所觀察者，分類而

刪除之。例如氣體之體積，能因溫度之變而變，亦能因壓力之變而變。蓋溫度加則體積加，溫度減則體積減；壓力加則體積減，壓力減則體積加。吾人對此境遇卽生疑問。所疑問者，卽氣體體積之改變，或但以溫度改變爲原因，或但以壓力改變爲原因，或二者俱爲獨立之原因。其影響或爲相增，或爲相消。欲爲此研究，吾人不能刪除其中情形之一。但能設法保留一情形，使暫不變。移動一情形，使先改變。今若保留壓力使之固定，但移變其溫度，然後觀察體積之改變而紀錄之。則知溫度增一度，體積增原體積二百七十三分之一（ $\frac{1}{273}$ ）。又若保留溫度，使之固定，但移變其壓力，則知體積減少之比，與壓力增加之比相同。由是可知溫度及體積，壓力及體積，皆爲同生的變化。於是不但知溫度壓力之改變，皆可爲體積改變之原因，而其改變之定律，亦因以證明矣。

同生變化方法之原理，今可敘之如下：

當一種現象以某種形狀變化時，他一種現象卽以他種一定形狀變化。則此種現象，必爲他種現象之因，或爲其果，或以別種原因而生關係。

此種方法，不但爲化學物理之實驗研究者，極爲通用。卽爲經濟學及社會學之統計研究者，亦應用頗廣。惟在經濟學及社會學所用以比較之數目，乃直取諸所觀察所測驗之現象而紀載之，不若研究物理與化學者，其所得之變化，乃研究時以人工行爲，故意使之發生者也。

餘剩之方法 此方法在敘述海王星之發明時，卽曾言及。卽當一現象發生時，有數種動力存在，每個皆能致一特別之結果。於是可用此方法以求原因，其原理如下：

當一種現象發生時，同時有多數動力存在。今依從前所得之智識解說其結果，并將其影響除算外，如尙有一部分現象不能解說，則此現象必由於未曾發見之原因。

此方法未必能使人決定原因之所在，然能使研究之範圍縮小，以便得相當之臆說及加以考查。

【可轉移紀律與不可轉移紀律之比較】 由以上之解說，卽知人之對於某問

題，如熟悉其內容者，即能心思敏捷，理想豐富，解決覺易。蓋有何因，必生何果，彼已明瞭無餘。故當現象發生，即能將因果相配，一一除解。如尚有餘剩之現象，可引之原因，已寥寥無幾，極爲明瞭，而可注意，不難取而合之矣。

觀餘剩法之原理，亦知何以人之對於一問題雖極有訓練，而對於他問題毫無訓練者，遇他問題發生時，即判斷失宜，理想枯竭。其所專者，過於狹窄，未曾將其所得之方法，略爲改變，以應付他種事實與情形。又因彼對於他種問題之內容，毫不熟悉，故不能見及該事實之關係與意義。因是對於理想之當否，亦不能加以去取。有效率之臆說，既無由生，亦無由加以考驗。簡言之，即其所受之訓練無廣闊之聯合，故不可轉移通用也。

【論理的方法與科學教授】 以上所述之合於論理的各方法，非謂其可正式的授諸學生。若如此教授，非徒無益，或且有害。惟教師之明瞭此等方法，則非但易行，且爲緊要。當在教室與實驗室，遇有可用此等方法以爲歸納之推測者，則此等原理，正可向學生簡明指示。蓋將科學法之各方面如是應用練習，則學生能造成及明瞭



方法之觀念。且對於解決問題之相當方法，宜如何加以有統系之選擇，採取及應用，皆胸中漸有見地矣。

【近世對於心智紀律之意見】 由以上所討論者觀之，凡一種學問之研究，無論其特有之價值如何偉大。如欲其有普遍價值，必由此研究所得之心智紀律爲可轉移者。即技巧與智識得諸此研究者，可應用於課外之境遇。此等可轉移之心智紀律，必其內容或方法，與人生實在境遇，有相關之點。此種學校之訓練，其能否轉移之程度，當觀下列數點。(1)其內容與方法，與課外之人生境遇所用的內容與方法，是否關聯之處多而有力。(2)學生所得之方法的觀念，是否明白活潑。(3)學生對於用合法之步驟，是否受有力之鼓勵。

施布可轉移訓練之箴言 由以上所舉之原理，吾人對於教師之欲其學生得可轉移之訓練者，可宣布數規條，以便其決定所用教授步驟。

(1)教授無論何科學之全部，爲不可能之事。故對於材料及方法，必加以仔細之選擇。

(2) 所選擇之材料與方法，必求其與現世生活各境遇有用者，而尤以與學生本身目前及將來之生活有關者。

(3) 令學生將在教室與實驗室所得之材料與方法，其對於校外生活之境遇有相當之意義者，加以聯合之作用。

(4) 注意於造成方法之普通觀念及合法步驟之理想。

(5) 教授學生以方法或材料時，最好以問題出之。且該問題之性質，必為學生所樂於解決者。其解決時，實求其個人之愉快，而不視為學校之工作。

【解釋能力之發展】科學之解釋價值，與科學之紀律價值，有密切之關係。皆由以科學法研究科學得來。組織智識使有統系。取特別例之事，依其關係，使歸入普通統系之下。此種習慣與理想，皆為解釋能力之要素。蓋有此等訓練者，遇事即知當如何搜尋事實，當用何種原理以對付該事實，當知對付之方或須自用觀察與實驗，或須取決於專家，或但須檢查其定義。大概問題之須仗解釋者，皆可由已知之定義原理，定律，以抽繹其意義，以觀其與該普通原理，是否相同相因。

今復試舉一例。凡人之具解釋能力者，見癩癩之現狀，必不以天文學之，而以遺傳學，神經學，心理學之原理解釋之。惟至於潮汐之問題，即想及運動與萬有引力之定律，而知其由於日球與月球之引力，必不以心理學與宗教學之原理解釋之。彼又必知解釋保存食物所用藥品對於人體之影響，不可全用純粹化學之方法。因其為生理之問題，故必先以生理之方法研究，次以化學之方法研究。

凡人對於各種有統系之智識，能若是之熟悉者，則其眼界必寬，而對於各種疑問，能具不偏及虛心之態度。且其人亦必有比例之感覺，即知事物輕重之比較。於是觀事有聰慧之眼光，生良善之判斷。遇事之不易下斷語者，彼亦有自知之明，己不判斷，而知誰能判斷，於是詢問專家，取其判語，以為結論。例如若使此人為某商會之董事，擔任調查本城市之飲水供給，溝渠排洩問題，且須報告於市政廳。若其人自身非一老練之衛生工程師，則彼必不信任其自身之判斷，惟但用其科學之判斷力，以選擇最佳之衛生工程師。將此工程師之條陳與報告，為其討論與推測之根據，然後轉答市政廳焉。

【科學教授之基本原理】由以上所述者觀之，吾人得知有數條原理，於教授科學有基本之關係。凡為教師者，須時時服膺，以便為其選擇方法與發展方法之指南。今加以總述如下：

(1) 欲兒童得敏捷思想之習慣，須使之依教師之指導，日為思想之行爲。惟欲其肯思想，必先置之於生問題之境遇中。

(2) 凡用以與兒童解決之問題，必為兒童具體智識之所及。且必於彼有興趣，有需要，及適宜於彼當時之抽象能力。

(3) 欲兒童得有力量之合理思想，必使之練習多數不同之問題。每一問題，俱用各種科學方法之步驟。若但令兒童記憶前人用思想所得之成語或成理，必不能使兒童得此等合理思想。

(4) 欲兒童造成方法的觀念，必使之注意及解決問題之方法。各種方法之相同點，必於臨時指明之。凡解決一問題時，即取校外各問題之為兒童智識所及，與可應用相同方法者使之注意。

(5) 凡解決問題時，必須應用各種材料，如事實、觀念、原理、定律等等。若於解決問題時，將此等材料與方法同時灌輸，則因其有急切之應用與需要，必極易於記憶、組織，及留待將來之用。

(6) 凡所學之智識，能否於將來待用時憶起，當視其學習時，是否將此等智識與日用之生活境遇，時常加以有趣味之聯絡，且視此智識與日常生活之境遇，有多數相同之點。

(7) 對於合法步驟，準確智識之所以便利者，必向學生鄭重指明，使學者對於合法步驟，正當思想，準確而有組織之智識，能感其應用之廣，於是亦能用諸其他工作。

(8) 當學生得一新智識，則必使之與從前之智識相融化，而置諸相當大綱之下。待課程完畢時，即將全部組織成合於論理之統系。此步驟在科學研究為最後之步驟，故亦於每課之末，每週之末，每學期之末，或每學程之末行之。此等摘要之大綱，當由學生之自動製成，不當由教師口授。

關於第七章可研究之問題

(1) 取科學教科書或實驗課程所討論之一節，將其與緊要人生之活動有相同者，皆舉出之。

(2) 又取書中所討論之另一節，亦將其與人生有關之各點舉出，然後觀該節是否可棄去不用，而另代以較善者。汝之去取，有何根據？

(3) 作一課程計劃，以爲造成方法觀念之用。

(4) 如欲學生於未讀參考書以前，先觀察事實；於未解決問題以前，先加以分析，當如何指導？

(5) 取科學歷史或傳記等書，觀其中如何應用科學歸納的方法。將此方法摘錄，以示學生。

(6) 汝是否曾將從研究科學得來之習慣及方法之觀念，轉移於汝所有之日用生活問題。如有，可試述之。

(7) 若汝未曾得轉移之功效，試言是否有此等訓練之必需。且試言汝前在學

校中，是否有此等機會。如有合法之指導，即能得此種訓練。

(8) 試言有較佳之解釋能力，如何能使汝作較明白之決斷。

(9) 本章末節所載之各條基本原理，汝對之是否有覺其不妥而難實行者？試批評之。

#### REFERENCES 參考

- Bagley, W. C.: *The Educative Process*, MacMillan, N. Y., 1908, 358 pp. Chap. XIII, \$1.25.
- Colvin, Stephen S.: *The Learning Process*, MacMillan, N. Y., 1911, 336 pp., \$1.25.
- Heck, W. H.: *Mental Discipline and Educational Values*, John Lane & Co., N. Y., 1911, 208 pp., \$1.00.
- Jones, A. L.: *Logic, Inductive and Deductive*, H. Holt & Co., N. Y., 1909, 304 pp., \$1.00.
- Mann, C. R. and Twiss, G. R.: *Physics*, Scott, Foresman & Co., Chicago, 1910, Revised Edition, 453 pp., \$1.25.
- Miller, Irving Edgar: *The Psychology of Thinking*, MacMillan, N. Y., 1909, 303 pp., \$1.25.
- Thorndike, E. L.: *The Principles of Teaching*, A. G. Seiler, N. Y., 1906, 12-293 pp., \$1.25.

## 第八章 教室與實驗室之教授

【目下沿用之方法】近十餘年來所習用之科學教授法，共有三種。曰問答法，曰演講表示法，曰實驗課程法，在行此三法者，俱云曾妥爲計劃，使其有互相聯絡之關係。惟從實際觀察所得，則知其關係甚稀。多數學校中所謂問答者，不過依書本之材料，重爲背誦。所謂實驗課程者，其所工作之物，亦不過自成單位而無貫串。所問答者，與所實驗者，每無理論的關係，或竟相去甚遠。故以理論言，此三種教授法雖爲正當，而以實行言，則與理想相去頗遠。此事非曾親閱多數學校者，每不信也。

【以問題爲聯合之中心】一細觀吾人曾經討論之原理，則知所以糾正此常見之弊，即在於將教室課程妥爲組織。教師之所表示者，實驗室之所觀察與作爲者，皆貫注於妥爲選擇之問題，有如本書第五章對於熱之課程所舉例者。

凡科學課程之以訓練科學方法爲目的者，當以問題爲單位。此理明甚，更無須細辨。故設爲問答，講演，實驗，而不以問題或問題之一部爲其單位者，就教育眼光觀



之，乃爲錯誤。學生之目的，爲用正當之科學思想及實驗，以解其有意義之問題。其問答非以背誦，其實驗非以演技，其工作非強爲無興趣之事，以求免於不及格之處分。學生對於所教授之物，起不同之態度。在但求學生工作者視之，似不見有何緊要之關係。惟在教授一方面論之，爲真正之科學教授，及但奉行故事，惟求課程進行者，其不同在此。在學習一方面論之，得有用之訓練，熟悉科學與實用之理想與問題，及但強記字句，不能將所學與日用生活聯絡，使有意思者，其不同亦在此。

【教室討論會】 此名詞較諸所謂問答者爲佳，因其能代表教師與學生所以聚集教室之精神與目的。蓋彼等聚集，非欲使各人將其從課本強記得來之物，向衆背誦，乃欲其同學教師互相團聚，將各人所知之有意義事實，合而爲一；將各人之理想互爲批評，以求解決所同喜好之問題。

討論會之意義，卽爲在教室中發問及指點事實與理想以曉諭衆人者，不當但爲教師一人。作書者曾參觀一最佳之教室練習。彼時全班熱心辨論，或一人與一人，或一人與衆人，互相雄辯，而教師旁立，不過爲監視之公正人。不過若此之例，殊不易

得。教師每成講臺獨唱之人，發言過多，一語可了之間，每至重複再四。不知教師之巧者，但須爲一有激刺性之問難，卽能撥起辨論。凡所需要之事實及理想，學生皆能求得而供給之。

教師之職務，則爲以身作則，供給精神，及提起注意的，有力的，相連的之論理思想與言語。同時看察學生是否進行能依秩序而有效率；激刺學生，使向教師與其同學發問。有疑問發生，能使答者爲學生而非教師，卽當由學生作答。其必由教師敘說者，乃學生所不能答，或必多費時間以答之物。遇此等情形發生時，教師作答，必求其準確，明瞭，得法。使聽者發好奇心，激發其繼續研究與考查。普通教室之聚集，每成一教師與各個學生分別接連之談話。發言最多之人，每爲教師。當教師與一學生談話時，其餘學生毫不注意，因其已略知談話之內容與結果也。故欲知教室討論會之效率何如，當觀學生發問次數之多寡，及其所問者是否有合於論理的意義。

教室工作之標準 凡學校之監理人與視察員，欲決定教室課程之良否，可用下列各查問。

(1) 所教授之單位，是否為有意義之問題。與學生所已知及其所注意者，是否  
有關係？

(2) 如有課程問題，此問題與以前及將來者，是否有明瞭及合於論理的關係？  
(3) 如主要之課程問題過長，不能在一個上課時間與實驗時間解決，則是否  
會將其分成小部分與輔助問題，以便在一個上課時間，能完結一定單位  
及一問題？

(4) 對於指定所計劃之課程，是否仔細使學生明瞭所指定之範圍，而知教師  
之所希望於己者何如？

(5) 當指定時，是否顧及平均學生之能力，與學生之其餘指定的課程？

(6) 教師是否用有效之方法，以查明學生將其所指定之課程工作完畢？

(7) 此課程問題與教師之方法，是否能鼓勵學生之前進與自動。換言之，即學  
生是否視該問題為其自有之問題，而能長久加以思想及工作？

(8) 學生能否發生疑問與辨難，要求及供給證據，并能判斷比較的價值？

(9) 在教室中發言多者爲教師抑爲學生？

(10) 所用之事實與理想，是否對於問題加以有意義之組織？

(11) 學生是否能提起臆說？對於臆說，是否加以有統系的考查與選擇？

(12) 是否使學生將其課程中所討論之事實與原理，凡與人生境遇所用之方法與材料有相似者，加以聯合作用？

(13) 當課程進行時，教師與學生是否用合法之語言文字，其聲音之大小，是否與教室相稱，使每人皆能聽聞清楚？

(14) 當課程完畢之時，問題之緊要各點，及解決所用之方法，是否皆清楚顯出，使學生能透徹了解？

(15) 教師是否使學生將由課程所得之理想善爲應用，以表明其對此理想，頗能指揮如意？

(16) 教師對於較遲鈍之學生及特別聰明者，是否注意其需要？

(17) 教師是否設法發展方法，理想，態度，心思，習慣等之科學觀念？

(18) 學生之態度，是否表示課程呆板而無趣味，或表示其有激刺性與感勵性？

(19) 教師之語言及思想，是否明白而合於論理的？

(20) 教師用具體之解說材料及講臺實驗等，是否充分巧妙，使原理關係等藉以明白？

(21) 教師對於其所討論者，是否表示其有研究與真正熱心？

若以上所查問者皆能得正面之答應，則此教室討論會，必頗為有效率，而可成爲科學訓練過程之一部。如科學教師能將此等查問條件，於每課程終了之後，即自加考問，以估量己之成功與否，則其教授法必速有進步也。

【實驗室之效用】 植物學家，動物學家，地質學家爲調查之旅行時，凡遇可研究之物，不易攜至實驗室者，則彼加以觀察，測量，繪畫，與攝影。其所攜之器具，則爲袖珍顯微鏡，採集用袋，小割記本，及其餘易於攜帶之測驗器具。若化學家，冶金學家，及物理學家，至礦場，工廠等處，以爲研究。則彼亦須攜帶測驗用之器具，就地設爲臨時之實驗室，以備考驗之進行。惟無論何科學家，若遇可能之境遇，則在就地先作一相

當之觀察，乃採取易於攜帶之物，至其自有之實驗室，以爲繼續研究之資料。

實驗室之特別點，卽爲其中有特別布置之情形，以便於觀察與實驗。卽其中有儀器，機械，及供給研究須用之各種經驗。生物學家則有解剖檯，顯微鏡，製造切片與照片之器具，及製造與保存標本之物件，以便爲將來之研究參考，及比較。地質學家及礦物學家則有顯微鏡，碾碎器，磨切片器，及吹管等等。化學家則有玻璃與瓷製之器皿，以及藥品，噴燈，天秤等等。物理學家則有一切測驗之器具，例如天秤，測力器，測溫器，氣壓表，電表，光表等等。

凡爲工作之科學家，除有儀器外，在其實驗室或附近之地，必有參考與討論之書籍，以及地圖，表格，模型，標本等物。將已知者比較未知者，及將新事實納諸科學之統系中。

故實驗室者，乃科學家用爲實驗測量之地。求事實以解決問題，他處皆無其便利。科學家爲實驗室工作，非但因工作而工作，乃有一定之目的。其所求者爲尋事實與關係，以便考驗其臆說，而解決一應用或純粹科學之問題焉。

【實驗室與教授】 教師若一細思真科學家與其實驗室之關係，即當知學生與學校實驗室應有何關係。即當見及學生至實驗室，非爲演技，或執行實驗，或證明定律，或助記原理，或得心智紀律，或得心智能力。即謂其藉此可以知教科書所舉之原理，乃有具體之根據，因此能生仰佩之心，亦不得稱爲實驗之真正目的。學校之科學研究，其布置實驗，當如科學家之爲實驗。即其目的在用相當之觀察與實驗，求必要之事實。用此事實以便可依法解決科學問題。而此問題又非在他處可加以便利之解決。依此進行，雖不能希望學生發明世界之新事實，然可發明對於其本人之新事實。且事實由此得來者，學生能覺其爲自身之心得，而非泛泛然讀之於書，聞之於師者，可比也。

故合於理想之學校實驗課程，其學生之觀察，實驗，及參考書籍，圖書，標本，皆以直接求天然之智識。且將其已有之科學智識與之融匯。其所觀察與聚集之事實，彼須在其劄記本中，爲有統系之紀錄，圖略，表解，以呈示之。其所以爲此者，皆非奉行故事，乃所以解決其視爲有興趣或有實用之問題，而爲其方法過程的一部也。此學生

與科學家不同之點，但在其所學未成，識術有限，非已訓練者，乃受訓練者。蓋訓練之正鵠，爲能爲獨立之思想與研究。學生雖未達此正鵠，然已在抵正鵠之路矣。

以此等訓練給與學生，非謂每學生從此皆能成科學研究之健將。能如此者，或不過百中得一。但其餘九十九人因學校之訓練，亦必成能作有統系思想之人物。

且彼因學校鄭重指明合法步驟與謹慎思想在科學訓練中之緊要，則彼必特別注意於應用此等理想。將來在實際生活中，必能將此訓練，轉移於解決問題，而得有效果。反而言之，如彼當時不覺其緊要，則必不能加以應用也。

實驗室教授之方法 由以上所討論者觀之，教師在實驗室之職務，及正當之方法，固已明瞭。教師之職務，乃爲領袖者，爲感動者，及指導者。巡遊於各實驗檯之間，或偶一發疑問，或一提起意見，或一親自工作，以明藝術巧妙之點，或一指點剖記錯誤之點，與改良之方。若特別緊要現象之可注意者，理論或手續之稍異平常者，或學生中有工作特別良善者，或有陷入錯誤，當爲大眾所預防者，則教師可臨時引起全班之注意焉。



凡良善教師，無論其在教室，或實驗室，皆不肯作過多之言論。其應對學生也，每以問作答，或則命其自行參考書籍，圖畫，標本，以求其所欲得之智識。對學生每不直告其當如何進行，而告其有何原理。凡在學生能力之內者，一切觀察，思想，實驗諸事，皆當由其自己進行。察看學生之成績，與其所爲之課程，即知何時當與學生以輔助，及何時可任其陷入錯誤，以便尋出錯誤之所在，庶免將來之重誤。多數教師相同之缺點，即爲或則告人過多，或則告人過少。大概對於其所授之課程熟者，每幫助學生過多；其生者，則每幫助過少。若教師對於本學問所知極微，則自然不知何以助人也。

公明之教師，對於學生有良善之意見與工作者，每多爲承認，而不苛於求疵。凡所指定之課程，彼必求學生於相當之時間徹底作成之。若學生所作者錯誤不精，不必加以責罰，或嚴厲之批評；但須命其重複工作，以求完善。著書者以其個人之經驗，知學生工作之不合格者，不難使其願行改作。使學生心中先立一良善工作之標準，於是由其自身意志之強迫，極力以達此標準，此事由著書者之經驗，亦覺其毫無困難也。

關於以上所論者，教師當知一班之中，學生之能力相差殊遠。若學生對於某種活動，其能力在平均以下者，斷不能望其所得之結果，與有特長者，或曾有訓練者，同其等級。教師應有之理想，非為每人之優良程度相同，而為各人俱達其自身能力之極點。

教師所當注意者，即為學生之天然遲鈍者，固不當時告以其所短，使之灰心。而對於學生之特別能幹者，反當使其承認與感覺責備賢者之義。不但須求其工作較佳，且當其正課完畢之後，與以例外較難之工作。且當激刺之使不肯放鬆。

在一實驗時間之首，或在一實驗時間之末，教師每須取材料之宜多為講解者，臆說之宜多為發揮者，事實之可加以概論者，及可與校外生活加以聯合者，摘講，以引起全班之注意，并以補課本與實驗講義之不足。有時且可示學生以影燈，圖畫，模型，標本，儀器，及表示之實驗，以說明與本問題有關係之各要點或趣點焉。

凡實驗室之辦理得當者，其儀器材料，必保存及儲藏得法，以便學生於實驗時，問起首時易於取用，不至時間多費耗於布置也。

凡材料之性質，宜於學生自由處置者，即當依法放置於實驗檯之抽屜中，以便學生易於速取，及用畢後易於歸還。此法雖對於物理儀器有時亦可應用，惟物理儀器有時裝置極爲複雜，若不安之檯上，則一裝一拆，必多費時間也。

學生之幫助 於實驗課程未開始以前，有數種工作，如儀器之修理，取出，歸還等事，皆頗耗費時間。教師正不妨擇其可行者，招學生來幫助。此事若分派均勻，不使一人過勞，則學生必極願相助。

蓋童子生性，每喜消耗時間以製造，修理，及管理儀器。故以此事相邀，非但教師得助，即學生自身，亦能得快樂與利益焉。童子之在教室，不能爲良好之抽象理想者，更樂於爲此。由著書者之經驗，學生曾助教師於課前整理儀器者，其課程成績，亦因之增良。蓋此等童子每自覺其抽象課程之缺點，與其所受之恥辱。苟與以機會，使發表其有建設與手工之能力，教師或又從而稍爲贊揚，則此等童子之富於實用心力者，能自信其能力，且能見及抽象課程之價值，而力圖精習。激刺努力之最佳利器，即爲成功及自覺能力之增長。

【良善實驗室課程之性質】 爲實驗課程者，每多費時間，以作對於學生無大意義之工作。其所作爲者，或與教室所談之論理，或與社會之活動，無明白之關係。例如普通課程之測量長度，面積，及體積，金屬絲之展力與彈性，有彈性與無彈性之擊撞，或測量少於一耗之膨脹率，及解決實際問題所不用之金屬絲的電阻力，及其比較阻力。又如化學實驗之但以表示物體之物理與化學性質者，地理之但研究地圖者，生物學及生理學之但爲圖畫者。此種作爲，皆幾無價值可言。學生對於此等課程之不注意及不熱心，當足以使教師棄去此等使人生倦之工作。多數教師或謂彼之欲學生爲此者，因高等學校招生有此條件，此言殆不確實。美國高等學校中，對於學生之熟悉科學簡單原理者，及其實驗課程之材料皆較爲有意義者，并無棄而不取之事。若有此等高等學校，教師正可勸其學生棄之而他就也。

下列諸條，可爲選擇實驗課程之有用指導。

(1) 實驗課程之設計，乃爲求一種答案起見。而此答案，乃爲解決對於學生有意義的問題之一步。

(2) 對於以前及以後之課程，皆有明白之關係。

(3) 此課程必須要仔細觀察，辨別，與回想者。且由此可得發展技能與自信之機會。

(4) 每課程當觀察之物，不宜過多，以免心思之擾亂。

(5) 其中所須之手續不可太難，庶學生稟賦最低者，亦能以平均速度工作有效。

(6) 課程之性質，必須學生能行之而得相當之準確程度者，且必須強迫其達此準確程度。否則學生對於其所為者，及本課程所欲教授者，皆未能信任。

(7) 布置該實驗課程時，當使其所得之結果，易於重複對照，於是學生可由此而決斷其結果準確之程度，無須與書本所載者互對。

(8) 思想之用以下結論者，亦當求其簡單直截，以便學生能自己為此思想，而無須他人之幫助。

(9) 實驗手續亦不可過繁，以便平均能力之學生，能於一上課時間從容完畢。

之。若上課時間但爲四十五分鐘，則可分爲二上課時間作完之，或則將工作分配與數組學生，然後將其所得之結果，在教室中會集討論之。

【每年實驗課程之數目】 實驗課程之數目必須充足，庶與講檯實驗相聯合之後，可爲所授科學總綱之基礎，以爲各原理之根據。依普通之理想與標準，實驗課程之最小量，當爲每科學每年三十至三十五次，每次約二小時。（謂之雙時）

【每班實驗之人數】 依諸緊要科學教師之意見，皆以爲每班實驗之人數不當超過二十。特別能幹之教師，或能同時應付三十之學生，而不覺困難。惟依普通公認之管理標準，無論問答班或實驗，三十可視爲極高之限度。

【雙時】 在教授物理與化學，雙實驗時已成必須之條件。他種科學雖不必如此，然亦極爲可用。在一個九十分鐘之長實驗時間，其所爲之工作，能抵三個四十五分鐘之短實驗時間。在美國多數學校，凡科學之須教授一年者，每週皆定實驗時間爲兩個雙時，定教室上課時間爲三個單時。以著書者之意見言之，實驗時間之比例如過大，非大多數普通教員所得利用；而教室討論，則欠充分，未能將原理及應用徹

底探討故。依目下情形，若將每週教室上課時間定為四單時，實驗時間定為一雙時，或能效果較佳也。

筆記之格式 學生關於其實驗所作之筆記，應包括下列各項：（一）本實驗所欲解決之問題，及所欲得之答案，用明瞭簡括文字，完全舉出之。（二）所用儀器與材料之短明敘述。（三）進行方法之解說。（四）所用以計算之實驗數目的紀錄及結果，皆列表說明之。（五）凡用以得結果之計算法。（六）所得到之結論。（七）錯誤之來源。凡學生能加以討論而得益者，均須討論之。凡簡單圖畫可用以說明事實者，當求學生之利用。但當注意使學生得知此等手續乃方法而非目的。學生消耗於作此等圖畫之時間，不宜過多。將筆記本作無謂之裝飾，實為費時而無用。且所作之圖畫，不宜抄之於書，而當實際可以代表實驗所用之物件，及有意義之特別情形。普通言之，剖面圖之用，以表明各要點者，較諸配景畫為佳。實驗書，教科書，及講義，每有製定之筆記格式，以備學生填註者。此等便利之設備，固可節省教師與學生之時間，惟亦能消除學生自為布置計劃之訓練，或竟至閉塞其思想力。故即不謂其有害，其價值何如，

則頗可疑也。筆記之最佳者，即為學生用自己直截之文字，說明其所欲求者，其如何進行，其所用以得答案之步驟，及其答案。

實驗室筆記本 筆記本之最宜於記載實驗室紀錄者，為大如信箋之散頁本。此種散頁本，學生可用一個以記載多數課程。因其但有一硬書面，而頁片可隨意裝上與取下，不至虛耗，故極為經濟。

此種硬書面，內有鐵環，以兩手按之，即能自由啓閉。以黑棉布製者固佳，惟用帆布及麻布製成更為耐久，善用之，可經二年。

各種紙張之不同等級，不同大小界線者，各處皆有販賣。且其中已有鑽孔，可隨意夾入硬書面之內。紙張之最合宜者，即為有每邊一糲長之方格。墨水鉛筆，皆為合宜。用時宜隔一格書寫。

此種方格紙，對於普通寫法，及低格書寫之總述，大綱，數目表，與簡圖，曲線，無不相宜。惟生物學之自在畫，地理學之圖形，則無格之紙張，或較為便利也。

凡筆記用之紙張，其左右應有紅色條邊，而其頂邊則為雙線紅界。頂邊及內邊



之餘地約爲一寸，而其外邊之餘地則半寸許可也。

物理須用以畫曲線之紙，教師每喜用工程師之劃界紙。

當筆記須交與教師之時，學生自其硬壳護書內取下，不加以摺疊，置諸一大封筒之內，封面載明學生之姓名與班次。

學生每喜有一稿本，將其紀載在此本內，爲一草稿，或卽取散紙以爲草稿，然後取至實驗室外抄入正本。此種習慣，不當使其繼續。因其能養成粗心，及失去有價值之紀載，與作事遲緩之習慣。且費時亦多。教師當堅求學生於未實驗以前，先有計劃。然後於觀察時直接將其所得者，在正本中爲有統系及明白之紀載。蓋實驗室之筆記，當在實驗室中，於工作進行之時直接製成。且其本必置諸實驗室中，非由教師閱看校對及交還之後，不當取出。

筆記本之閱看 若教師對於筆記能加以準速之閱看，并令學生加以準速之改正，則可節省時間，與消除煩亂。倘教師能時見及下二原理，則自能注重筆記之看閱與改正。

(1) 書寫筆記，當視為解決科學問題的過程之一步，故其書寫亦必合於科學法之精神。

(2) 練習書寫筆記，必能造成製紀錄之習慣，而此習慣之良否，即視教師與學生所沿用之方法。

故教師對於學生，必求其有良訓練，以成良習慣。文字求其易解，布置求其得當，紀錄求其詳盡而有證據，工作求其合法。

若班中人數甚多，則可用簡單字母，以表明筆記中錯誤之點。例如以W表錯誤，S表拼音不對，G表文法有誤，R表重新改作。此種字母，在錯誤處之一行，向頁邊以紅墨水記之。學生見及，即須急行改正，就正於師。教師於是加以他種符號。凡筆記之經最後閱看與認可者，可由教師蓋章。如用橡皮章，則進行極速。筆記於學生未改正以前，給與分數。如學生欲保守此分數，則必須改正。如是亦使學生謹慎不至有錯誤之道也。

關於第八章可研究之問題

- (1) 何以教室討論較諸問答爲有教育價值？試列舉其原因。
- (2) 本章所舉之教室工作之標準二十一條，以何者爲最易應用？依其可實行之程度，試爲之重定一次序。
- (3) 將上所述之標準，依其教育緊要之次序，而重爲排列。
- (4) 取科學教科書內之實驗課程爲之編列，觀其中有能用以盡其職務，如本章所述者否？
- (5) 汝在學校時，曾否受教師之邀，助之行實驗之事？如有之，該事實是否使汝對於工作之態度改變？
- (6) 從普通教科書內，選取五個實驗課程。其所具性質，與本章所述者相同。并言明汝所以選擇之原因。

#### REFERENCES 參考

Armstrong, Henry Edward: *The Teaching of the Scientific Method*, MacMillan, N. Y., 1910, 504 pp., \$1.75.

- Bagley, W. C.: *The Educative Process*, MacMillan, N. Y., 1908, 378 pp., \$1.25.
- Charters, W. W.: *Method of Teaching*, Row, Peterson & Co., Chicago, 1909, 255 pp., \$1.10.
- Dodge, R. E. and Kirchwey, C. B.: *The Teaching of Geography in Elementary Schools*, Rand, McNally & Co., 1913, vii + 248 pp., \$1.00.
- Eliot, C. W.: *Laboratory Teaching, School Science and Mathematics*, Vol. 6, November, 1906.
- Fitch, J. G.: *Lectures on Teaching*, Barnes, N. Y., 1891, 393 pp., \$1.25.
- Ganong William Francis: *The Teaching, Botanist*, MacMillan, N. Y., 1910 439 pp., \$1.25.
- Hodson, Frederick: *Broad Lines in Science Teaching*, MacMillan, N. Y., 1910, 268 pp., \$1.50.
- Lloyd, Francis E., and Bigelow, Maurice A.: *The Teaching of Biology*, Longmans, N. Y., 1907, 497 pp., \$1.50.
- Mann, C. R.: *The Teaching of Physics*, MacMillan, N. Y., 1912, 304 \$1.25.
- School Science and Mathematics*, Chicago, 2059 E. 72d. place. 此雜誌所載關於教授科學各方面之文字極多，俱為有經驗之教師所著。可參考該雜誌之目錄。
- Smith, Alexander, and Hall, Edwin H.: *The Teaching of Chemistry and Physics*, Longmans, N. Y., 1913, 377 pp., \$1.50.
- Strayer C. D.: *A Brief Course in the Teaching Process*, MacMillan, N. Y., 1912, 315 pp., \$1.25.
- Sutherland, W. J.: *The Teaching of Geography*, Scott, Foresman & Co., Chicago, 1909, 312 pp., \$1.25.

Thorndike, E. L.: *The Principles of Teaching*, A. G. Sailer, N. Y., 1906, 12 + 293 pp., \$1.25.

Tyler, John M.: *The Culture of Imagination in the Study of Science*, *School Review*, Vol. 6, pp. 716-724, December, 1898.

Welch, W. H.: *The Evolution of Modern Scientific Laboratories*, *Smithsonian Report*, 1895, Smithsonian Institution, Washington, D. C., pp. 493-504.

## 第九章 講演旅行及溫習

【講演之效用】吾人對於教授科學，曾舉定二理想：(1) 欲學生得科學智識與科學訓練，最佳之法，即為使學生時常解決問題之包含有科學材料與科學方法者。(2) 欲學生解決問題而得科學訓練與紀律者，必解決時多用其自己之思想與活動。由此觀之，教授科學最要之方法，為用實驗與教室討論，而講演方法則偶一應用，且必加以仔細之思想計劃與預備。

雖然，講演所盡者，有二極緊要之義務焉。

(1) 若用解決問題之方法以研究科學，如以上所述者，則其中必有漏隙，須為

之補綴；必有多數智識，須加以供給；然後該科學方覺完全，大綱方能廣闊，聯絡及統一方能保存。欲達此目的，非正式談話及講演，最爲有效。

(2) 如欲舉述新發明，著名之實驗與研究，與本地有關之科學智識，與時事有關之科學興趣，皆可在講演及講檯實驗時呈示之。大可以資鼓動與感勵焉。

講演之技術 關於以上所敘之二講演效用，吾於第六章中曾言及之，似須不必多贅。惟講演無多經驗之人觀於下列數點，或稍能得益也。

(1) 用以解說之具體材料必極爲豐富，例如圖畫，模型，各種預備與實驗。

(2) 可用多數實驗，及各種預備，以說明及提起一種意義。惟同時不當用一種預備，以解說一個以上之意義。

(3) 實驗及各種預備，皆須布置於講檯，或附近之架上，以便應用時即可移取。且未表示以前，教師必須練習多次，庶表演時必能成功。

(4) 教師講演不可爲其筆記所束縛。彼於其所欲講解，及如何發揮之點，必知

之甚明，無須摘錄。其綱要似不必費時熟記，即書於黑板之上，使大眾見及亦可。若教師既不將大綱書於黑板之上，又不加以記憶，則其摘錄各點亦必疎朗明瞭，可一目了然，不須細細查閱，致誤時刻也。

(5) 講演不可過於正式，如遇有興趣之點，學生可自由發問。至於講壇實驗，如遠處不能見者，學生亦可分成數羣，至檯前察看。

(6) 教師之講演，當可為表示法之模範，使學生得知講解宜如何清楚與活潑，對於一問題如何提起，如何發揮，皆宜早為計劃。當舉原理與概論之時，宜進行遲緩；當講演將終時，宜加以結束。

(7) 著書者之意，以為凡講演之用，以感動學生者，似不須將其完全寫出。惟須鼓勵學生，命其作聽講紀錄，將顯著事實，緊要原理，為講演之基本者，摘諸劄記本中。此種劄記，學生每可藉以練習國文。美國有數學校英文系教師，即取此種工作，閱看後酌與學分，結果頗佳云。

(8) 教師若欲完美其講演之技術，如遇有得聽名人講演之機會，即莫令其失

去，并將其發揮之法記下。對於演講名著，尤須多讀。例如丁鐸，海姻霍資，法拉蒂，洛智，愛格昔子，達爾文，赫胥黎，賴思敬等之著作。凡良好之圖書館，皆應有此等書籍也。

(9) 教師於預備講壇實驗時，如能得學生之幫助，則不但與學生愈形密切，且可增加其興趣與訓練。若能使每個學生在全班之前自行一講壇實驗，則為更佳之計劃。正不妨將此作為正課之一部，且酌加以額外之學分也。

(10) 凡講壇實驗之目的，必在於表示現象，及其與人生有關之意義。非在於取娛樂如放烟火然。蓋必先使學生有興趣，然後有實際之價值可言。所幸者，天然現象無一不自然具有興趣，苟表演者能將其意義及人生之關係為之說明，使之易解。其餘則令聽者自加思索，則其味固無窮也。

【野外觀察】最早提創以旅行野外為教育之方法者，見於盧梭 (Rousseau) 之愛美麗 (Emilie) 一書中，裴斯泰洛齊 (Pestalozzi) 始於瑞士之米登 (Yverdun) 學校實行之。及裴斯泰洛齊之各方法傳入德國，此法亦同時傳入。今則法國，瑞士，德



國無不通行矣。在美國雖精於教育者，無不同聲提創，且認爲在研究地理必不可缺。在研究動植物及其他天然學亦極爲緊要；然在實際上，則尙未大通用也。

野外觀察之困難及如何消除 科學教授中此項緊要條件，所以不能猛厲進行者，其主要原因，不過下列各點。曰教師狃於慣性或無能力，教師與辦學者未覺其緊要；曰家長之反對；曰時間不足；曰交通不便。若困難由於教師之欠缺熱心與能力，則辦學者當鼓動或更換之。若教師具有熱心與能力，則以上所敘之困難，彼不難逐漸將其消除。使大多數學生於一學年中得爲旅行四五次。家長與辦學者之不覺其緊要者，教師可用手段或毅力以感化之，且向之提議除去困難之法。若時間不足，則設法於課後或星期六引學生出行。在鄉村小鎮之學校，欲爲野外觀察，爲採集標本以供研究生物地理之用，固毫無困難。卽對於研究物理，化學，如欲參觀機廠，燒窯，食物以及水廠，電廠，印刷廠之小而較近者，亦爲輕而易舉之事。且在此等環境，天然現象，隨處可尋。例如田園，樹木，平原，鐵道，高山，流水，皆移步可達。其活動現象，例如山石剝蝕，川流侵奪，草木向榮，則固在學校門徑之旁，觸目皆是。雖鄉村僻邑，工廠不多，而

本地工業，固宜早加視察也。作者曾見有數學校位置於地質變化現象甚多之地，及問科學教師曾否作此等野外觀察，則或對以時間不足，或稱有趣之點不多。除書本外，學生竟未曾一爲其他工作，此則教師能力不足，未能善運用其課程之過也。

若在大城市中，則固有實在之困難。城市中之學校，辦事人與教師雖乏守舊者。惟旅行則諸多不便。欲至田野，每須乘長途街車，耗時既多，而用費又每非貧家子弟所易籌。惟此等小費，不宜過吝。學生之勤者，每能於課餘工作以賺此費，或則由合班遊藝，以籌經費。若云時間不足，學生即在星期六及課後，亦有學習音樂不能遠出者；但此等情形究屬少數，不當因少數之不便，奪去大多數之機會。若云地點難尋，則大城市中亦有公園隙地，花園，工場，離校不遠。即較遠者，亦不過半日之程。若云攜帶學生入大工廠，每多阻力，不知各校長與教師，能與工業界略有聯絡，或由宗教與學術，或由政治及社交的關係以爲媒介，則得參觀之允准，亦固非難事也。

由此觀之，雖云困難繁多，而每種科學皆可使具有野外觀察時間。令大多數學生得以參與。其在學校之小者，與參觀地點較近者，則短時參觀，即可於雙時之實驗

時間舉行。其長時參觀則於實驗時間更加課後時間以舉行之。且須要求全班學生參與焉。

旅行宜如何指導 以下所提數項，乃由作者及其餘曾指導及帶領旅行者之經驗得來。教師採之，或有益也。

(1) 旅行人數至多不當過二十五或三十五人，以便教師易於照料。教師之富於經驗者，或能照料更多之人數，惟無經驗者，其數不當逾二十。

(2) 教師對於所欲旅行地點，其交通之路程，與所欲觀察之物，皆當完全熟悉。

(3) 觀察之所當特別注意者，為現象與教室中所曾討論之問題有特別關係者。

(4) 參觀課程必先有一種計劃。當實地參觀時，教師必督責學生一依此計劃進行。

(5) 每人須發油印講義，內有問題，以便觀察時回想；有指導及提議之點，以便觀察、紀載，及採集公私標本，皆能得力。此等講義，宜於旅行前一二日發出，

其功用等於實驗室用之實驗講義也。

(6) 旅行之前一日，教師應在教室講解參觀須用之問題。凡學生能因觀察而解決之問題，教師不當爲之代答。但當使學生對於事物之所當查考者，規程之所當守者，及問題之性質與標本之種類，及其保護法，則當詳盡指點也。

(7) 當未到目的地時，學生在途中固可許其談笑樂羣，但求其不越範圍，正不妨多多益善。惟在目的地時，當觀察研究紀載進行之時，則每人俱應勤務工作，如在實驗室然，不可爲無謂之談話。教師當指點學生，就其機會，求得智識，并嚴自節制。如有不能自治者，教師必當節制之。蓋將求學之機會，變爲紛亂之遊談，此事必不可容也。教師能節制有效者，必須於青年天性能抱同情，且和藹可親，言語得趣，堅定而善謀。此等性質及品格爲辦學者所不可少。苟無之者，卽不適宜於教授。

(8) 大城市之中學，一班之人數頗多，則參觀時非有組織不可。其法爲分學生

十五人至二十五人爲一組，每組由一教師引導與負責。他科學之教師，每可合作互助。更佳之法，則爲分隊。每隊推一學生爲長。各隊以求多得事實與理解互相競勝。如是則學生有團結而易於照應。每隊可有各色徽記，且取科學發明家之名以爲隊名。教師更可攜帶吹叫之器，以便在廣闊之地號召；用廓音器以便在曠野講解。

學生之特別聰明，勤幹，而抱有興趣者，可鼓勵其多爲觀察，及採集其個人之標本。然後命其向全班講解表示。如是則可增進熱心，而良善學生，得益更多矣。又教師於事前先爲個人之參觀旅行時，若能邀請高才學生同去，則此等學生對於教師能爲極有價值之輔助。作者自身及多數學生，皆多得益於此。其餘教師之得此結果者，亦證據繁多也。

(9) 旅行後之課室討論，必將問題及觀察所得之有關於問題者，加以徹底之討論。且將其智識與結論，加以組織。如是則討論之後，必得有一定之智識，與一定之暫時或永久的結論矣。

【溫習】 雖吾書以前所論者，每注重於問題方法之學習。然讀者不可但安於行問題方法。凡研究科學欲得才力者，必須熟悉其內容。用問題方法，雖能使科學之原理，觀念，易於了解；及應用時易於憶起。惟大部智識，仍皆不久忘卻。故須時時重習，以補遺忘。溫習者即將從前束縛未固之物，加以永定也。依教育之經驗，與心理之實驗，知學習之後，再加以溫習，其法先密後疎，較諸用複習手續，欲一次永久記憶者，其用力省而成功多。故溫習久爲人所重視的習慣。命人將每前章之要點與概論，在一定時期後，加以記憶與重習，誠爲有理之舉也。近世之學說，與良教師之意見皆相吻合，而視溫習爲必需。

夫每週，每月，每期，每年溫習之習慣，仍可守之勿棄。惟溫習之次數，依課程所討論之問題而分，不依時日而分，似更爲得宜。且欲增溫習之效率，則不應多費時間，以溫習事項之易於記憶者，及時常應用，多次見及者。惟應選擇其極須重習者，每隔一長遠時間，卽練習一次，直待需用之時，能回憶而無誤焉。

溫習課程之效用 溫習課程有二種效用：（一）尋出事物之半忘或全忘，必須

加以複習者。(二)布置一種情形，使學生喜於複習。教師之爲溫習計劃者，每不能多注意於此二點。其普通錯誤，卽爲將所曾習者，依前教授之次序，盡數加以一問一答之溫習。其結果爲呆板而缺乏興趣，每不能達其所欲得之目的。蓋學習皆尙興趣，溫習亦然。蓋回憶之舉，能生滿意，則將來能繼續回憶。若生不着意與不快意之感，則將來將不生此反應，而生他反應矣。欲使溫習有興趣而得益，約有數法，今述之如下。

**分題溫習法** 凡教室討論，實驗課程，以及各種指示教授方法，俱貴能組織，使成統系，吾已屢述之矣。課程中之定義及原理，能不時爲之作一大綱及總述，使成符號化，與不時溫習之理正相同。且變成統系與溫習之手續，當同時進行者也。分題溫習之法，卽爲此意。命學生將其前週所習者，爲一較詳細之大綱；前月所習者，爲較略之大綱；一年所習者，爲更略之大綱。所包括者，但爲原理，定律與定義。在教室於是加以討論及改良。大綱所載者，不必俱加以討論。惟一次所討論者，當與前此所論者相銜接。一人先將其綱要節目，寫於粉板之上。然後教師對於節目，應用，原理，觀念等，加以考問。且當一學生寫粉板時，他學生卽將該學生所已寫者，或未寫者，加以發揮與

考問。其餘學生，同時俱有查問修改之責任。蓋學生之發問愈多，則精神愈佳，進行愈趣，使學生有競爭之興味，如競爭遊戲之具熱心焉。對於問之佳者多者，與以得勝之表示，問之少者及無關係者，與以失敗之表示，皆鼓勵之道也。

分題組織法之示例 溫習組織法，可時加以改變，以增興趣。普通教科書組織之目的，即將事實、定律、觀念等，置諸於普通原理及分類之下。例如在物理中機械原理及應用，則置諸工作原理之下；關於液體之事實，則置諸巴士康及亞基米特原理之下。在化學中，則某原質之化合物，則置諸該原質之下。在地文學中，則各種地形及其有關之事實，皆分置諸山脈、平原、高原、湖水、河流之下。在動植物學，則各種動植物，皆置諸各族各類之下。或則依其解剖組織與生理過程而分類。惟教師及學生所當知者，即除此沿用之教科書組織法外，尚有他法之合於論理學者。且組織法愈多，則所討論者愈有趣味，且能增加判斷與解釋之能力，及記憶之效率。蓋聯合之方法既多，則從各種關係，皆易將某種事實或原理鉤引而起。故溫習除用普通分類法外，亦可用編年法，依發明遲早之次序，而加以討論；或用依經濟、社會分類法，以觀其在家



庭，市政，工廠等處有何效用。至於物理，化學，更可用問題溫習法，用各種原理以解決問題。將溫習之目的及方法，加以若是之移動，則學生之興趣既增，記憶之關鍵愈固，則智識能俾實用矣。

今試舉例明之，如溫習物理普通常用之法，如言及濕電池，熱電池，蓄電池，感應圈，發電機之類，則置諸電源之下。言及電位，電阻定律，歐姆定律，感應電流之定律，電解物通電之定律，則置諸電流定律之下。如言及電表，電位表，電流表，電能表等，則置諸量電法之下。然此等事實，正可置諸發明人名之下。例如以格爾文納 (Galvanna)，伏打 (Volta)，斯德真 (Sturgen)，法拉蒂 (Faraday)，亨利 (Henry)，馬克思威爾 (Maxwell)，海資 (Hertz)，愛狄孫 (Edison)，洛智 (Lodge) 等之研究為分題。或則以應用為分題。列舉電力之可應用於家庭者，例如門鈴，電燈，電話，電爐之類；然後推及電力在工廠之應用。或則以計算之問題，為溫習之大綱，以資學生之訓練。以此種多數不同之法溫習，其增加興趣，堅固記憶之效，豈不遠勝於舊有之法哉？

**默寫溫習法** 此法若用之得當，則教師與學生，皆可藉以檢查所習之物，孰者

已能記憶完善，孰者尙缺乏聯合有效。且易於實行及記分。例如舉下列問題，問學生用何種之簡單機械設備，能使（a）重箱移上車，（b）草捆移上樓，（c）劈木，（d）拉船至塢，（e）從井引桶，（f）壓蘋果取汁，（g）在子街舉大石，（h）稱巨雞，（i）轉大舟之舵等等，則一問之下，必有一答，以舉機械之名。教師於此可記一分。每一問之下，又有與之有關之理想及智識，若學生能列舉之，則教師又可分給分數。且各生可有不同之題，答後可命各生互看他人之答案，而互與分數。如是則有競爭取勝之心。每問題之下，每人又可舉關於此種布置之物理定律舉例，對者又可給與分數。對於每問題，又可問如何則用力可減少至十分之一，及勝過阻力之法。答此問題又須引證各種關係事實，教師於此又可酌加分數。

尙有一種溫習法，於進行及記分，俱頗便利，且節省時間。惟行之之時，教師必須謹慎，對於每問，俱加以追求。否則學生每至但記名詞字句，而不求其意義。此法即爲教師與學生一單，內含多數名詞，或代表物，或代表見解，命學生於此名詞之下，或舉定義，或言其性質，形狀，用途，分布，產地等等，爲緊要而須記憶者。反而言之，或教師舉

定義，形狀，性質等等，而求學生舉其名詞，或其他特性。若此單所含之間甚多，令學生於同時起作答，於同時停止，則在此一定時間內，各人所對多寡，對否之數，即為其效率優劣之比例。學生因有此競爭與比較，則對於溫習，當更為踴躍。且各人每次皆將求增加其效率。此種方法，與心理實驗所謂節制的聯合，及舉出一對之聯合者，其用意頗相似，皆極能使人對於事物，加以注意及記憶也。

**聯合測驗溫習法** 所謂節制聯合測驗法者 (controlled association test)，稍為改變，即可應用於溫習。教師舉一物，學生即將有聯合之物作答。今略舉數例，教師大可變通應用也。今以 S 代表教師所舉者，R 代表學生所答者。

(1) S. 某事物之類名 R. (a) 此類中之各個事物，(b) 其定義，(c) 其性質，  
形狀分布等等。

(2) S. 舉某定律 R. (a) 敘述此定律，(b) 此定律之應用。

(3) S. 舉一某特別事物 R. (a) 舉其所屬之類名，(b) 此類之定義。

(4) S. 令學生見一物 R. (a) 舉其名，(b) 其類，(c) 與之同類之他種事物。

(5) S. 宣布一問題 R. 舉關於解決此問題之定律及原理。

(6) S. 宣布一事實 R. 舉定律及原理之解說此事實者。

(7) S. 敘述一原理 R. (a) 舉所以承認此原理之證據, (b) 舉屬於此原理

之事實, (c) 用抽繹法指明此原理何以能推用於該事實。

溫習比賽 學校中每有比賽拼字之舉, 將班中學生, 分爲兩組。先舉一字, 命甲組拼音, 次舉他字, 命乙組拼音。以次類推, 觀其拼音錯誤之數目, 以定何組之勝負。此法可應用於溫習課程, 以增其興趣。其法先選學生使兩組分配均勻, 乃以單數問題問甲組學生, 以雙數問題問乙組學生。無論能否答應無誤, 皆依次進行。惟在拼字比賽時, 凡人誤拼一字者, 每不許再拼。惟溫習課程則不宜如此。因誤答之人, 乃極須溫習之人, 更當多問也。此法不宜於分題溫習, 蓋每問之材料, 必求清楚簡單, 使學生能爲確當及直接之答覆者。默寫溫習法所用之問題, 或較爲適用。惟問題之特別爲此比賽所預備者, 油印完好, 發給學生, 最爲相宜。

【口試法】 在教室中討論一問題, 每須口頭考問, 使學生將其所已知而未細

思之事實，清楚提出，加以考驗與證實。此種方法如用之得當，每能將有意義之事實，特別提醒。於是能解決清楚，驅除疑竇，對於結論，愈能加以堅信。且強迫學生，使之考慮其意見之根據，檢查其思想過程之論理；乃能免去不正當之揣度，匆促之歸納，與誤謬之抽繹也。教師發問宜速，惟不可過速，使學生應接不暇。每學生應與以若干時間，以思索每問之答案。有經驗之教師，當知節制之法。若時間不足，則學生因不及詳悟問題之意義，或至失望與生厭，若時間太多，則失去刺激與逼壓之效力，而學生反失去注意。故判斷每問應與以若干時間，教師當以經驗所得，加以斟酌。大概發問過速之弊，反不如發問過緩之大。蓋發問急速，學生不久即得急智應變之習慣，若過緩，則學生亦每喜消耗時間，不肯活潑猛進，遂不能節制着實與急速之思想矣。

凡學生之爲匆促的歸納者，即當阻止之，使之對於所觀察的事實，及前所設立的理論，更加以思慮。凡學生之爲不謹慎的抽繹者，則當使之反想其所取之步驟，是否無誤。

口試之結果，當爲建設的，而非破壞的。如進行不當，每能使學生失望，以至消除

其有價值思想之自信力。此事女童較男童尤然。如進行得當，則學生對於天然定律之純一，更加以堅信，而對於己之能判斷事實，採取推論，及提起結論，皆能加以自信矣。經過此嚴密檢查之後，則無論其所舉說者成功與失敗，彼皆能見其所立說之根據，曾加以評判的考查；謬誤之意見，已加以驅除；而最後所得之結論，乃立於穩固之地位也。能使學生互相發問，考查，以教師之指導，各人依次發問及作答，偶一爲之，亦一良善之計劃也。

當溫習之時，如學生所答者，爲一名詞，或一定義，或一定律，原理等等，則教師當考查其對於此等名詞，定義，定律，原理等之內容，其心中是否有準確之觀念。在此等情形時，教師若與以相當之急速發問，則學生之弱點，不難立見。弱點既見，則修正有方矣。

【科學教師所需之時間與機會】 凡對於學校課程情形稍爲熟悉者，皆知科學教師，如欲其對於每日課程，皆能澈底加以計劃，加以科學的組織，以冀學生得益，如本章所述者，必已極爲忙迫，時不暇給。辦理學校者，聘請科學教師，不但當求其有

訓練，能勝任勤敏熱心之人，且必與以充分之時間與機會，使之得管理，布置，與製作一切儀器，且閱看稿本與筆記。若學校自命為教法優良者，每科學教師每日所授者，平均不得超四小時。每班所授學生之人數，不得超三十人。若教師須授五小時，即不能希望其對於學生有良善之工作。若教授六小時，則其所授者必至劣無比。而學生所得者，不過為科學之糠粃，欲其得真實之訓練，必不可得。守舊之學校行政人員，每以為教師除在上課時間外，即不為何等工作。此等觀念，急須除去。在科學教師本身，亦當設法使辦學者明瞭此點。且遇有以過多之課程相邀，以至時間不足，不能為良好之科學教授者，即當拒絕不就也。

#### 關於第九章可研究之問題

(1) 選擇一可以用講演法講解之材料，表明何以對於此問題，用講演法較勝於他方法。

(2) 對於上講演題試作一計劃，表明應用何實驗，何種預備及標本，以解說之。

(3) 對於本章所述之講演技術所舉之十條，指明其如何依心理學言，乃為適

當。

- (4) 參觀盧梭所著之 *Emile* 而批評其提議。汝對於 *Holman* 書中所言之 *Pestalozzi* 的教授地理方法，有何意見？
- (5) 對於教授中學科學可參觀之地點，試爲開列一單，并言自每地點可得若干好智識。
- (6) 對於本章所敘之各種溫習方法，俱加以批評。

REFERENCES 參考

- Cooke Josiah P.: *The New Chemistry*, Appleton, N. Y., 1891, 17 + 400 pp., \$1.00.
- Faraday, M.: *The Chemical History of a Candle*, Ed. by William Crookes, Harpers, N. Y., 1903, 223 pp., 75 cents.
- Helmholtz, H. L. F. von: *Popular Scientific Lectures*, Longmans, N. Y., 1891, 397 pp., 15 cents.
- Holman, Henry: *Pestalozzi, An Account of His Life and Work*, Longmans, N. Y., 1908, \$1.10.
- James, William: *Principles of Psychology*, Holt, N. Y., 1905, 2 vols., \$5.00.
- Thompson, Sylvanus P.: *Light, Visible and Invisible*, MacMillan, N. Y., 1903, 283 pp., 2d Ed., 1910, \$2.00.



- Michelson, A. A.: *Light Waves and Their Uses*, University of Chicago Press, 1903, 166 pp., \$1.50
- Rousseau, J. J.: *Émile*, E. P. Dutton, N. Y., 1911, 444 pp., 70 cents.
- Ruskin, John: *Ethics of the Dust*, Dutton, 1908, 244 pp., 70 cents.
- Thorndike, E. L.: *The Psychology of Learning*, Teachers College, Columbia University, N. Y., 1913, 312 pp., \$2.50 (Vol. II of *His Educational Psychology* in 3 vols.)
- Thorndike, E. L.: *The Principles of Teaching*, A. G. Seiler, N. Y., 1906, 12 + 293 pp., \$1.25.
- Tyndall, John: *On Sound*, Appleton, N. Y., 1891, 420 pp., \$2.00.
- Tyndall, John: *Six Lectures on Light*, Appleton, N. Y., 1893, 272 pp., 15 cents.
- Tyndall, John: *The Forms of Water*, Appleton, N. Y., 1892, 169 pp., \$1.50.
- Wright, Lewis: *Light*, MacMillan, N. Y., 1882, 376 pp., \$2.00.

## 第十章 科學教授之設備

【教室】在大城市之中學校選讀一種科學之人，每多至數組。故對於一種科學，必須有教室，或數教室。在較小之學校，或鄉村學校，每但有一二教室，為各種科學之公用。若超過此數，即為彼經濟所不能任。又在多數之良好城市中學校中，其房室，器具，儀器之設備，每已合於理想的；而在經濟困難之學校中，又復屋室逼窄，設備寥

寥。在此二者之中，每有通容之點。例如教授動植物學與地理學，每可用普通教室，加以相當之布置，即成實驗室。至於物理與化學，如人數不多，亦可用一室，爲此二科學討論及實驗之地點。一極困難之點，即爲化學品之猛烈煙霧，每易毀壞物理儀器，故物理儀器，必須另貯一室。惟儀器貯藏之處與應用之處，必須距離甚近，方有效率。故以上所舉另貯之事，殊不能行之有效。

在較小之學校，於是有除去化學，而專授物理，生物，及地理者；或有授物理而兼及農學者，其中包括生理與地理之材料頗多。此舉極爲普通，且亦不得稱爲不智。因行此課程，則大教室之旁如有一大不亞於二十尺乘十二尺之儀器貯藏室兼修理室，即可用爲教授所有科學課程之教室與實驗室矣。

在較大學校，對於科學教室應有之布置，即爲應包括實驗室，教室，用品室，暗室，教師辦公室，及每科學之工場。若科學之教室俱相鄰近，則一工場與暗室，每可爲各科學之公用。惟此事必須教師人數不多，學生亦少者，方可。又有較大之室，則一室可兼爲辦公處，用品室，修理室之用。然欲保存得當，休養精神，皆宜分而不宜合。凡學

校之有工場以教手工者，修理儀器之事，每可於彼處行之。惟學生衆多之實驗室，斷不可無附近之小工場，以爲製造玻璃，裝置及鐸着器具之用。

房室之位置 物理實驗每須用直接之日光，或用日光以射影燈，故物理教室，必須在建築之東南隅，而多南窗。東牆至少有一孔，以爲日燈之用。至於動植物學之教室，則當在建築之北邊，以受北方之天光，爲照射顯微鏡之用。蓋直接日光，卽隔以白色帘布，亦不宜於察看顯微鏡之用。植物學室，以在東北隅爲相宜，庶有東窗與北窗。東窗可引清晨日光，以爲培養植物，研究生長之用；而北方日光則可用於顯微鏡。其餘科學教室，亦應靠南得光，尤以地理學爲然。

近世之大學校建築，每一層中，俱有一二大自修室，以便學生於無論何時間，如無問答，實驗，體操，工場等課程時，皆可以在此室自修。此法較諸近日普通常用之法爲佳。此等常用之法有二。一爲但用一自修室以容多人，二爲將各課堂之後部爲自修室，而前部仍有學生上課。若依近世建築，每層有自修室之布置，則可將課程妥爲排列，使學生上課之處與自修之處，俱在一層，或最遠不過兩層，則上下奔走之時間，

皆可節省矣。蓋學生之時間當爲之寶貴；學生身體之休養，亦當加以相當之注意；尤以女生爲然。故辦學者對於課程排列，建築內之布置，不可不慎爲計劃也。

對於布置之計劃，又不可不斟酌通融之點。例如化學實驗室爲毒氣發生之源，因此種氣體較空氣輕者爲多；無論其通風方法如何完美，總有在建築中上升者。觀於此點，則化學實驗室似宜在最上層。但置化學室於下層，則水管等費卻因以較省。又如物理實驗室中多精密細巧之儀器，若置諸最低一層，則較爲穩固，如測電表等，皆不受震動之害。惟光線則在低層或不充足，當思補救。且因種種原因，物理與化學當共在一層。動物與植物室，亦當互相鄰近，如培養室在房頂，則植物室亦當附近房頂也。

如欲關於此等需要，及學生上課與自修室之距離，皆欲加以調和與節制，科學教師與校長，必加以細心之討論與布置。若學校建築但有二層，或雖有多層，而能加以升降機之設備，或化學室有特別用電機轉動之通風器，則問題遂較簡單而易解決矣。

教室之容量 教室之容量，當以學生之人數，與教務計劃何如爲斷。例如安置工作檯，講演檯，儀器廚，黑板，通風廚，門窗等等，俱須佔一最低而不可減之地面。一教室之用，以容三十學生者，自當較用以容二十四學生者爲大。教室之兼充實驗室者，自當倍教室之但充課堂或實驗室者。如一教室兼充課堂與實驗室，且欲容二十四學生，則其最低容量，爲寬三十二尺，長三十六尺。若能增其量至三十六尺乘四十尺，則儀器廚，用品檯及其他室內應有之物，皆可位置，大可增加工作之效率與安適矣。如是則室內可容實驗檯二排，每排檯三個，每個寬三尺，長六尺，佔據室之後半部。前半部則可有坐椅三排，每排八座，及講演檯一個，長十八尺，寬二尺半。凡實驗檯之用，以供四個學生之用者，則長六尺與寬三尺，爲最低之限度。牆離實驗檯與講演檯必留四尺之餘地。如靠牆有廚架，器具及其他裝置時，此四尺餘地，仍當設法保留。室之前後皆可開門以備交通。較小學校將課堂與實驗室合併，固有便利之點，然在較大學校，將課堂與實驗室相分而仍相近，則其便利更多。且課堂可造成階級式，後排之坐位較前排俱約高四寸至六寸。於是在後排之人，其視線在前排人之頭上，講演檯

上之物，乃瞭然可見。至對於光線，必求其自學生之左射入，或自左及後射入。教室與實驗室相分，尙有一優點，卽室內可容儀器之裝置與排列，而室仍不覺狹窄。且儀器與實驗之地點既近，則混亂與多耗時間之弊，皆可免去也。

### 【科學教室之計劃】

如先有房室，然後加以布置，以求其合於教授科學之用，則設備時必遷就房室，以求適合，於是發生許多困難而難滿意。凡爲布置實驗室之計劃，無論先有房室，或尙未建築，最佳之法，卽爲先決定在該實驗室內應有何種工作，此工作應有何種傢具與裝置，然後計算地平與牆壁應有之面積，於是試爲種種之布置，以求一最便當之排布法。爲此進行時，可將硬紙片依比例尺剪成實驗檯或廚架等等形狀，在房屋圖中，轉移配合，以求合式。房屋圖之比例，當然與紙片之比例相合。凡建築新中學校舍，當其計劃進行時，學校之建築技師，卽當與校長及科學教師會談，對於科學室之容量，性質，及地點，徵集意見，科學教師卽以其經驗與學識所得之最佳思想相告。凡因未注意此點，以至失敗者，其例甚多。科學教師每將其事務進行困難之故，歸咎於房屋中之計劃與地點不能合教授之需要，不知教師若不能

將其計劃與感想貢獻於辦事人及建築家，則其不熱心與遲鈍之責，固無旁貸也。蓋建築技師欲造成一最合用之房屋，無不喜得校長與科學教師之顧問。如教師見識豐富者，對於與其本身有關之房屋，不能出贊一辭，則其膽小偷閑之程度，亦正可觀耳。

科學教師對於新建築，先決定其須用之教室，以何地點為最宜。決定之時，以前節所述之原理為依歸。於是計劃室內器具裝置之排列，然後將其餘房室作圖於四周焉。此等圖稿交付建築技師時，即將其緊要內容詳細解說。建築技師將其緊要各點加入於普通計劃之中，總求其不相違背。待建築技師之預備計劃已畢，復當與科學教師磋商，如有利益衝突之點，又當妥為酌改。若依此計劃進行，結果無不極為滿意。如本校科學教師於建築計劃，因經驗缺乏之故，不能多所贊助，則該校之監理人，當顧問鄰近城市學校科學教師之富於經驗者，而報以酬金。蓋顧問得宜，則所得之多，不啻十倍於所費也。

教室之光線——窗牖 依近世建築之標準，室內之光線，須自左手入。若室在

建築之四隅者，則光可從左及後入。窗之玻璃透光面積，約當全室地平面積四分之一。窗牖之頂，離天平板不可多於一尺。凡學生在室內某部須為離眼甚近之工作者，此地點離窗之距離，不可大於窗長之二倍。在近世之最佳建築，每將多數窗牖，聚集於一大框樁之中；窗內窗外之檻柱，檯面，俱作傾斜之角度，以冀與光無阻。即校舍之地點，亦必離他校舍及山陂較遠。在樓之無論第幾層，凡可阻礙光線之物，其離窗之距離，斷不可少於窗高之二倍。如在一房室中，用普通之目力在十五寸之距離不能察目力試驗牌上所載之金剛式之第一號字，則此室內之光線為不足。室內光線之最低限度，以光學測驗言，當為三十燭光密達。約略言之，即將三十二燭光之燈，置諸三尺餘之距離所得的光線也。以上所列之標準，無論何實驗室，皆當大致相合。

凡實驗室窗牖之直接受日光者，應加以彈簧自捲遮簾之設備。其材料為半透明者，其顏色為白為淡灰，或為淡黃者。此種遮簾用小滑車懸諸窗架之上，其長短廣闊，可伸縮節制。販賣學校用品之商店，對於此類物之供給頗多佳者。

用影燈之遮簾 物理教室及其他房室，有時用影燈或日燈，則窗上須用雙層



黑暗之遮簾，或珞瑯布之簾。此種遮簾懸於窗頂之彈簧捲軸，惟其邊與窗架相接觸之處，其所掩蓋之地，至少必三寸餘。且簾須在刻溝之內推移。此溝之深，又須一寸之四分之一。如是，則當空氣流動時，不至使簾有縫以漏日光。故演用影燈之室，其窗架當於新建築計劃時，即加以特別預備。雖在舊窗架之上，有時可加木柱與槽溝，以為安置遮簾之用，但進行殊多困難，故凡能於建築未完全以前設備者，斷不宜延至以後改作也。

電光 除日光外，教室每須人造光線，故此種設備，亦不可不周。學校每因吝嗇與大意之故，使多數兒童目光損壞。近日醫學家與社會家皆嚴加以指摘，其責備固誠得當也。最佳之光源，為近世所用之鎢絲燈，并何樂芬(Holophane)式之返光燈罩，以分散光線，使之合宜。目下大旅館及公共圖書館，每用分散反射之法，使電光自天平板下射，其結果與天然日光相同。如教室與實驗室能用此法，固屬合於理想的，惟較諸用多數小電光，既屬成本昂貴，且衛生專家，亦不以全用反射為然。故反射法將來未必便能廣為推行。所望者，凡學校之以兒童幸福為前提，其財力充足者，漸能合

用反射電光與直接電光之優點，定一統系，以便推行也。以直接電光而論，欲光線充足，在一個四人公用的實驗檯之上，當有五十或六十燭光之燈一盞，或三十二燭光之燈兩盞；講演檯與黑板之上，皆須有燈一排，附以反光燈罩；掛圖之上亦然；講演檯上更宜備能移動之燈，以備教師之用；儀器貯藏之廚架，凡普通光線不足之點，其上皆宜設特別燈。凡燈之爲特別及暫用者，皆應有特別火門，以便自由開關，不至影響全部。蓋有此等設備，雖裝置時用費較多，但所節省之電流，則殊不少也。

其餘人造光 除電光外，最佳之人造光，卽爲白熱煤氣燈，其上亦加以何樂芬式燈罩。惟在鄉村學校，電廠氣廠皆付缺如，則不能不用白熱之汽油燈，亞西臺林燈，及煤油燈焉。此種學校應有自備之揮發油氣廠，惟有之者殊少。至於如何分布光線，使得最高之效率，乃爲緊要之問題。如遇有此等困難問題，教師當依據上節所列之標準，以學生之衛生爲前提，力求學校設一良善之廠，以冀克合乎標準焉。

【實驗用之電流】 當學校爲電燈之設備時，卽當置相宜之電線，電鍵，及孔隙，以爲實驗時供給電流之用。在城市之學校，易遇電學專家，科學教師卽當顧問，以便

解決電光，電流分布問題，使之效率增進。若不加特別注意，但委諸建築技師，及承造公司之手，則依樣葫蘆，必不能解決滿意也。

【水與燃燒氣體】 學校教室除應有取暖，通風，取光等設備外，科學教室應有流水與燃燒氣體之供給。凡洗滌儀器，燒熱物體，水，氣二項，斷不可缺。物理實驗室內之燃燒氣體，化學室內之水及燃燒氣體，俱須在每實驗檯上裝置。至於電流，雖非每實驗檯必須，然亦以有為佳。在生物與地理實驗室，每實驗檯無水，電，煤氣之必要，惟在講演檯及各需要之點，則亦必安設氣管與水槽焉。

【學生用檯】 學生用檯，其表面之最低限度，為三十六寸及十八寸之互乘。在地理教室，檯上每須置地圖，則宜較闊，故以寬四尺為最宜。生物學所用之實驗檯，其檯面作二等邊之梯形式者，有許多優點。如是，則可將其較寬之一邊向窗安置，對於光之分配，較為均勻。此種實驗檯其長為九尺或十尺；其兩端之長一為二尺半，一為四尺半；則每檯可容七學生。若有四檯，則同時可容二十八人矣。用此種實驗檯，則室內之地平面積，較用寬三尺長六尺之實驗檯者，當稍長而狹。若此室之面積為四十

尺乘二十四尺，則非但可容此種實驗檯，即講演檯，雜用檯，用品檯，皆得安置之地。

實驗檯之爲物理及地理學所用者，不必有抽屜。且以作者之經驗與觀察，有之反多不便。對於生物用之梯形實驗檯，抽斗亦不相宜。至於化學實驗檯，則決不可無抽屜。生物教師亦多喜用有抽屜之長方實驗檯。實驗檯之構造，以最簡單者爲最佳。材料用經充分乾製之木料。檯之四足或直，或其下稍瘦。圍欄之厚薄，當與桌之大小相襯。檯面宜用硬松木或楓木，厚當在一寸半以上。檯面不宜於漆或推光，而宜以蠟熨入。化學用之檯面，以亞般林(alberine)石爲最佳，惜其價較貴耳。

爲物理及化學實驗之人，每須直立。其檯之高當爲三尺一寸或二寸，以普通人之高度爲依歸。至於比普通檯較高或較低者，亦可備一二個，以爲長矮出衆之人所用，若實驗檯之工作可坐而行之者，則其高可依人之高低，可定爲二十七寸至三十寸焉。

【講演檯】 在各種科學教室，必須有一較大之講演檯，其上安置水槽，冷水管，熱水管，氣管及電線等等。實驗室內亦宜有相同之檯，以備有時講演與放置用品之

用。此檯之寬爲二尺或二尺半，高爲三尺或三尺半，而長則爲十二尺至二十尺。普通中學校所用之實驗檯，大概過低與過短且過寬，蓋過低則立用之者背彎不適，最適宜之高度，以及腰腹爲準。過短之實驗檯，其不便之點殊多。蓋其上既須安置水槽，書籍，卷紙，講演用之儀器。且教師之喜爲具體講演者，其所用之器具必更多，又宜依序安放，而中間仍須稍留餘地。故檯之長度不足，則消費時間，破壞儀器，遮掩光線等弊皆必發生。惟檯長若過十二尺，則應分左右兩部，中留隙地約二尺餘，以木板相連，一端釘以鉸鏈，他端支以活鍵。如教師欲自檯後行至教室中央，不必繞端前進，但須移動檯上之物，拔鍵使板下垂，即可前進矣。

講演檯之下須多設抽屜，鎖櫃，以置各種常用之物件，例如木栓，鑽孔器，玻璃管，橡皮管，三角錐，夾鉗，玻璃棒，木架，木塊等等。此種抽屜不宜過大過深，深大反至抽動不便；且宜離地稍高，須在數寸以上；且每隻下有隔板，以免灰塵飛入。凡檯與櫃之有足者，其足之高，至少當爲六寸，以便易於掃除。否則當與牆及地平板緊緊相接，以防塵之侵入。此點與衛生及潔淨極爲有關，惜木匠及製器者每不注意也。檯面所佔之

地，宜較廣於檯足所佔者，以便教師與學生站立時腳有所息，否則殊多不便。學生實驗檯與講演檯，各販賣儀器之商店多有特製備用者，向之購置，或較便利，且其價或較自造者為廉焉。

【儀器廚】 裝置物理儀器之廚，其深約十八寸，內有可移動之板，架前有玻璃門，玻璃門有一部，須為不透明者，以安置儀器之不宜於日光者。門宜雙扇，有彈簧鎖。在狹窄之地，亦可用推門。凡門之四周皆須襯以薄氈，使塵不入。

除物理儀器外，凡廚之以裝置他種儀器者，其深不必逾十寸或十二寸，然亦應有活動之架板。博物院所用之廚，內須置多數之小紙盒，內放動植礦之小標本，故其架每作斜面之形，且須安置得宜，以備多受光線。但不用紙匣而用小抽屜，不陳列時則納諸廚中，於陳列時則取出排列，則既可節省面積，且可貯藏得當，而此等抽屜，又可為收藏小儀器之用，其自前至後，長以十二寸至十八寸為合宜，深寬可因時制宜。抽屜之以盛植物標本，及地理與地質圖者，其前面之板，可釘以鉸鏈，用時將此板放下，即可取裝於夾紙內之某植物標本或地圖，而不須移去上層之地圖或標本。

焉。

【置地圖及掛圖之廚】 美國賣地圖者，每將地圖用彈簧捲軸裝置，置於特製之廚內。此種設備，不得謂之甚善。蓋因其構造單薄，灰塵易入，用時取出，亦殊不易。且地圖之大者，皆須用彈簧捲軸，其價太昂。最佳之法，似但須用普通捲軸。圖之一端，有長方油布一條，黏於其上，當圖捲起時，卽可以布包，使塵不入。貯圖之箱，亦宜特別製造，使塵不染。其式高約六尺，寬亦約六尺，以能受最寬之圖爲度。前有玻璃門，廚內不用隔板，而用鐵片。鐵片後端彎成直角，以螺釘釘於廚之後壁，前端較高，使圖不至滾下。鐵片之距離，橫計相去約十八寸，直計相去約六寸。每軸圖之端，俱有題簽，然後依分類之次序，置諸架上。如此，則一目了然，選取極便矣。

【表示掛圖用之活索架】 當掛圖在講堂應用時，必須設法使之易於懸起。其法須用活索架。此架以最簡單爲最善，可以直紋而曾受乾鍊之木板一片製成，長約五六尺，寬約三寸，厚約八分之五寸，在板之上邊，離兩端較近之地，各安設螺眼釘，及細鉤，以備貫粗棉索之用。此索既穿過板上之螺眼釘，然後穿過釘於壁上或天平板

之小活車。以手拉索，則板即上升或下降。當板既懸掛完好之後，當有木柱繫索，使不下墜。在板之下邊可多裝螺眼釘，依應用之便利以定距離之大小。當用掛圖時以鈎懸圖於釘眼，即可抽上。如圖軸之有彈簧者，則活索架上應有特別裝置，以承受此軸焉。

【畫圖與影片之貯藏法】 凡貯藏已裝好或未裝好之圖畫，以普通公事房所用之文牘順序插入箱為最宜。圖畫皆以硬紙夾好，旁黏題簽，垂於抽屜之旁。既妥為分類後，即用標錄卡片板，將其分開。當應用時，一檢即得。

普通販賣之箱，每有此種插入抽屜三個，及他抽屜四個，內可置寬六寸高四寸又四分之一之卡片板。此等抽屜以置圖畫及影燈片，皆極相宜。

【書廚】 各公司亦販賣可分離之小書廚，以為分科圖書館之用。此種書廚，可隨聚隨分，時常添置，且可貯藏他物，極為便利。

【射光影燈】 如學校不能有電光影燈及一日光影燈，則其設備不得謂之完全。燈之種類甚多，選擇之標準，依用途而定。依理想言，每一科系應有一種影燈，但主



持學校經濟者，每不肯爲此重複之設備。如是，則所購之影燈，當求其適於多數之應用，且此燈既須自一室遷至他室，則除當活動靈便外，必須質輕而固。普通教師對於機械及電學未必甚爲熟悉，故與其用複雜之自動燃燈者，不如用手進法之燃燈，則非但簡單，且亦價廉。

影燈極要緊之事，卽爲光源必宜有力，且自一點發出。凝光器必大而有效率；接物鏡當爲消色而優美者，能生平正而無色之光場。次要之物，卽爲光箱必緊密而不漏光；惟同時須有完美通風，急速輻射之效率，不致箱中過熱。安鏡臺必構造精良，庶凝光鏡，接物鏡，影片與光源，成一直線而得所謂光軸者，且須不受移動焉。至於節製燈火者，必有螺釘，以備集中光線，或移動上下左右之用，且可推前推後，使合乎凝光鏡之焦點。凡影燈之以備演示物理或化學之實驗者，則凝光鏡當較大，鏡臺當較長，以備在凝光鏡與接物鏡之間，在一光軸上，得置各種儀器與鏡。且各種實驗，皆欲其在此燈表演，則光軸之高，當在鏡臺上至少爲四寸半。若影燈所用者爲弧光，則電位之高，至少爲六十伏脫 (VOLTS)，光亮方足。且宜用直流，以免聲響。交流不若直流，惟較

諸他光源，則多優點也。

欲保護影燈之安全，則其通電之部，應有鎔解線，當電流之高將及三十安培兒，則此線即鎔解而燈息。普通弧光燈之電量，約爲九至十二安培兒，惟用以照射不透明體使其反射，則電流每須高至二十五安培兒，方能得佳結果。且影燈之鎔解線，其鎔解當易於室中所用之其餘鎔解線，以免火險。至於節制影燈之電流，一電阻器殆不可少。

近日新發明之馬查 (Mazda) 電燈泡，內裝有氣體與濃聚之燈條，極適用於影燈。管理者無須若何技巧，用費不多，不必用阻電器，而於通過交流電量時，能不發生聲音，皆其優點也。

如無電光可用，則可代用之光源，爲鈣光，酒精白熱燈罩光，及亞西台林光 (acetylene)。後二者較鈣光爲賤，且易管理，惟結果不若鈣光之佳。欲得大而且美之照圖，則影燈宜置諸室之後面，影簾置諸室之前面。惟所照之燈片不多，則置影燈於講演檯，而懸影簾於壁，亦極爲便利。故室之兩面，皆可裝置通電之電栓，以便隨意應用。支

影燈所用之架，或如攝影箱所用可伸縮之三腳架，或爲特製之固定架。燈之高度當與影簾中央之高度約略相等，則雖燈與簾之距離甚極，而圖亦不至有歪斜及焦點不準之弊。蓋以理論言，影簾與影片，當互相平行，且其中心，俱在一光軸之上。故如影燈須向上稍斜，則影簾亦須以相同之角度稍斜，以保持其平行。凡欲能運用影燈不生乖誤者，其人必須得有經驗與學識。惟教師之欲工於教授科學課程者，應有此等能力。若尙未有，即當急向能者學習。討論影燈之良善書籍，有陶比兒 (Dolbear) 教授之影燈技術，及魯意賴脫 (Lewis Wright) 之光學影燈二書，與各公司之儀器目錄焉。

如時常能得強健之日光，則日光影燈較他燈爲佳，且易管馭。雖鏡之種類相同，而價則較他燈爲賤。在以上所述二書中對於日光影燈，亦討論頗詳。

【儀器之購置】如欲說明如何購置科學儀器，以爲近世中學校之用，則須著述專書，以詳其節目。余甚望將來有幹鍊之人起而著此書，以供教師之用。今但略舉原理數條如下：

(1) 教師對於其所授之課程，必須計劃周密，然後決定將用何種儀器，以輔其教授若干人數學生之進行。如購置儀器，而不知將如何應用及如何分配，則徒費金錢與空佔地位而已。

(2) 如能先調查經濟狀況，然後購置，較諸急於一次設備為妥，可免錯誤與大意之弊。

(3) 教師須調查何販賣所為最可靠，而與之接洽。凡販賣所之紹介人向學校管理部兜攬生意，而不與教師磋商者，即不無可疑之處。凡公司之特別減價，以冀與同業競爭，或有全份出賣，或百元一套等名目者，皆不得不謂之用以欺不知如何購置之教師與學校。凡高等之儀器公司，每在科學雜誌，教理雜誌等出版物，登載廣告。教師之無經驗者，每可從此等廣告中尋出何公司名譽最佳，出品美而價亦不至於昂貴。

(4) 如購置免稅之進口貨，每可節費甚巨。惟當知何公司代辦此事，且數月以前，即須開購置清單云。

(5) 有數處學校，定選擇價廉購置之規則，故教師應搜求各公司之品價，以備選擇。惟索價最廉者，未必品件最優也。

(6) 科學教師遇有機會，即當往儀器廠參觀，不但可增興趣，且可因之熟悉情形焉。

(7) 物品亦有在本地購置極爲便利相宜者，例如原料，木料，金屬器具，工具及電件等等。

#### 關於第十章可研究之問題

(1) 對於汝之學校的科學教室宜如何重新改造？設爲一計劃。

(2) 若汝之中學校爲新建築之計劃時，汝當如何利用機會，輔助之進行，使之得當？

(3) 對於汝學校中之新建築，作一科學教室之計劃，必顧及應受限制之各點，就其現有之情形，爲最佳之設備。

(4) 關於實驗檯，儀器櫥之購置，汝宜如何進行，以尋出最經濟之法？比較自儀

器公司購買與本地製造之利弊。

(5) 汝所欲置備之器具，是否可在工讀合作之設計教育學校，令工藝班學生製成之？用此等設計法，該學徒等受何教育之利益？

(6) 向著名公司取得儀器目錄，作一報告，向汝學校管理人，言明本校應購備某種影燈，并舉其原因與價目之比較表。

(7) 宜如何利用影燈，使之極爲經濟？在汝報告中可言明此計劃。

(8) 對於本章關於購買儀器所舉之七條提議，試加以批評。

(9) 試往鄰近之中學校參觀其科學教室，然後作一報告，依本章所舉之原理，言其某種布置爲合法，某種布置失當，及某事必須改變，并列舉其原因。

(10) 試翻閱學校的數理雜誌所紀載及全國教育會之報告，觀其中如有關於科學教室計劃之文字，即摘錄之，并爲之註解。

REFERENCES 參考

The American School Board Journal, Milwaukee, Wis. 此雜誌載關於新式學校建築之文字多篇，且有計劃圖形等可參看其目錄。

Ayers, L. S. and Ayers, May: *School Building and Equipment*, Cleve. Ed., Survey Reports, Cleveland Foundation, Ohio 1916, 25 cts

Briggs, W. R.: *Modern American School Buildings*, Wiley, N. Y., 1899, \$4.00.

Bruce William, C.: *Leading American School Buildings*, *The American School Board Journal*, Publisher, Milwaukee, Wis., Illus.

Burnham, W. H.: *The Ideal School House*, *World's Work*, Vol. II, pp. 566-571.

Clay, Felix: *Modern School Building*, Scribner's, N. Y., 1903, \$10.00.

Cohn, Dr. Hermann: *Hygiene of the Eye*, English translation, Seinking, Marshall & Co., London, 1886. 此書可稱標準書籍，關於學校衛生載紀其要點頗多，非美國他書所及。

Commission of Oculists and Electricians: *Report on Artificial Lighting and Color Schemes of School Building*, Boston School Committee Document, No. 14, 1907.

Dresslar, F. B.: *School Hygiene*, Bull. 1910, No. 5, U. S. Bureau of Education, Supt. of Doc., Washington, D. C., 133 pp., 75 cts.

Dresslar, F. B.: *School Hygiene*, MacMillan, N. Y., 1913, xi + 369 pp. Illus., \$1.25

Dresslar, F. B.: *American School House*, U. S. Bureau of Education, Bull. 1910, No. 5, 127 pp  
為極完備及極有價值之研究，其中圖畫頗多，且載關於學校建築及學校衛生之書目甚多，大可供普通閱讀。

- Farrington O. C.: The Educational Value of Museums, *Proc. Nat. Ed. Asso.*, 1902, pp. 765-771.
- Hollister, H. A.: Public School Buildings and Their Equipment, with Special Reference to High Schools, *Bull. Univ. of Illinois*, Urbana III, Vol. VI, No. 1, 1909.
- Hollister, H. A.: The Planning of Construction of School Buildings, *Bull. Univ. of Illinois*, Urbana, III, Vol. 14, No. 8, October 23, 1916, 70 pp., Illus.
- Itner, William B.: School Architecture, *Proc. Nat. Ed. Asso.*, 1912, pp. 1207-1222.
- Kotelmann, Ludwig, Tr. by Bergstoom, J. A., and Couradi, E. C. W., Bardeen, Syracuse, N. Y., 1899, 391 pp. Bibliog. \$1.50, Light in School Rooms, Chapter II, is especially valuable.
- Moore, Joseph Augustus: The School House, J. A. Moore, 28 Conway St., Roslindate, Boston, 1905, \$2.00.
- Rowe, S. H.: The Lighting of School Buildings, Longmans, N. Y., 1904, 94 pp., \$1.00.
- Shaw, Edward R.: School Hygiene, MacMillan, N. Y., 1901, 260 pp., \$1.00.
- Wheelwright, E. M.: School Architecture Roger & Mauson, Boston, 1901, 324 pp.
- Wheelwright, E. M.: The Essentials of School Building, American Architect, Vol. XXX, p. 28.
- Whitney, E. R.: Equipment of the Secondary School Laboratory, High School Bull., No. 7, The University of the State of New York, Albany, N. Y.



Wright Lewis: Optical Projection, Longmans, N. Y., 1901, vi + 425 pp., Illus. \$1.50.

科學儀器用品販賣者

The Alberine Stone Co., 223 E. 23d St., New York, and 306 Mercantile Library Bldg., Cincinnati,

Ohio 製 Alberine 石以作實驗檯面, 水槽, 架, 及通風櫥之用.

The Bausch & Lomb Optical Co., 405 St. Paul St., Rochester, N. Y. 顯微鏡, 影燈儀器, 化學及生物用品.

James G. Bidde & Co., 1211-1213 Arch St., Philadelphia, Pa. 高等儀器及物理測量器.

Biological Laboratory, Cold Spring Harbor, N. Y. 生物標本.

Brooklyn Biological Supply Co., Brooklyn, N. Y. 活標本及製成之標本.

The Cambridge Botanical Supply Co., 7 Lexington St., Waverly, Mass. 植物材料及用品.

The Central Scientific Co., 460 E. Ohio St., Chicago. 各種物理, 化學, 生物, 地理等用品與儀器.

Educational Department, International Harvester Co., Chicago. 關於地質與農業之圖畫及燈片,

可納費借出.

Eimer and Amend, New York. 美國產與他國產之藥品, 物理化學儀器, 顯微鏡及化學圖表.

E. A. Foote, Philadelphia, Pa. 礦物與巖石.

Geo. S. Gardner, 141 Clifton St., Rochester, N. Y., Gardner 季候儀器.

The Geographical Supply Bureau, 111 Kelvin Pl., Ithaca, N. Y. 地理學影燈片.

The Grand Rapids School Equipment Co., Grand Rapids, Mich. 實驗室檯及學校傢具.

Henry J. Green & Co., Brooklyn, N. Y. 美國標準氣象儀器, 氣壓表, 溫度表, 光學儀器.

The J. L. Hammelt Co., Boston, Mass. 地圖及學校用品.

Henry Heil & Co., 210-214 South 4th St., St. Louis, Mo. 化學藥品及用品.

Hopkins Seaside Laboratory, Stanford University, Cal. 活動及保存之水產標本.

E. E. Howell, Washington, D. C. (Howell's Microcosm.) 地理模型, 及影燈片及礦物巖石.

The Kewanee Mfg. Co., Kewanee, Wis. 實驗檯, 表演檯, 儀器櫥等.

L. E. Knott Apparatus Co., 79-83 Amherst St., Boston, Mass. 物理儀器, 影燈片, 化學用品, 生物

學及地理學用品.

Kny-Scheerer Co., 404 W. 27th, New York 各種科學儀器, 動植物生理模型, 博物館標本, 及生物

學活材料.

The Leeds & Northrup Co., 4921 Stenton Ave., Philadelphia 測電儀器.

Leitz & Co., W. Kraft, Mgr., New York, Leitz 顯微鏡.

Leonard Peterson & Co., 1234-1248 Fullerton Ave., Chicago 實驗檯及他傢具.

Library Bureau, Boston, New York, Chicago 各種實驗室及博物館之傢具. Catalog I, 1009.

The McIntosh Battery & Optical Co., 427 Atlas Block, Chicago 影燈片與物理儀器.

Marine Biological Laboratory, Word's Hole, Mass. 活動及保存之水產標本.

- A. G. Nystrom & Co., Chicago 美國產及他國產之地圖，地球儀及學校用品。
- James W. Queen & Co., Philadelphia, Pa. 物理儀器，影燈，化學儀器，藥品及顯微鏡。
- Rand, McNally & Co., Chicago 各種地圖。
- Richards & Co., New York 化學儀器及用品。
- Spencer Lens Co., Buffalo, N. Y. 顯微鏡，影燈及影燈片，生物儀器與用品。
- A. A. Sphung, North Judson, Ind.
- Standard Scientific Co., New York 各種儀器，影燈及影燈片。
- C. H. Stoelting & Co., 3037-3047, Carroll Ave., Chicago 各種科學儀器。
- Arthur H. Thomas & Co., West Washington Square, Philadelphia 實驗儀器藥品及用品。
- Ward's Natural Science Establishment, 84-102 College Ave. Rochester, N. Y. 各種之博物館標本。
- Weston Electrical Instrument Co., 45 Weston Ave., Newark, N. J. 標準測電之儀器。
- Whitall Tatum & Co., Philadelphia 各種玻璃儀器。

## 第十一章 科學與課程表

【高等學校之入學條件】美國今日之中等學校，其發生之原因，乃由舊有之

書院與高等預備學校，但能供給少數學生之需要，而不能與一般人以相當之中等教育，故中學校起而代之。但今日中等學校，爲高等學校所吸引，正如昔日之書院然。蓋中學校之教師與校長，皆用其全力爲少數求升學者謀進益。在十九世紀之最後十年以前，各高等學校對於彼入學之條件，各自懸一標準，而不顧及他校。故中等學校欲應付此條件，必預備其學生，使之無論投考何高等學校，皆有及格之希望。在同一中學校之內，學生之預備升學者，既無一定之標準，且畢業後就事者，與畢業後升學者，其所需之教育，又每有衝突之點。此種情形，斷難久沿不革。各高等學校招生宜如何有一律之辦法，應付之法宜如何使之簡單，皆爲急當改良之事。於是一千八百九十三年，有全國教育會之幹事十人爲第一次報告，始向統一之趨向進行。一千八百九十六年及九十九年，該會之高等學校入學需要委員會，復有報告。至一千九百年，遂有高等學校入學考試部之組織。該委員會之報告，與高等學校入學部及各高等學校與省立教育部之各印刷品，於是相繼發行，其內容與委員會之報告大概相同。今日中學校之課程與其教授之性質，皆根據於此焉。

規定後之結果 自有此種規定之後，其所生之結果有良有惡。所謂良結果者，即下列之原理，漸為全國所公認：(1)中學之教師，須有高等之訓練；(2)教授科學必須有實驗課程，野外參觀及參考書籍；(3)學校必須有實驗室，儀器及圖書館，以備實習之用；(4)實驗課程須有雙時之實驗時間；(5)實驗之課程，學生應作有統系之記載與報告；(6)教授學生不但使之能記憶，且能思想。其惡結果之中，則有：(1)因應付相同考試與規定格式之故，所有教授方法，皆成千篇一律，毫無變通餘地；(2)因過於注重課程之內容，遂至輕視研究可用之科學方法，不知用科學方法，則科學內容更易得來；(3)因此種有力之規定重視內容，遂至學校教師與管理人，皆受繁重之束縛，不敢自動改良，此則最惡者也。有此趨向，學生但求多記事實與定律，不能得有機會在運用思想之地位焉。

需要之改良 改良之途徑，當在改變此種規定，減少固定之條件至最低度，增加提議之意見至最高度。特別多用科學方法及問題方法，以教授特別組織課程之內容，使之合於觀察與實驗的研究。對於科學原理之應用，當豐富利用，使之合於多

數之情形與地位焉。

如欲援用此種活動與提議式之方法，則教師之訓練亦須改良。教師對於其特別智識，其所知者，不當較現在之教師爲少，而彼之普通科學智識，則當較廣，對於科學方法各原理，當有更佳之訓練，且對於應用於教授之近世心理學，亦應有特別之訓練。造成有此種訓練之教師，乃爲各高等學校之責任也。

除應有活動之規定與良善之科學教師，能用良方法與良材料外，高等學校之教授與管理人，亦應有相當之態度與進行，使科學教師對於其所授學程之內容與方法，肯自由應用特意變換法，測驗法，選擇法。換言之，即科學教師如欲達使學生真得科學之實惠，如科學家及心理學家所信者，則必用科學法以研究其教授之問題，必用心理方法以學習如何教授科學。當學生之學習過程進行時，教師即用觀察，實驗，測度諸法，以研究學生。如是則中學科學教師中之訓練最佳者，極有作爲與有能力者，遂成爲實驗教育之研究員。其實驗之結果，可加以評論印刷，然後分布於一般科學教師之手，以爲參考之材料，且足爲指導之方針焉。

【研究科學之程序】當未有委員會十人之報告以前，美國之中學及預備學校，大概皆授學生以所有科學之大略內容。且當時每學年皆分爲三學期，故每學期授一種科學或諸科學同時并授。其所授者，爲植物學，動物學，生理學，地質學，及天文學。亦有授短期之化學與物理學者。惟據克拉克（Clarke）教授之報告，學校亦有授化學物理佔二三學期之久者。此等短學程之缺點殊多，然頗合於二種緊要之用途，不可不爲之一述。其第一點，卽爲學程之時間既短，自不能不所舉淺略不須精密之思想，如是則學生可有機會運用其好奇心與想像。若學生之較爲聰敏及喜思索者，則不但作一時之想象，且對於天然現象，引起永久之興趣，對於事實亦能就其關係而爲之組織。如是每可爲將來學術及智慧訓練之基礎。其第二點，卽爲將各種科學之內容，俱略舉以示學生，使學生能尋出彼自身對於何種天然現象性最相近，及最抱有興趣。自一千八百九十五年至于九百十年之間，有一限制學生學習一二深造科學之趨向，此事頗爲危險。因其割截學生一探他科學之機會。美國教育委員克蘭克斯登（P. P. Claxton）對於此事曾有言曰：

「吾以爲中學必修課程中，當列天文一門，解說天然定律之偉大，如天文中所有者。吾由習天文學所得之感覺，將終吾生不能消滅。吾一想及吾所用之天文學課本，斯蒂氏之十四星期天文學 (Stetel's Fourteen Weeks in Astronomy) 卽思今日之著教科書者，對於此書正多可仿學之處。如有人能編近世科學教科書一套，其優美與見地，皆如斯蒂氏之書，則其人不但有名，并應獲利，以爲學校之榮。」

吾人大抵皆無能力，不能使兒童喜學科學。但吾皆當思所以達此理想。當吾初習科學之時，最初所得者，亦無聯絡而頗淺率。其後乃忽有領悟而貫通前所教者之意義。蓋當時吾與所授科學有關之事實及天然物體相接觸，故從前之但畧有所覺者，皆因有聯絡而得解釋。是以科學教授，必由研究天然，絡續觀察與實物相接觸。

教兒童者，當使兒童發見所教者多爲其已知之事，且當使其感覺將自己所有知識加以聯絡之有價值，并當使其有以利用此智識於將來經驗之能力。當予爲童子之時，曾助予父旋磨刀之石輪，當潑水於石輪之上，卽見其分布均勻；又嘗置水於瓶，旋臂揮之；又曾繫栗果於繩之一端，猛烈旋轉，而聆其呼嘯之聲。凡此諸事，皆可爲科學教師之材料，藉以養成兒愛佩科學之心思。

尚有一事，吾必於此時言及。卽科學教師及中學教師，必不可將高等學校一物牢記胸中。今日高等



學校，入學之需要，想與前數年之條件相去不遠。前數年入高等學校之物理需要，即爲入學者必曾經作六十個之物理實驗。此六十個實驗之毫無關係，正如兒童所玩弄之六十小木塊，本不聯絡，而強加以堆積。堆積愈高，則全堆傾倒，復成混亂。吾人教授物理爲此堆垛戲者，已非一年。此六十單位之有無關係與兒童之心理是否相合，皆未嘗一計及也。

教師盍不出而搜取實物，然後使學生就此實物以觀測其是否與基本定律相符合，然後更進一步，將原理如何應用，舉以指示學生。蓋但爲學問而求學者，世固不乏其人，惟求學而不求實用，則求學之意何在哉！』

自有此十人委員會之發表，於是一般的感想，皆以爲此等短期之科學課程，皆不足與學生以忍耐之觀察，實驗測量等科學優美之特點，反不如專意於數門較爲有效，故該委員會即提議每一科學皆須授一學年，且主張將物理及化學置於最後二年。物理則在第四年，因物理俱相傳爲較難之學，且須先有數學之訓練也。第一年則先授地文學，以爲其他科學之小引；地形學與氣象學，則視爲地學之較高課程，在第四年中選修。凡智識之得諸他科學者在讀此數科學時，皆希望其有加以整理與

貫通之機會焉。

植物學與動物學，在各學校亦為任選之課程，其授課與否，一視教師與學生之人數與種類是否相宜，及有無需要為準。

因有上列之主張，其結果即為一學年之物理化學，加以實驗課程，遂極通行。一方面極注意於深切之抽象研究，一方面為實驗之研究。分頭之進行過於注重，而嚴密組織之機會，反受犧牲。雖然，生物學與地文學則仍盛行半學年之課程。其後全國教育會之高等學校入學需要委員會因受國內動物學家植物學家之要求，提議下列學程，依下列之次序授課，則於中學為合用，於高等學校入學，亦可謂及格。

第一學年地文學，第二學年生物學或植物學或動物學，第三學年物理，第四學年化學。

關於物理化學，大概各校皆依上列之提議進行。關於四種生物學程，則於第一學年或第二年習一種或習他種。第一學年所常見之課程為地文學，或須一年卒業，或但限於一學期，而於其下學期授生理學農學，或於其上學期授簡單之普通科學。

天文學在中學課程中已不復見，地質學亦然。不過此等科學之一部分及氣象學之於兒童極有價值者，仍散見於地文學及普通科學各學程中。至於農學，則在多數鄉村學校多視爲有價值之科學及有關職業之問題。

【四年之科學研究】 作者深信四年之中學課程中應有四年之科學學程。因科學之價值極大，若教授得法，則可得文化之風度，可移用其所得之腦力訓練於家庭，實業或市政之問題。且由科學所得之智識，又俱有直接應用。故辦學者如要求多數學生用其四分之一之時間以爲科學研究，不能謂之過多也。此種要求，雖能減少數種學生研究外國語，英語，數學之時間，然多數學生，仍須望其多習科學，與社會及職業學程同時并修焉。

【課程之分配】 在規模細小之中學校，欲排列一課程時間表，能包括最低學分數目之科學，社會，及職業學程，而同時於外國語，英語，數學，仍不減低其應有之分量，頗非易易。雖然中學校之授四年學程，而僅有三個教師者，仍能解決此困難。卽在此等規模細小之學校，可將第十一級及第十二級合并，或將其他之相近兩級合并，

而交換授課焉。例如第一年授第十一級及第十二級以物理，而第二年則授以化學。作者曾依此計劃，編成一學程及授課時間表，在某印刷品中發表。該表中列有二十學分，但每學年中，只須授十五學分。其可授之學分，即為科學四學分。社會課程四學分，職業課程四學分，英文三學分，數學三學分，外國語四學分。

在規模較大之中學，對於每學程俱能分組教授，教師又多，故排列課程頗不生困難，所以能製成數種課程時間表，以應學生目的不同者之需要焉。

【科學課程表之次序】 各種科學研究之次序，以何者為最佳，至今尚無人能試出而決定之。如云某種次序對於無論何學校俱能合用，恐將來亦難加以試驗而決定之。凡科學教師對於其擅長之科學，皆願置於第四年教授，因此時學生之程度已較為成熟，可與之討論較深之事，且可置諸較有組織的基礎之上。加以教師皆信凡學生曾習他種科學者，必能利用其所得之方法與訓練，在最後所習之科學，加以準確之研究，而無須教者之諄諄訓誨。是以更欲將其所喜之科學，置於最後一年。夫無論何種科學，對於他種科學，關於方法或內容，皆必有所貢獻，則主張將無論何科

學置諸最後一年，皆可持之有故，言之成理。就一方面觀之，物理似因置諸最後一年，而就他方面觀之，地理與生物科學，又似須置諸最後。因地理可用以組織與聯合他科學，而欲得較深之動植生理及普通生物者，又應先有物理與化學之智識。反而言之，中學生每班之人數，每年皆因受甄別而逐漸減少，故九級之學生，至十級時已減去百分之三十七，十級至十一級時，復約減去百分之二十九；十一級至十二級時，復約減去百分之二十三。教師對於其所喜之科學，每謂其應用極廣，於是復主張將此科學置於最低一級，庶大多數學生皆能得受其益。若以此說為根據，則衛生學及生物學當居前列，而普通地理與生物學則居次焉。

如欲解決此問題，使各科學之比較位置，就各方面觀之，皆得滿意。其法莫如在初級學校中，取各科學之緊要事實於兒童易了解及有用者，依其年齡先酌量教授。然後在中學中，授以生物學、普通地理學、物理學與化學焉。若級低之教授充分進行，則在中學無論教授何種科學，學生俱已略具他種科學之粗淺智識，以為新智識之基礎。且兒童之受甄別以去者，仍有機會一習每種科學之緊要事實焉。尚有一可改

良之點，即爲在前二年，同時教授兩種科學，後二年又同時教授他兩種科學。例如在第一年每星期中授生物課三日，普通地理二日；至第二年，則授生物課二日，地理課三日，此法亦可應用於物理及化學，若能妥爲計劃，相配合之科學，使之互相連貫，則一科學之教授，大有助於他科學之了解。惟此雙學程同授之計劃，在規模狹小之中學則不能利用，因其欲節省教師之人數也。可行之法，即爲將年份相近之兩級學生合併教授。在第一年兩級同時習一學程，在第二年則兩級同習他學程。

設計教授計劃 尙有一計劃，今日頗受嚴密之注意，尤以全國中等教育改良局之普通科學組之分股委員會爲然。其計劃即爲在第一年或最初二年，棄去各科學組織，保守內容，不敢活動之方法，而行設計方法。即就學生之興趣與需要，設爲種種計劃，同時採取各科學之事實定律與原理。其科學事實原理之如何組織，一依設計之計劃爲基礎，而進行此計劃。例如如此計劃若爲在一頃地上蒔種馬鈴薯及販賣此馬鈴薯，則學生須研究該土壤之物理與化學，其地面之形狀，與溝渠，雨量，及氣候之情形，馬鈴薯之構造及生理，選種與養種，耕耘之物理與化學效果，病蟲害與相當

之殺蟲劑，及能殺害蟲之鳥類，馬鈴薯之烹飪法，及其食物價值，馬鈴薯之澱粉性質與應用，馬鈴薯之販賣，以及種種問題焉。

如此則學生在每一步時，皆能見其所學之每科學事實皆有應用之處。因其有用，則必願學。而地質學，地理學，物理學，化學，生物學，生理學之原理，皆願學習之，且更旁及於數學，簿記，及淺近之經濟學。對於簿記則可得技巧，對於經濟則可得永久之興趣矣。又如欲造一雞舍及養雞一羣，因此計劃，又可使學生覺其需要多數科學事實。此時如有優良教師，於每設計進行時，此等事實與原理，皆能使之有組織而相連貫。且可行之設計，正不必俱為農業之問題，亦不必如以上所舉者之廣。前所舉之二例，不過引以明設計之意義耳。

欲行此計劃，必需有能幹之教師。雖然，但使此稍有成功，即能使青年愛好科學智識有如飢渴。於是雖有六十個不相連貫之神祕的物理實驗，如克蘭克斯登所嘲者，亦不能毀其興趣矣。如是則後二年無論教授任何優良之兩種科學學程，皆無復困難而極易進行。無論此科學為物理，化學，或為生物，地理，其選擇之兩種科學，將依

大部份學生之興趣與需要及學校附近社會情形需要而定。

在此二十年中，此設計方法或將盛行於各學校。熱心進步之人，俱將深加期望，冀其能傳播科學智識與科學訓練。反對者見人之應用近世心理學智識於教授科學之問題，因其欲適合真男女兒童之興趣與需要，而不肯視兒童爲小成人，授以不相連續之舊式抽象學說，於是起而譏諷，責其墮壞科學之人格。惟今日實驗之結果，或將證明彼反對者之論調，或將自形其短耳。

現用最佳之次序 以目下而論，前二年授生物與普通地理，後二年授物理與化學，依此次序或最有效。因其現方盛行，且市上最佳之教科書，其編制時其計劃亦以此爲目標。如學校對於設計方法，不欲加以試驗者，即可依此次序，不必更主張新變動也。

將來之變動——初級中學與高級中學 雖然若學校能實行兩年雙學程同時並授之計劃，頗爲可欲之事。因此事在歐洲行之頗著成效，若亦仿行，則可比較與決定其價值。因行此計劃所致之變動，不至於發生大困難，其結果亦不至於惡劣。今日



各處試用之新計劃，將課程表與學生年限之分配法，大爲改組，使第七級與第八級將歸入中學校。如是與教授科學之時間，可使之分配相合矣。

夫既有初級中學與高級中學，則中學之讀書時期，將較前爲長，而課程之內容，亦必因以較富。在此發展中，科學豈可不佔一大部份。上節所說每星期二三小時之課程，必加入於此矣。

#### 關於第十一章可研究之問題

(1) 討論『大學專制』與『大學領導』之問題。

(2) 一千八百九十五年以前之短簡科學課程，極爲盛行，便利頗多，今若在第一級以上之初級班次中，添各科學大意之課程，是否亦可得此種便利？

(3) 在中學中教授科學，或則欲將書中所有之材料皆欲學生熟習，每須用壓力以貫輸之，或則取素有興趣之問題嚴密討論，其餘各點，則用整暇態度約略言及，使學生對於該科學有永遠興趣，以上二法，何者爲佳？

(4) 上問所舉二法，以何者較能引起永遠興趣？試舉其故。

- (5) 克蘭克斯登之言，其合理之程度若何？汝意與之不相合之點何在？
- (6) 克蘭克斯登言其爲童子時，在田野間可得種種科學經驗，若男女兒童之在大城市者，亦可否得各種經驗以代替克蘭克斯登所舉者？
- (7) 汝是否主張中學學生每人至少需有四年科學之課程，即使他學程受之排擠，亦所不顧，或但主張將科學之一部份或全部爲任選之學程？
- (8) 若將每星期五日教授半年可了之學程，改爲每星期三日教授一年，汝以爲此計劃何如？
- (9) 以設計教學法教授科學，是否便利可引？試舉可引之設計數則，且言明用此設計，可使學生得習何種科學智識與原理。
- (10) 今日改組中學之六六制，或謂之六三三制者，其優點何在？以教授科學論，此計劃是否有便利處。

REFERENCES 參考

Brown, E. E.: *The Making of Our Middle Schools*, Longmans, N. Y., 1903, 517 pp., \$3.00.

- Committee of Ten: Report on Secondary Studies, American Book Co., N. Y., 1894.
- Cubberly, E. P.: Public School Administration, Houghton, Mifflin & Co., Boston, 1916, 471 pp., \$1.75. (Chapter XVIII, The Courses of Instruction, Adjustments and Differentiation, pp. 294-324, with bibliography.)
- Davis, C. O.: The Subject Matter and Administration of the Six-Three-Three Plan of Secondary Schools, Bull. Univ. of Mich., N. S., Vol. XVII, No. 9, Sept., 1915, Ann Arbor, 35pp., with bibliography.
- Flexner, Abraham: The Modern School, General Education Board, N. Y., 1916, Occasional Paper, No. 3, 23 pp.
- Johnston, G. H.: Curriculum Adjustments in a Modern High School, School Review, Vol. XXII, No. 9, pp. 577-590
- Johnston, G. H. and Others: High School Education, Scribner, N. Y., 1912, 546 pp., \$1.50, (Chapter IV, pp. 67-105, by C. O. Davis, On Principles and Plans for Recognizing Secondary Education.)
- Johnston, G. H. and Others: The Modern High School, Scribner, N. Y., 1914, 839 pp., \$1.75, Chapters V, VI, VII, and VIII, by Josselyn, Kingsley, Carlton, and Scott, pp. 164-244, Should be carefully read.

Mann, C. R.: *The Teaching of Physics*, MacMillan, N. Y., 1912, 304 pp., \$1.25, Chapters I, II, III.

Monroe, Paul (Editor) *Principle of Secondary Education* (Chapter XXI, by Davis Snedden, On the Reorganization of Secondary Education, pp. 745-774), MacMillan, N. Y., 1914, 774 pp., \$1.90.

## 第十二章 生物學

【生物學之問題】 動植物對於人類及其動作，或為有益，或為有害。其可利用之點，極為繁多。其生活狀況，大可引起吾人之注意，因其在凶惡之環境中，為生存之競爭甚烈，其活動與人體之活動，頗多相似之點。蓋動植物亦如人體然，乃一能生活，能工作之機械。其各部份之構造與形狀，皆適宜於執行其職務，以維持全體之機能焉。

由此觀之，動植物供給多數興趣極濃厚與人生極有關之問題。若學者能由上所舉之關係與相似點為研究入手之處，則生物學研究，將與人以極有興趣之機會，

以取得於日用思想工作甚爲有用之智識矣。不但如此，生物研究亦能使學生運用其個人之思想於生物學界，可得一種有意義觀念，每可藉以解釋人生之活動。

【由生物研究所得之觀點】 若有人從其實地之觀察，知每一有生命之動植物，皆由細胞組織而成。此種細胞，復各自有生命，如阿米蚘（amoeba）然。若學者更見生物欲適應較爲複雜困難之境遇，則必異職分工，故特別之細胞組，即須有特別之形狀與構造與分布。於是每組皆能行特別之工作，而此生活體乃能在複雜環境中生存。彼再繼續研究，則得一觀念，以爲動植物生命，先由單細胞形狀，因分工與各機能特殊化之結果，而增加其複雜之程度，則其所見更廣矣。若此學生更由其本人或教師所作之觀察與實驗，得知植物對於光，吸力，水份，土壤，壓力，及他植物，昆蟲之刺激，皆能應付；有此等應付，而成適合環境之過程。若彼得知發展，變化，淘汰，生存，變遷，遺傳等觀念，而知其爲進化之要素，則雖其所知甚淺，然對於生命已有全體之觀感。將來對於生物之無論何事實，皆抱深長之意義矣。

爲生物研究者，俱不免得天演之觀念。凡問題之言及造就與進步者，用天演觀

念考察，俱極有價值。經濟狀況，社會，工業，政治諸關係之進步，推而至於美術，教育，以及倫理，宗教，無非一天演之過程。變化與選擇，淘汰適應，與適宜者生存，皆為進化之步驟，為生物研究者自然得此觀點。故其人能得胸襟廣闊與忍耐之態度，在生命中能隨遇而安。

且學生因研究生物，而得知觀察，實驗，敘述，解說等意義，又得見物體構造與職務之關係，則其目光與解決問題，必較前大有進步。彼將注重自尋真理，不專恃書本，以求學問。雖彼未必能有發明，對於生物之疑問，未必能得解決，然彼能為其自己尋新知識，及瞭然於生物問題應如何解決，且知如何選擇實驗方法而辨別其優劣焉。

【教授生物學程應注意之原理】 凡教授動植物學及生理學者，當支配課程與講授時，皆當注意於數個生物與教育之原理。此等原理對於學生，固不能望其人精習應用，惟對於教師，則彼既須教授此等有實驗之生物課程，且課程或須二年之久，則必不可無此等原理之智識，以助其組織生物學之事實。當計劃與教授時，無不以此為念，則受教之學生，亦不知不覺間，有此等原理之觀念矣。

(1) 模範觀念 (type concept) 之養成 當吾人言蛙或毛茛，其意並非指定某蛙，某毛茛，亦非指所有之蛙，與所有之毛茛。其意不過舉全族之一模範，取此族中之任何一個，皆與之大同小異。苟吾人能測多數相同之性質，而取其平均量，則大多數之性質，必與此平均量相近者多，相遠者少。又吾人欲舉一例以代表全族，亦必擇其與平均數相近者。此卽一族模範之意義。當生物學家敘述一種類時，彼不過敘述此種類之模範，故想及該種類時，卽想及該物之性質。凡同類者較不同類者，必更相似。以此類推，所謂分族，分科，分部，無非如此。物之爲類的模範者，亦可用爲科與族的模範。故學生如精密研究一模範體後，卽可察他科族之何以不同，遂可得多數提綱挈領之智識。模範之觀念，既若是之緊要，教師宜如何遇無論何種生物材料時，皆使此觀念養成。且此觀念不但及於動植物，推而至於動植物之官能，如種子，如枝葉，亦當如此。惟有此模範之觀念，與精細的研究模範，方能於生物作一普通之調查。蓋教授生物學除作模範的研究外，頗少進行之法也。

(2) 比較之原理 研究生物學之第二原理，卽爲學生養成比較之態度。例如

學生已熟知蚱蜢，則當取與之相近之蟋蟀與螽斯，而比較其生理，習慣，構造，生活過程等等，而求其同異。又如研究毛蟹，推而至於蝦類。於是以毛蟹爲介族之模範，蚱蜢爲節足蟲之模範，復互相比較，而斷其何以二者皆稱爲節肢動物焉。凡學生入手時，卽有模範與比較之觀念者，其進步必較速，記憶必較易，因胸中有搜求同異之心者，較無此心者，其得益自較多也。

(3) 分類 此原理由第二原理而來。學生既能用模範以較同異，則自然入於分類。且因是感受分類之有價值，將紛亂之事實，組織之使有意義。

(4) 形式構造與效用之關係 動物之全體與其各部份之構造，皆須行使職務，以適應其活動之需要。凡兒童之曾捉蚱蜢者，皆知蚱蜢有自其仇敵逃走之需要。其飛與躍，爲其逃走之動作，而其翅與股，對於此動作極爲適宜。此小智識卽可爲無數課程問題之起點。蚱蜢之足具何機能而能跳遠？其跳遠之比例，何以非最好運動家所能及？若能解決此構造與職務之問題，則其餘問題，相繼而起。其翅之構造如何？筋肉之布置如何？何以能互相合作，使飛時能得均勢？蚱蜢之所食者何物？其口之構



造是否適宜？推而至於如何消化，呼吸？神經之狀況何似？是否如人類之複雜？複雜程度是否與工作之繁簡有關？何物能毀蚱蜢，以防其爲嘉穀之害？觀以上各問題，即知吾人不當分離的研究形態學，生理學，或環境學，必當取一模範問題，而同時研究之。且可知用此種問題方法，教師與學生可同時活動，以進行野外觀察或實驗工作焉。

(5) 適合分工與合作 生命乃一適合環境之繼續過程。若一有機物之環象簡單，則其適合之過程亦簡單，於是其體中之特別器官亦不多。如其環境爲複雜與困難，需時時適合，則其器官必較多，而此有機體即複雜。各組細胞皆分工以行其職務，不獨內部爲然，其外部以用以應付外來激刺者亦如此。故以生理學與環境學言，則有適合，分工，與合作諸原理。以形態學言，則有各體部之區別，以與環境相融洽。故生理學與環境學，乃表示生命過程之活相，形態學（包括解剖學，組織學，與分類學）乃表示生命過程之靜相。此生命過程，即適合也。由以上之關係，吾可舉一緊要生物教育法之原理，即取一模範榜樣同時研究其構造與職務，及與適合之關係，然後取他模範之構造與職務及相同適合之關係而比較之。

(6) 生命之繼續——生命歷史與種族歷史 一模範動植物皆有其生命史。自二生殖細胞結合成體，復分裂而成新細胞，以至於死，其間成一循環之改變。由簡而漸趨繁。有已未死而子孫已繁殖者，於是老者可將其種族特性傳諸幼者，故此生物之種族生命，可謂之完全繼續。然有數族之動植物，其種已絕，所存者惟化石耳。動植物之個體有生命歷史，其種族亦有歷史。經逐漸之變化，由簡趨繁，由無區別而成有專能。此等繼續的變化，觀察舊族類與新族類者，皆能辨之。

(7) 天演之理論 由此觀之，生命以個體言則為有限的，以種族言，則為繼續的。在此生存競爭中，凡性質之適宜於適應環境，保護生命者，皆將傳諸後裔。蓋個體之能存在而生殖者，必有善於適合之佳性質。以此傳後，後之生活機會更多而益昌。其不存在者，則其性亦不傳。因能善於適應環境，故能存在。此過程進行不已，則為天擇。最後存在者，為最善適合者。經數代之變換與選擇，此生物因適應各種之情形之故，其新形狀遂漸趨複雜矣。

幼稚之學生，對於進化之證據，每不能了解。對於此理論之各原素，亦未能深求。

生物專門家未能解之問題，固不能望其討論，惟事實及關係之足以表明變換與選擇極明瞭而易見者，固可促其注意。如是則彼將得進化過程之大意焉。有一緊要之規條，即為教師不當為專斷之言論，不當多引成言，但當博引事實。無論此事實為證明或反對進化的理論者，皆當引據，使學生能虛心以求得其自己之觀念。

【生物研究之普通方法】 以上所述各原理，可為教授生物學普通方法之根據。入手取一問題作模範動植物之研究，先為全體之研究，考查普通形狀與構造，及其所為工作之關係。然後注意其如何分成各部份，與各部份所分配之工作，更以之與他模範比較，以察動植物之全部與其合作之各部，是否有相似之點。

對於植物，則於其細小部分，亦為相同而較為精密之研究。將各植物之相同器官，妥為比較，如根與根之比，幹與幹之比，葉與葉之比等等是也。形狀、構造與職務之關係，亦加以注意。植物中有器官之來源相同而應用不同者，亦有應用相同而來源不同者，遇此等例，皆須注意焉。

有時較佳之法，為令學生先觀察器官之構造，然後問其此器官有何用，及如何

應用，且可否兼行他職務，此植物如此，他植物又如何。

然有時欲得好結果，則須先由教師講解植物應爲何種工作，如呼吸，吸收，生殖等事，然後令學生尋求何種器官，乃備此等工作之用，及應有如何構造，方適宜於工作，此相當之器官其來源如何，一植物如此，他類之植物又如何。

在研究動物生物學，當學生對於各器官略有智識之後，即取各模範動物，如鱸魚，毛蟹，大蝦，蚱蜢之類，而爲精密之研究。此研究之目的，即爲求動物普通生理過程之智識，及求內外構造之如何適合於職務。因此之故，吾人應將所研究的動物之器官，與高等動物之器官如人類者，比較其構造與其緊要之職務。例如將鳥與蛙之呼吸器官，與人之呼吸器官比較，則學生對於人體呼吸之衛生即明瞭矣。若再與鱸魚，毛蟹及節足蟲比較，則生物適合與發達之原理亦明矣。

爲動物研究者，亦當着目於環境學與形態，以及生命歷史，經濟價值等等。

當已爲幾個之精密模範研究後，則當取他大類之模範以研究。惟此注重於廣而不甚注重於精。其特別注意之點，即爲各模範之比較，及其環境與人類經濟之關

係，而對於解剖學及生理學之注意，則減輕重量。

作者對於模範研究之實用與教育價值鄭重聲明，其意並非主張但取數模範爲詳盡之研究，藉以爲證實之方法，如二十年以前所用者。其意亦非主張取多數之模範，而爲詳盡之研究，俱用問題之方法，每個皆加以解剖學，環境學，生理學之推論。其所欲指明者，卽爲若學生對於一大類之一植物或動物能先知之甚明，則彼將自教師及書籍，或圖畫影片中，對於有關係之類及他類，亦可得甚多之比較智識。例如彼已先知蚱蜢，則對於蟋蟀，螽斯，杖蟲之類，皆可以間接之調查，而組織其智識。且對於離節足蟲甚遠之動物，如毛蟹，大蝦，青蛙，蚯蚓之類，皆可以比較而言其同異。

凡比較之研究，皆能引起分類之觀念。凡遇有可行分類之機會，及分類可以幫助組織智識之時，皆當爲分類之練習。以分類爲主要目的，固非善事，不過教師遇此等機會，正不妨令學生開始爲採集，分類，及辨認之事，且遇有特長於此與性好者，更可加以鼓勵，使爲個人之簡單分類學焉。

當爲各類之研究時，教師可於無意中將事實之與進化觀念有關者指點出之，

以備觀察。此種事實甚多，其意義亦易明。

在研究生理過程時，不但將動植物比較，且將動植物比較人之生理。

研究之物品，當與研究之地點生關係，例如在內地之學校，但令學生研究久爲收藏之星魚，而不研學生可自行採集之標本，則不得謂之好方法也。故對於本地之生活材料，當充分利用，以觀其對於人生與經濟之關係。如是則與課程之廣大目的相合。

【學程之遠大目的】此種目的有下列數項：(1)與學生以生物之事實與原理，取其與人生幸福與正當生活有關者；(2)與學生以方法之訓練，使其能自尋學問；(3)與學生以機會，得採取數緊要生物原理，及組織生物智識之方法；(4)引起學生對於動物之永遠興趣將來可有智慧之快樂與利益，且可利用戶外之閑暇時間。

【特別方法】特別方法，則必由教師個人就各校之情形而設，且必加以試驗與改良。凡新教師欲得特別方法，最宜先熟知普通方法之原理與得其觀念。取各教

科書與實驗課程，而研究其表演之法。將書內之大綱與當地之情形，用批評之態度，詳加比較。凡教育文字之與該問題有關者，須每年批讀。勞特 (Lloyd)，賓格魯 (Bigelow) 及間農 (Ganong) 之書，凡為生物教師者，無不當人有一編。彼對於植物學，動物學，人類生理學，不但言其普通方法與特別方法，并言及實驗方法與設備極為詳盡。雖無經驗之教師讀之，亦可補足其需要。此種書價值既賤，內容又豐，對於特別方法及選擇材料皆推論極廣。固無待作者多費浮辭贅述，以至溢出本書範圍之外也。

【植物學動物學生理學之聯絡】 如欲行一年之生物學課程者，則有三種計劃可選擇：(1) 先授植物學半年，再授動物學半年，將終時授以人類生理學大意；(2) 一年之植物學；(3) 一年之動物學。若為普通教育起見，及求課程之平均，作者與多數大生物學家之意見相同，即主張第一計劃。如採取第二計劃，作者之意，以為不當習及極細小之植物節目，惟當時常比較動植物，使其普通生理之相同點與相異點得以明瞭。如採用第三計劃者，亦當用植物材料以為比較。蓋三計劃中無論用何種，皆須將動植物與人類之生理，作一廣闊之聯絡，使之各點清楚明瞭也。

關於第十二章可研究之問題

(1) 用模範觀念，對於學習有何經濟之點？比較之原理則又何如？模範觀念比較原理與分類法三者之關係何如？

(2) 將構造與職之關係同時教授，對於教授法有何經濟之點？

(3) 如何可將適合，分工，合作及生命繼續諸原理應用之以增加研究生物學之趣味？

(4) 汝教授生物學，對於進化管理論，欲教授至何程度？可寫一簡略之宣言。

(5) 汝教授進化論，是否入手即言多數生物學家俱信某事云云？如不以此法為然，則宜如何？

(6) 取最新之三生物學課本考察之，以何者為最合汝教授之用？并言明汝何以下此斷語？(a) 就內容言，(b) 就方法言。

(7) 若時間有限，不能達學程之遠大目的，則汝將注全力於其中之何一條？

(8) 汝對於將植物學，動物學，及人類生理學聯絡教授，有何意見？是否易於實



行理由何在？

(9) 取美國北部中央協會所定之動植物學分數，及高等學校入學部所定之學分數，與北美東部生物學委員會之聖保羅報告，而觀其中所提之大綱，其精神是否與本章所論之建設計劃相合？

(10) 此種報告大綱何點與基本教育原理相合？對於生物科學之各基本原理比較的注重於何點？

(11) 此種報告大綱，其對於生物學之關於社會及人類者，態度是否有不同之點？此種不同是否由於委員會中各人興趣不同之故？

(12) 該大綱中所提議之一年的課程，汝如覺其中有太繁而難畢授者，當如何刪除之使損失仍極少？

(13) 如於此種提議中，汝但能選其中之一，則汝將取何種以應用於汝之學校？試言其故。

(14) 公民生物學與社會公民學，宜如何聯絡之？

REFERENCES 參 考

BIOLOGY 生 物 學

TREATISES AND ADVANCED TEXTBOOKS

- Abbott, James F.: The Elementary Principles of Biology, MacMillan, N. Y., 1914, 329 pp., \$1.50.
- Calkins, Gray N.: The Protozoa, MacMillan, N. Y., Illus. 800, \$3.00.
- Coulter, J. M.: Fifty Years of Darwinism, Holt, N. Y., 1909, 274 pp., \$2.00.
- Campbell, D. H.: Plant Life and Evolution, Holt, N. Y., 1911 (Am. Nature Series), 360 pp., \$1.60.
- Darwin, Charles R.: The Origin of Species, Appleton, N. Y., 1885, \$2.00, 2 vols., 1897, \$4.00
- Darwin, Charles R.: The Variation of Animal and Plants under Domestication, J. Murray, London, Appleton, N. Y., 1890, 2 vols., \$ 5.00.
- Egging, Otto, and Ehrenberg, F.: The Fresh-water Aquarium, and Its Inhabitants, Holt, N. Y., 12 mo., \$2.00.
- Henderson, Lawrence J.: The Fitness of Environment, MacMillan, N. Y., 1914, 317 pp., \$1.50.
- Huxley, T. H.: The Grayfish, An Introduction to the Study of Zoology, Appleton, N. Y., 1879, 371 pp., \$1.75. 此名著每圖書館俱應有之。

- Kellogg V. L. Darwinism Today, Holt, N. Y., 1908, 403 pp. \$2.00.
- Lloyd, F. E. and Bigelow, M. A.: The Teaching of Biology, Longmans, N. Y., 1907, 491 pp., \$1.50.
- Metcalf, Maynard M.: An Outline of the Theory of Organic Evolution, 2d Ed. Revised, MacMillan, N. Y., 1914, 204 pp., \$2.50.
- Parnellee, Maurice: The Science of Human Behavior, Biological and Sociological Foundations, MacMillan, N. Y., 1914, 443 pp., \$2.00.
- Punnett, R. C.: Mendelism, MacMillan, N. Y., 3d Edition, 1911, 192 pp., \$1.25.
- Richards, Ellen H.: Sanitation and Daily Life, Whitcomb and Barrow, Boston, 1907, 60 cts.
- Sedgwick, W. T., and Wilson, E. B.: General Biology, Holt, N. Y., 800, \$1.75.
- Seward, A. G., Editor: Darwin and Modern Science, Cambridge, Eng., University Press, Putnam's, N. Y., 1909, 595 pp., \$5.00.
- Spencer Herbert: Principles of Biology, Appleton, N. Y., Rev. Ed. 1899, 2 vols., \$4.00, A Classic of Philosophical Biology.
- Thomson, J. Arthur, and Geddes, Patrick: Darwinism and Human Life, Holt, N. Y., 1911, 245 pp., \$1.50.

Thomson, J. Arthur: *Evolution*, Holt, N. Y., 1911, 256 pp., 75 cts. (Home and University Library).

Wallace Alfred Russel: *The World of Life*, Capman and Hall, London, Eng., 1911, 400 pp., \$3.00.

Wallace, Alfred Russel: *Darwinism*, MacMillan, N. Y., 1899, 16+494 pp., \$2.25.

Walker, Herbert E.: *Genetics, an Introduction to the Study of Heredity*, MacMillan, N. Y., 1913, 264 pp., \$1.50.

Wilson, Edmund B.: *The Cell in Development and Inheritance*, 2d Ed. rev. and enlarged, MacMillan, N. Y., 1914, 483 pp., \$3.50.

ELEMENTARY TEXTBOOKS AND MANUALS

簡單教科書及實驗課程

Bigelow, M. A. and A. N.: *Applied Biology*, MacMillan, N. Y., 1911, 533 pp., \$1.40.

Bigelow M. A. and A. N.: *Introduction to Biology*, MacMillan, N. Y., 1913, 415 pp. \$1.50.

Bailey, L. H., and Coleman, W. M.: *First Course in Biology*, MacMillan, N. Y., 1908, 224 pp., \$1.25.

Hunter, G. W. *Civic Biology*: American Book Co., N. Y., 418 pp., \$1.25.

- Hunter, G. W.: *Laboratory Problems in Civic Biology*, American Book Co., N. Y., 1916, 283 pp., 80 cts.
- Hunter, G. W.: *Essentials of Biology Presented in Problems*, American Book Co., 1911, 5 + 488 \$1.25.
- Hunter, G. W., and Valentine, M. S.: *Laboratory Manual of Biology*, Holt, N. Y., 1906, 12 mo., 60 cts.
- Huxley, T. H., and Martin, H. N.: *Course of Practical Instruction in Elementary Biology*, rev. by Howes, G. B., and Scott, D. H. MacMillan, London and N. Y., 1892, 279 pp., \$2.60, (Type studies of plants and animals. 研究生物用模範之方法研究者實受此書之影響)
- Parker, T. J.: *Elementary Biology*, Longmans, N. Y., 1889, 503 pp., \$2.60, (Plant types and animal types from amoeba to dogfish.)
- Praker, T. J. and W. N.: *An Elementary Course in Practical Zoölogy*, MacMillan, London and N. Y., 1900, 608 pp., \$2.60 (Anatomy, histology, embryology and physiology of the frog, and the animal types of Parker's *Elementary Biology* with the addition of some vertebrate types.)
- Peabody, J. E., and Hunt, A. E.: *Elementary Biology, Plant, Animal, and Human*, MacMillan, N. Y., 12 mo., \$1.25.

Sharpe, Richard W.: *A Laboratory Manual for the Solution of Problems in Biology*, American Book Co., 1911, 352 pp., 75 cts.

Smallwood, William, Revely, Ida L., and Baily, G. A.: *Practical Biology*, Allyn and Bacon, Boston, 1916, 421 pp., \$1.25.

BIOGRAPHY, HISTORY, AND TRAVEL

傳記歷史與旅行紀載

Agassiz, E. C.: *Louis Agassiz, His Life and Correspondence*, Houghton, Mifflin & Co., Boston, 1885, 794 pp., \$2.50.

Allen, Grant: *Charles Darwin, His Life and Work*, Longmans, London and N. Y., 1888, 206 pp., Twentieth Century Pub. Co., N. Y., 30 cts. (此傳記之著者極爲明晰而能使讀者興奮.)  
 Clodd, Edward: *Pioneers of Evolution*, Appleton, N. Y., 1897, 6 + 274 pp., \$1.50.

Darwin, Charles: *Journal of Researches during the Voyage of H. M. S., Beagle Around the World*, Appleton, N. Y., 1893, 10 + 517 pp., \$2.00.

Darwin, Francis: *The Life and Letters of Charles Darwin*, Appleton, N. Y., 1888, 2 vols., \$4.50.  
 Geddes, P.: *Chapters in Modern Botany*, Scribner, N. Y., 1893, 201 pp., \$1.25.

Green, J. R.: *History of Botany, 1860-1900, being a Constitution of Sachs's History of Botany, 1530-1860*, Clarendon Press, Oxford, Eng., 1909, 543 pp., \$3.15.

- Huxley, Leonard: *The Life and Letters of Thomas Henry Huxley*, Appleton, N. Y., 1901, 2 vols., \$5.00.
- Looy, W. A.: *Biology and Its Makers*, Holt, N. Y., 1908, 469 pp., \$2.75.
- Nicholson, H. A.: *Lives and Labors of Leading Naturalists*, Chamber Edinburgh, 1890.
- Packard, A. S. Lammak: *The Founder of Evolution, His Life and Work*, Longmans, N. Y., 1901 451 pp. \$2.40.
- Sachs, J.: Tr. by Garinsey, H. E., and Balfour, I. B.: *History of Botany*, Clarendon Press, Oxford, Eng., 1890, 568 pp., \$3.25.
- Thomson, J. Arthur: *The Science of Life, an Outline History of Biology and Its Advances*, Blackie, London, Crown 800, 2s. 6d. Herbert S. Stone & Co., Chicago.
- Vallery-Radot, René: Tr. by Mrs. R. L. Devonshire, *The Life of Pasteur*, Constable, London, 1911, McClure, Phillips & Co., N. Y., 2 vols., Doubleday, \$3.00
- Wallace, Alfred Russel: *The Malay Archipelago*, MacMillan, N. Y., 1906, 515 pp., \$2.00.
- Wallace, Alfred Russel: *Natural Selection, Tropical Nature, and Other Essays*, MacMillan, N. Y., 1891, 492 pp., \$2.00.
- Wallace, Alfred Russel: *Island Life*, MacMillan, N. Y., \$2.00.

Wright, Henrietta Christian: Children's Stories of the Great Scientists, Scribner, N. Y., 1888,  
\$1.25.

BOTANY 植物學

TREATISES AND ADVANCED TEXTBOOKS

討論與高等教科書

- Atkinson, G. F.: A College Textbook in Botany, Holt, N. Y., 1905, 2d ed., 1908, 737 pp., \$2.00.  
 Bailey, L. H.: Cyclopedia of American Horticulture, MacMillan, N. Y., 4 vols., \$20.00.  
 Bailey, L. H.: Cyclopedia of American Agriculture, MacMillan, N. Y., 4 vols., \$20.00.  
 Bailey, L. H.: Standard Cyclopedia of Horticulture, MacMillan, N. Y., 1914, 6 vols., \$36.00.  
 Bailey, L. H.: Botany for Secondary Schools, MacMillan, N. Y., 1913, 460 pp., \$1.25.  
 Campbell, D. H.: A University Textbook of Botany, MacMillan, N. Y., 1902, 579 pp., \$4.00.  
 Chamberlain, C. J.: Methods in Plant Histology, University of Chicago Press, Chicago, 1901,  
 159 pp., \$2.25.  
 Clements, F. E.: Plant Physiology and Ecology, Holt, N. Y., 1907, 315 pp., \$2.00.  
 Clements, F. E.: The Genera of the Fungi, N. W. Wilson & Co., Minneapolis, 1909, 227 pp.,  
 \$2.00.



- Coulter, J. M., and Chamberlain, C. J.: *Morphology of Angiosperms*. (Pt. II, *Morphology of the Spermatophytes*) Appleton, N. Y., 1903, 348 pp., \$2.50.
- Coulter, J. M., and Chamberlain, C. J.: *Morphology of Gymnosperms*, University of Chicago Press, 1910, 458 pp., \$4.00.
- Coulter, J. M., Barnes, C. R. and Cowles, H. C.: *A Textbook of Botany for Colleges and Universities*, American Book Co., N. Y., 1911, Vol. I, Pt. I, *Morphology*, 8 + 294 pp., \$1.25, Pt. 2, *Physiology*, pp. 295-484, \$1.25, Vol. II, *Ecology*, pp. 485-964, \$2.00, *Illustrative*, Clear, Readable.
- Curtis, C. C.: *The Nature and Development of Plants*, Holt, N. Y., 1907, \$2.50.
- Curtis, C. C.: *Textbook of General Botany*, Longmans, 1897, \$3.00.
- Ganong, W. F.: *The Teaching Botanist*, 2d ed., MacMillan, N. Y., 1910, 459 pp. *Illustrations*, W. Bibliographies, \$1.25.
- Ganong, W. F.: *A Laboratory Course in Plant Physiology*, 2d ed., extended to form a handbook of experimentation for educational use, Holt, N. Y., 1908, 265 pp., \$1.75.
- Ganong, W. F.: *The Living Plant, a Description and Interpretation of Its Functions and Structure*, Holt, N. Y., 1913, 478 pp., \$3.50.

- Ganong, W. F.: A Textbook of Botany for College, MacMillan, N. Y., 1916. 401 pp., \$2.00.
- Green, Joseph Reynolds: Introduction to Vegetable Physiology, Blakiston, Philadelphia, 1900, 459 pp., \$3.00.
- Jost, L. Lectures on Plant Physiology, Tr. by R. J. H. Gibson, Clarendon Press, Oxford, Eng. 1907, 546 pp., \$6.75.
- MacDougal, D. T.: Practical Textbook of Plant Physiology, Longmans, N. Y., 1901, 352 pp., \$3.00.
- Nelson, A.: New Manual of Botany of Central Rocky Mountains (A Revision of J. M. Coulter's book of similar title), American Book Co., N. Y., 1910, 646 pp., \$2.50.
- Peirce, G. J.: Textbook of Plant Physiology, Holt, N. Y., 1903, 291 pp., \$2.00
- Robinson, B. L. and Fernald, M. L.: A Handbook of Ferns and Flowering Plants of Central and Northeastern United States and Adjacent Canada, being the seventh edition of Gray's New Manual of Botany, American Book Co., N. Y., 1908, 926, pp., \$2.50.
- Small, J. K.: Flora of the South Eastern United States, J. K., Small, N. Y., Botanical Garden, N. Y., 1903, 1370 pp., \$3.60.

Soraner, P.: Tr. by Weiss, F. E., *A Popular Treatise on the Physiology of Plants*, Longmans, 1895, 256 pp., \$3.00, "An Admirable Treatment from the Practical New Viewpoint."

Stevens, W. C.: *Plant Anatomy*, Blackiston, Philadelphia, 1907, 347 pp., \$2.00.

Strasburger, E., Tr. by W. Hillhouse: *Handbook of Practical Botany*, MacMillan, N. Y., 1893, 425 pp., \$2.50.

Strasburger, E., Tr. by Lang, W. H., Noll, F., Scheneck, H., and Karsten, G.: *A Textbook of Botany*, MacMillan, N. Y., 1908, 4th Eng. Ed. 1912, 746 pp., \$5.00.

Warming, E., and Vahl, M., Tr. by Broom, P. and Balfour, I. B.: *The Ecology of Plants, an Introduction to the Study of Plant Communities*, The Clarendon Press, Oxford, Eng., 1909, 422 pp., \$3.25.

#### ELEMENTARY TEXTBOOK AND MANUALS

##### 簡單教科書及實驗課程

Andrews, E. F.: *Botany, All the Year Round*, American Book Co., N. Y., 1903, 302 pp., (with *Flora*, \$1.50.)

Atkinson, G. F.: *Botany for High Schools*, Holt, N. Y., 1910, 493 pp., \$1.25.

Bailey, L. H.: *Lessons with Plants*, MacMillan, N. Y., 1899, 491 pp., \$1.10.

- Bailey, L. H.: *Botany, an Elementary Text for Schools*, MacMillan, N. Y., 1902, 375 pp., \$1.10.
- Bergen, J. V., and Caldwell, O. W.: *Practical Botany*, Ginn, Boston, 1911, 545 pp., \$1.30.
- Bergen, J. V., and Caldwell, O. W.: *Introduction to Botany*, Ginn, Boston, 1914, (similar to *Practical Botany*, but briefer) (with *Flora and Key*, \$1.40.)
- Bergen J. V., and Davis, B. M.: *Principles of Botany*, Ginn, Boston, 1906, 555 pp., \$1.50; and its accompanying *Laboratory and Field Manual of Botany*, 1907, 90 cts.
- Coulter, J. M.: *A Textbook of Botany*, Appleton, N. Y., 1905, 365 pp., \$1.25.
- Coulter, J. M.: *A Textbook of Botany*, Appleton, N. Y., 1900, (The author's *Plant Relations and Plant Structures bound in one volume.*) 348 pp. \$1.80.

## PHYSIOLOGY 生理學

## ADVANCED TEXTBOOKS AND MANUALS

## 高等教科書及實驗課程

- Howell, William H.: *A Textbook of Physiology for Medical Students, and Physicians*, Saunders, Philadelphia, 1911, 4th Ed. 998 pp., \$4.00. (本書證據確實,敘述明晰,參考豐富.)
- Martin, H. Newell: *The Human Body, Advanced Course*, Holt, N. Y., 1896, 685 pp. \$2.50, *Standard College Text*.

Schafer, E. A., Editor: *A Textbook of Physiology for Advanced Students*, 2 vols., Young J. Pentland, Edinburgh and London, MacMillan, N. Y., 1036 pp., \$18.00. (材料豐富準確，

而對於生理化學尤然，參考書目紀載亦佳)

Verworu, M., Tr. by Lee, F. S.: *General Physiology*, MacMillan, N. Y., 1899, 615 pp., \$4.00,  
plant and animal physiology treated.

ELEMENTARY TEXTBOOKS AND MANUALS

Colton, B. P.: *Physiology, Experimental and Descriptive*, Heath, Boston, 1897, 399 pp., \$1.20.

Fitz, G. W.: *Principles of Physiology and Hygiene*, Holt, N. Y., 1900, 347 pp., \$1.12.

Foster, Sir M., and Shore, L. E.: *Physiology for Beginners*, MacMillan, N. Y., 1894, 247 pp.,  
75 cts.

Hough, T., and Sedgwick, W. T.: *The Human Mechanism*, Ginn, Boston, 1907 and later, Vol I,  
*Elements of Physiology*, 328 pp., \$1.25. Vol. II, *Hygiene and Sanitation*, 231 pp., \$1.25,

Also published in one volume.

Huxley, T. H.: *Lessons in Elementary Physiology*, Amer. Ed., Rev. by Lee, F. S., MacMillan,  
N. Y., 1900, 577 pp., \$1.10.

Martin H., Newell: *The Human Body, Briefer Course*, Rev. by Fitz, G. W. Holt, N. Y., 1898,  
408 pp., \$1.25.

Peabody, J. E.: *Laboratory Exercise in Elementary Physiology*, Holt, N. Y., 1902, Rev. 79 pp., 60 cts.

Peabody, J. E.: *Studies in Physiology, Anatomy, and Hygiene*, MacMillan, N. Y., 1903, 332 pp., \$1.20.

Pyle, W. L.: *Editor, Manual of Person Hygiene*, W. B. Saunders Co., Philadelphia, Pa., 1916, 543 pp., \$1.50.

Walker, J.: *Anatomy, Physiology and Hygiene*, 2d Ed., Allyn & Bacon, Boston, 1900, 490 pp., \$1.20.

### ZOOLOGY 動物學

#### TREATISES AND ADVANCED TEXTBOOK

##### 討論與高等教科書

Adams, Charles C.: *A Guide to the Study of Animal Ecology*, MacMillan, N. Y., 1913, 183 pp., \$1.25.

Bailey, F. M.: *Handbook of Birds of the Western United States*, Houghton, Mifflin & Co., Boston, 1902, 1908, 514 pp., \$3.50.

Galkins, G. N.: *The Protozoa*, MacMillan N. Y., 1901, 347 pp., \$3.00.

Downing, E. R.: Some Data regarding the Teaching of Zoölogy in Secondary Schools, School, Sci. and Math., Vol. 15, Jan., 1915, pp., 36-43.

Jordan, D. S.: Manual of Vertebrate Animals of Northern United States, McClurg, Chicago 1894, 3+375 pp., \$2.50. (對於認別脊椎動物者極有用.)

Kinsley, J. S.: Elements of Comparative Zoölogy, Holt, N. Y., 1904, 212 pp., \$1.35.

Packard, A. S.: Zoölogy (Advanced Course) Holt, N. Y., 1886, 712 pp., \$2.40.

Parker T. J., and Haswell, W. A.: Manual of Zoölogy, Amer. Ed. 1900, MacMillan, N. Y., 563 pp., \$1.60, Good on Classification.

Parker, T. J. and Haswell, W. A.: Textbook of Zoölogy, MacMillan, N. Y., 2 vols, 2d revised ed. Illus., 800, \$9.00.

Thomson, J. Arthur: Study of Animal Life, Scribner's, N. Y., 1906, 369 pp., \$1.50. (內載緊要之參考書目.)

Thomson, J. Arthur: Outlines of Zoölogy, Appleton, N. Y., 3rd Ed. 1899, 819 pp., \$3.50.

ELEMENTARY TEXTBOOK AND MANUALS

簡單教科書及實驗課程

Colton, B. P.: Zoölogy, Descriptive and Practical, Part I and II in one volume, Heath, Boston, 1887, and later, \$1.50.

- Davenport, C. B. and G. C.: Introduction to Zoology, MacMillan, N. Y., 1902, and later, 34 + 413 pp., \$1.10. (內載認別動物用之紀載與詳解及參考書目.)
- Davenport, C. B. and G. C.: Elements of Zoology, MacMillan, N. Y., 1913, 508 pp., \$1.25.
- Jordan, D. S., and Heath, H.: Animal Forms, Appleton, N. Y., 12 mo, \$1.10.
- Jordan, D. S., and Kellogg, V. L.: Animal Life, Appleton, N. Y., 1900, 329 pp., \$1.20.
- Jordan, D. S., Kellogg, V. L. and Heath, H.: Animals, (the two preceding in I vol.) Appleton, N. Y., \$1.80.
- Jordan, D. S., Kellogg, V. L. and Heath, H.: Animal Studies, Appleton, N. Y., 1903, 448 pp., \$1.25.
- Linville, H. R. and Kelly, H. A.: A Textbook of General Zoology, Ginn, Boston, 1906, 451 pp., \$1.50.

## 第十三章 生物學之設備

【選擇之方法】 教授初級生物學，每可用不甚昂貴之設備，而多所造就。但生物學教師仍當看學校之財力狀況，極力設法多得講解用之材料與儀器，惟不當費



有用之錢，爲無用之設備。普通最佳之計劃，卽爲先選定欲用之課本與實驗課程本，乃決定實行何種講檯實驗，與實驗室實驗，并酌量增減書中之所述者。此計劃完全之後，於是先開講檯用之實驗儀器單，再開學生用之儀器單。未開單以前，教師宜仔細翻讀問農 (Tamm) 之教授生物學之第六章與第七章，及該書之第三卷第一節與第二節，又讀勞特 (Thorpe) 書第八章與第九章，及賓格魯 (Bischoff) 書之第七章與第九章，又譬保德 (Peabody) 及享脫 (Hunt) 所著之初級生物學附篇，皆極有用。卽用爲課本者，亦可參閱焉。若學校教一學年之植物學課程者，則教師於未購實驗儀器以前，詳讀問農所著植物生理之第一部，與奧斯脫蒿德 (Osterhaut) 所著之植物實驗二書。

【學生個人之設備】 凡儀器之以備學生個人所用者，大概皆較爲簡單而不甚昂貴。習植物之決不可少者，爲一袖珍放大鏡，可爲兩種放大者，一自四倍至九倍，一自六倍至十二倍。此外應有一解剖刀，或普通小刀之較佳者，一鉗，二解剖用之針。解剖針或可代以大縫紉針，以針插諸舊木筆桿之一端卽成。實驗室中須有好磨石

一具，以備教師與學生不時之需。用品室中應有數個高等放大鏡，以備多放大之用，及觀察特別標本，用較遠之距離，及較大之平面場。

若為動物及生理之工作，則須有數個夾骨鉗及數軟骨刀焉。

【解剖用之顯微鏡】 各種解剖用之顯微鏡，皆較放大鏡為佳。如必須節儉，則以排兒 (Barnes) 式為最佳。斯賓塞 (Spencer) 製鏡公司加以改良，將玻璃座下斜面反光鏡兩旁之底木削去，使光不但自前面能入，自兩旁亦能入。且將底木之後展開，以便置解剖器具。凡鏡之配有兩個雙靈視 (Doublet Lenses)，可放大自六直徑至十二直徑者，其定價但為美金三元二角五。此鏡每學生應有一個。

【複式顯微鏡】 對於用複式顯微鏡之事，每易過於注重。以可善為利用之時間，多費於此。因複雜之器，運用既需技巧，若於兒童尙未用目光或簡單放大鏡觀察物之全體以前，即令用以觀物，則此學生必至昏亂，減少其熱心，而增加其倚賴性。雖然，若學校竟無一個複式顯微鏡，則無論其學校規模如何狹小，亦不得稱其為有相當之設備也。普通學校用品販賣所所出售者，其價雖賤，然有之反不如無。

標準之複式顯微鏡，有一可傾斜之座，有一穿孔之柄，有銼就之螺頂，以爲粗細配光之用。有瞳孔片，有纖維塵不入之圓式雙管，有蓋以硫製橡皮之臺，有二近物鏡（十六耗與四耗）二近目鏡（四耗與八耗）。鏡之似此者，可以美金三十三元許，向各著名公司購得。歐洲之著名公司，則有柴斯 (Zeiss)，稜士 (Leitz) 諸家；美國之著名公司，則有路雀斯脫市 (Rochester) 之包胥及郎北 (Bausch and Lomb) 之製鏡公司，與柏佛洛市 (Buffalo) 之斯賓塞 (Spencer) 製鏡公司。以上諸公司，皆極爲可靠。

以理想言，每班應一人有似此之顯微鏡一架。若欲較爲經濟，則鏡一架少則可供二人之用，多則可供四人之用。

當教師爲學校採辦設備時，此中至少應有顯微鏡一架，有極好之安倍 (Abbe) 凝光器，及高力近物鏡與下臺 (Substage)，以備其自己研究高深學問及特別表演之用。且遇款項充足，或必需時，即可添購顯微鏡附屬品，如澄光暗箱 (Camera Lucida) 及機械臺等等。凡教師能自己爲高深研究，則對於教授亦有良影響。故校董當

鼓勵此事，且與以相當之設備，及供給以攝影箱與暗室，以增其教授效率。既有顯微鏡，同時即應有切片機、切片刀與磨刀布等設備。如教師得有訓練，知如何切片、染色，及製造永久標本玻璃片，則彼又應有蠟爐、蠟、轉動檯、染料、養料等，以備製片之用，如能自行製片，有極多之便利，可增極多講演用之製片，可以鼓勵學生，使有願學之精神。但教師必真有此種訓練與技能，方可購置此設備。如尙無此等技能，則在大學之暑期學校可習得之。

【培養生活動植物之處】 凡教授生物之室，必須有活的動植物。故學校之有植物室者，皆希望有培養溫室與之相連。且學校之已有此者，亦復不少。如無溫室，可於窗外置架以代之。或用華登櫥 (Wardian case)，如間農書中 (植物教授法一二四頁) 所言者則更善矣。

養小動物之籠，欲求價賤，可自造一具。即以大圓白鐵盤爲底，上加以直徑與之相等之鐵絲網圓筒，再加以圓白鐵蓋即成。其相連之處，可以銅絲縛之。

至於水族池，亦可以大玻璃缸代之。然以金屬爲架，玻璃爲邊，製一大長方水族

池，價亦不甚貴，而大可引起學生之興趣。置水族池之地，以靠近教師講演檯之一端爲佳。因其與水槽水源皆相連近。且實驗室之旁，與實驗檯附近之處，必有長桌，以備安置用品，養籠之類，皆可置諸其上。關於購置水族池，養籠，華登櫥，蟲網等物之公司，本書第十章皆詳舉其名焉。

【普通儀器與設備】 解剖用盤，即可用五金店，百貨店所售之錫盤，珐瑯盤或磁盤。其邊宜斜，上寬六寸乘九寸，深約一寸半至二寸。欲將物體釘於盤上，可於盤置木栓片，其大與盤底約相等。若物體之小者，則以鉛條墜之，卽能在盤內頗穩固也。

標本瓶可用玻璃塞之封口瓶。生物儀器館有特造之玻璃筒，形狀大小不一，專爲裝置標本之用。且出售有玻璃蓋之箱盒，以備保存或展覽乾燥標本如昆蟲及植物之用。此種盒以硬紙片或木片爲之，其蓋則用玻璃片，或以纖維膠製之。若試購數個，一觀其構造之簡單，則教師與學生，卽可自行仿造也。

至於試筒，量管，滴藥管，班初里盆 (Petri dishes)，玻璃管，橡皮管，及其他器具，皆可購自公司，且宜與化學實驗室所需之物品同時定購焉。

至於保存粗笨之生理材料，如骨骸，心，肺，腰，腎之類，則取諸屠夫之後，即可置入普通肉屑罐中，內置福馬林（卽一炭酸溶液），固極爲便利也。

【掛圖】除教師與學生所採集之多數製就及生活之標本與自公司所購得者之外，更有掛圖，大足爲動植物人類生理學觀看之用。關於此者，有開氏 (Kry)，彼得 (Peter)，鍾氏 (Jung)，佛蘭克 (Frank)，咄氏 (Tschirch) 之植物圖，洛階鍾氏 (Leu Kardtchun and Jung) 之動物圖，鮑受 (Bauer)，斐雪 (Fisher)，高鉢 (Kolbe)，孔萊 (Kunrad) 之人身生理圖，與人體模型，皆爲德國製造，皆可運入美境，不須納費。此圖畫皆宜慎爲選擇，若能得有經驗者一顧問之，殊爲有益。

【模型】除圖畫之外，尙有種種模型，可備應用。或購自外國，或購自本地公司。模型之最需要以說明生理學者，有心肺模型，頭之剖面形，消化系模型，以及耳目等模型。

【動物製備與人體骨骼】製就之動物，有形狀極美，製法極巧，種類極多者，各公司俱出售之。如學校有積成博物院之意，則此等設備，固極有價值與趣味也。開氏

與薛黎兒 (Kry-Sherer) 之儀器目錄，皆詳載之，并有圖書。此中最佳者，爲脊椎動物之骨格模型，半骨格模型，卽一半填塞成生活形，而他一半則爲骨格形也。又有以多數瓶裝置全套標本，以表演動物生活歷史進行之情形。又有表格，表明昆蟲之生活歷史，以指明其摹仿他物之形狀，其損人與利人之點，其保護色與其與經濟有關之處。若學校每年皆爲此積蓄標本之事，則學生之有思想與才能者，亦將自爲採集與裝置標本。故此一事一着手進行之後，凡學生能自製者，皆不當購置矣。

凡教授生理學，一聯貫而成之人體骨格，爲不可缺少之物。因有此骨格，方能解說骨之如何可用爲身體上之槓桿，及筋腱與勒帶之如何聯絡。此等骨格，以三十五元或四十元美金，卽可購得。

【顯微鏡用玻璃片與幻燈用玻璃片】各儀器公司俱出售標準之顯微鏡用玻璃片，可以表演動物之組織，細昆蟲之各部與微生物等等。如能爲詳細及有限制之選擇，頗爲便利。幻燈用之玻璃片種類亦多，其優點甚多，遠勝於圖畫，價較賤而易於收藏。此種影片不但極有用於教授，并且可借用以在社會講演，使社會對於學

校表示興趣，且認學校爲社會之中心。

【政府印刷品之可爲學校利用者】美國農部、美國漁業委員會所印刷之報告、宣告書、研究著作、種類極多。對於教授實用生物學者，均極有價值。教師可函達美國農部之印刷局，囑其將昆蟲局、生物調查所、動物工業局、森林職務局、植物工業局之印刷品目錄單，及農夫報告書之有關於動植物學及農學郵寄以便參考。又可致書於華盛頓之政府印刷局，向其索寄政府出售之書籍，可爲學生與教師之用者。

美國農部之年鑑及他印刷品，若能由學校所在地之議員代學校指名請頒給，則無須繳價。又各處之農事試驗場，與各省之農務廳，亦多報告書，以備人民之索寄，俱不取價。又省立大學每有農學推廣部，其所出書報，亦多以供本省人民之自由取讀。欲得此等報章者，可直接函達該處管理員。

【生物設備不可少之原因】普通學校辦事人，對於物理化學之設備，尙知其重要，肯爲籌款購置。惟對於生物材料之用款，則或示反對。此皆因不知其便利之故。如教師能使校董部知此等材料之如何利用，則不難得其撥款開始設備之同意。以



後學生之熱心愈顯，則得設備亦漸易。夫儀器無論如何昂貴，必不能與校舍之價相比。若有校舍而無設備，則與有工廠而無機器相同。故教授用之器具，與教授用之儀器，其緊要固相等，且可與校舍同其不朽。此點為教師者當使校董見及之。作者為中學科學教師有年，尙未有不能得設備之困難。且信若學校不能有最低度之相當設備，其咎大概在於教師之缺乏進行心與才力。雖有數處之學校，社會及辦事者每為教師之掣肘，使其不能為科學之設備，但有能力之教師，必不願久居該處也。且彼亦不當久居該處，因其正可至他處圖發展也。

#### 關於第十三章可研究之問題

- (1) 試開列最低度之生物設備用品單，以供給汝學校授課之用。
- (2) 若汝學校但可有一顯微鏡，則汝將選何種及如何用以教授？試舉其故。
- (3) 可否借設計方法，在教授生物學或手工時，將生物學設備造成？
- (4) 何種緊要之生物學設備，可由學生可自其家庭取得以供給學校？
- (5) 用何計劃，可得自製之圖畫？學校中他科系中能否對此與以幫助？

- (6) 應如何計劃，以取得收藏及標載政府所發行之生物報告書？
- (7) 自此中報告應如何計劃以選擇及利用其材料？
- (8) 試擬一上校董書，請其籌款以供生物之設備。

REFERENCES 參考

關於販賣儀器及用品之公司，名錄見第十章末。

本章所言及之參考書及關於設備指導，可參看第十二章之末。

## 第十四章 地理學——基本原理

【新地理學】自十人委員會報告其地理學討論之經過，與泰氏 (Tarr)，戴維氏 (Davis)，祁盤氏與柏力漢氏 (Gilbert and Brigham)，都賴兒氏 (Dryer) 等繼續發行其教科書，與陶治諸氏 (Dodges) 在美國師範大學創設地理學雜誌以後，新地理學運動傳布全國，如火如荼。在此時期中，始於千八百九十四年，終於千九百

零四年，對於地形之原始，發展，分布，解說，分類，遂過於注重。其所作之實驗，不過在地形圖中尋出各種地形之舉例，且爲之畫橫斷面。其結果即爲對於地理及生物或人類之關係，皆受漠視。此種結果，實非新地學家之所願及其所預料也。

因此之故，戴維氏教授 (Prof. William Morris Davis) 當其被舉爲美國科學求進會副會長時，在地學組演講，提創一新運動，極力注意於動植物及人類對於環境之關係，而對於人類之政治經濟各方面之受地理影響者，皆詳加考求。

【地理學內容與方法之改變】 此新運動，限制地形，氣象，海洋學之研究。但求學者對之有普通之了解，以便其明瞭動植物及人與環境之關係。略去幾許之科學奇談，而着重於本國及世界強國之地理，以觀其何以控制全球，并使學者知此等邦國之人民活動，不但受地形，氣候，動植物生命之影響，且受經濟社會政治作用之支配焉。

懷德柏克 (Whitbeck) 教授對於此運動，曾述之如下曰：

第一點吾人當與學生以有用之地理智識，以養成其爲國民活動之資格。

吾人今日在學校教授兒童，每加意訓練古代之地理歷史事實，例如卑洛巴尼 孫戰爭 (Polapontian) 之原因，安姆非克東尼會議 (Amphictyonic Council) 之節略，而對於近世德國，日本，亞然丁則略而不論。此種教法，無存在之理由。雖古代巴比倫 (Babylon)，西鉢 (Thules) 民族之生活與實業，固當研究，然不可取以代關於近世墨西哥，加拿大，俄羅斯之智識。舊如僵石之事實，其價值比較活動之事實爲遜。將來之地理學，必爲使人得知今日各國各城民族之地理學，即政治與經濟的地理學，即一社會科學。但其基礎則立於地文學原理之上也。

【何種地理學智識最有價值】最有價值之地理學智識，第一當爲本鄉之地理，次之爲本國之地理，又次則爲與本國有密切關係之他國地理。其理似甚明瞭。其智識應包括能向地圖中指點出城市，國界，河道，海口，平原，山脈之極有興趣與意義者，能尋索旅行可達之道路，且能比較各地之大小方向與距離焉。惟欲透澈明瞭此等事實，則須有地形與氣象之智識，而知地文與物理的各天然能力，及控制動植物

生命之他種情形，以及其關係與原因。

至於他國民族與本國民族有何種社會、經濟、政治諸關係，當亦略有所知。

至於能如何搜尋及應用地圖、表冊，及政府之報告，皆爲組織地理文字者所不可少之技能。故此種地理智識，乃最爲可貴者也。

【地理學程之長短及其在課程表之地位】如吾人提議地理學程必須如上節所言包羅極廣，則縱令中小學校中有較善之教師，較善之設備，較善之教授法，亦不能希望於半年中達此目的。如對此緊要學程，但擬費半年之時間，則宜置諸中學校之第一年。所論以地文爲限，先論本鄉之問題，然後推而至於他國。所言者求其極普遍與極易印入腦中。事實與關係須準確而比例得當。至於經濟與政治地理，但可略而不授。如欲其內容較富，則可在第二年教授。第一年則先授以生理學焉。

【教師之觀點】本書以前數章所論者，皆欲教師得一正當之觀點，自心理與社會方面，知應有若何之比例，且知科學之意義，與人類進步之關係。地理教師亦當如此，惟彼更須有關於地理之正當觀點。有數條地理原理，彼須詳知，且用以聯絡彼

所教授之地理事實。有此原理，學生方能有利用地理事實之能力，與了解地理情形之心思，不至局於有限之見聞，而不能化此等原理。今但略述之如下：

人民與環境之關係 人類求生存之活動，受熱度水份分布之節制；熱度水份復受空氣運動之節制；空氣運動又受地形與太陽關係之節制。湖，海，河，山，高原，平陸，流域，海岸線，直接間接皆足以影響人生之活動。因其有關係於動植礦物及土壤之分布，且足以控制交通之路程與方法也。以上種種，皆為環境。人必有以適應此環境，或在此情形中，彼可使其自身自為適應。欲為適應，必先詳知及了解其環境，此則研究地理學之主要目的也。因適應之過程，而生種種待決之問題。此有用及有趣之問題，自學生之日常生活，以至於遠達地球之各處與太陽，且人生之環境，不但限於物理的及生物的，彼且須適應其社會，政治，經濟之環境。全球之上，無不有此人與人之反動焉。

地文學之過程與其結果 凡過程之合以造成各種地形者，約有三類：

(1) 地殼大面積一部份逐漸降低，他部份逐漸升高，或則穹窿，或則摺疊。

(2) 地殼有數處破碎，自其發熱之中心，噴出火石，或自一點噴出，有如火山，或則泛溢於大面積，如古倫比亞河 (Columbia) 之火石高原。

(3) 地之高者受大氣水氣及溫度改變之作用而受侵蝕。破碎之材料因受地心吸力而下降。雨雪及冰川乃挾此碎石以入海，高地漸成平陸。

河流侵蝕陸地，但不能使此陸地之平面，更低於該河流所灌注之區。此平面稱曰底平面。當河身受侵蝕既久，其斜面漸平，水勢漸緩，其速度但足以移動其所帶之泥砂，則吾人謂此河身已侵蝕至底平面。凡河在河口則愈近底平面，離水源近處，則其斜面較陡。故較底面高者日受侵割，較底面低者日受沖積。泥砂之沖積，由於速度之減低也。地面升降與水流運動之關係，不但河流如此，即湖海之邊岸亦復如此。

陸地之情形及形狀，皆爲此三過程之結果。所謂升降過程，火山過程，及侵蝕過程是也。此過程又爲物理及化學變化之結果。其進行不息，自海面上—有陸地即有此過程矣。

地文學之循環 此等地文學之過程，互相爲因，互相爲果，遂使高岸爲谷，深谷

爲陵，高峻之原，漸成平地。所尙能保守其高度者，不過爲堅強不易侵蝕之高地，散見於平原之間而已。此等被侵蝕之地，名曰子原（Penepain），此等堅強之高原不易受侵蝕者，名曰坡陀（Monandnocks）。地面之已成子原者，或復受變動，復行升高。於是侵入之過程復進行，在目下或已進行至最後一級，或方起首進行。美國之新英蘭南部，卽爲此種子原升高後復受剝削至最後一級，且加以受冰川之作用焉。

由此觀之，吾人對於河流及其經過之陸地，莫不詳悉其情形，則彼將來有何變動，不難預告。蓋其變化雖緩，然固與動植物之生命歷史極爲相似。苟吾人有此地文之觀念，知川流，湖澤，海岸，山陸，亦俱有幼，長，老三時期，則以之組織地理事實現象極爲有用，且使之成有意義之觀感，則記憶亦易。卽對於地文學現象何以與經濟政治趨向相聯合以影響於該地人民之活動，亦不難瞭然矣。

地理之影響 因此吾人有（1）地文學之影響，溫度，溼度，空氣之運動，巖石泥土之狀況，出口阻隔之有無；（2）生物學之影響，卽活物之互相關係；（3）社會之影響，卽指導人類行爲之趨向及目的。於是社會羣衆與個人必起應付此影響及控制。



例如人民之居於平原及富沃之地者，必以畜牧耕種爲事，必至人口增加覺受壓迫，然後起而發展製造。又如人民之迫居海濱，後有山脈之隔，惟前有港口之多，則其必爲漁業及海販也。

人之應付各影響者，亦有不爲天然所制，而思所以制天然。其人組織公私機關，以城市、省縣、國家之力，羅置工程人才，造築道路、鐵道、運河、堤防、溝渠之屬，浚河造橋，推而至於保森林之永在，防霜雪之夜來，皆所以制天然，以應人用。以上所述之作用與反應，皆爲地理之過程。在此過程中，人與天然，或人與人之關係，其因果大有可深思者。好問之心不但求其然，并求其所以然，不但尋其源，并求測其果。兒童固有發此等疑問之權利，施教者亦當酌量其智慧之程度而加答焉。

【地理學中之模範觀念與比較方法】 此等天然力無論在何處皆施行之，且各處受力之情形亦復相同，則各處之地形亦遂相似。例如墨西哥海股與高山之間有一狹條之海股，其長互萬賴克魯茲 (Vera Cruz) 城之東南與西北，與德坑 (Del Rio) 高原及孟加拉 (Bengal) 海灣中之海岸平原極爲相似。此二平原之原因相

似，在赤道北之距離亦相等，其餘相同之處甚多。故能詳知一平原，即不啻詳知他平原。其餘他海岸平原雖多與之相似之處，然各有其特性。若皆須分別研究，則記憶既難，意義又鮮。若能選其中之一以爲模範，而以其餘爲比較之資，則但須較其異同，即可增加各地之智識。河流，湖澤，山脈，高原，及各種平原，皆可妥爲分類。擇其模範，以資比較。蓋用模範觀念，能節省腦力不少。教師遇有種種機會，皆宜多爲利用，以幫助其學生，使能組織與了解地理之事實與關係焉。

又有數地面積甚廣，而全部之性質則極相同，即其高度，地形，氣候，生物，皆有相同之情形。例如太平洋之海岸平原，披德茫 (Piedmont) 高原，安拜拉親 (Appalachian) 山系，大湖濱地，密西西比流域，洛機山系皆是。對於此等區域，但略舉一區，則各地與之相聯者，皆可例推。其簡明可知矣。

【原因觀念之應用】 能推求次序，尋地理事實之因果，爲最要之習慣。蓋組織事實，皆以因果的關係爲其天然及論理學的基础，凡遇事實及過程，皆推論其原因，依其源流而分配，如是，則吾人可依模範而分類，且自現在可推測過去及將來。此合

理之討論，極與兒童好問之心相合。所以保守其興趣，輔助其記憶，窮源竟委之習慣，輸入學生心中，極為有用。因人欲能決斷其行為者，必需此習慣也。故對於地理事實，教師不當但問此為何物，此何在，必且問何以如此，將來將何如，對於吾人之性命及對於與吾人有社會及政治的關係者之生命有何影響。蓋事實之所以有學問之價值者，即以其有因果之關係，苟其因果與吾人無關緊要，則無必學之價值矣。

【研究地理之心思效用】 當解決地理問題及組織地理事實時，學生必習為下列數事：

(1) 彼必觀察事實與現象之與問題有關且可幫助解決者，其無關者則略去之。即彼須為選擇的觀察，方能成功也。此過程無論在田野或實驗中，解決問題，皆宜行之。

(2) 彼必學習如何表示其所觀察之物，以便將來推究思索討論之用。即彼須能製造圖稿及模型等，以表示緊要情狀，以便將來易於憶起。且在教室討論時，亦易使人明瞭。自己學習如何表示地形，則看讀他人之地圖畫片亦

遂不覺難。如是則將來能明瞭他人所作之地圖，能考察足跡未到之地點。此種習慣對於欲搜求地理智識者，極爲緊要。至於向何處尋地圖及記載之事，學者亦宜知之。故學習地理者，對於目錄之學，及搜查記載之練習皆不可缺也。

(3) 學生應學習將野外所觀察之地形，作分別及準確之敘述，看圖畫時亦爲此種敘述。蓋其人必求能分析，分類與概論也。

(4) 彼必以合理之研究法爲依歸。即彼須將情狀之與問題有關者加以分析。當將情狀已分析出後，當學習用歸納法自結果推至原因與原理，復用抽繹法，想及依此原理則在各種情形時將來有何結果。

(5) 其注意不但須加於地形之源流，及其如何發展及各天然力之結果，且必須注意於地文學之情形與過程，及社會之情形，如何合而影響於人口之運動，與民族之活動。換言之，即彼須學習將原因之觀念應用於物理及社會的關係也。

以上所述之思想過程，非先後進行，或分離進行，蓋解決問題時之思想，實非分離的或先後的，但教師不妨作如此想，以便其自行研究此思想過程，與指導學生學此思想過程。此等思想非若筋肉之可以體操，練成後即隨處可用。蓋解決一特別問題，即須有特別之心思活動。故欲得一能解決地理問題精通地理觀念之複雜能力，其道不在於用神祕之方法，以如何訓練記憶力，想像力，注意力，乃在於真實解決問題，以成此習慣而已。

#### 關於第十四章可研究之問題

(1) 試簡述近日對於地理教授觀點之如何改變。

(2) 地理最有用之方面若教授得宜，即為最足增長常識之方面，此說有何根據？

(3) 試總述地理智識之最有價值者。對於鄉居之人及城居之人，價值是否有不同之點？

(4) 研究地理之主要目的，以個人言及以社會言，俱以何者為基礎？

(5) 就此主要目的言，地理與歷史及公民學有何關係？

(6) 地文學中之三主要過程，是否可用以示九級與十級之兒童，而使之明瞭？如欲彼等明瞭，教師是否向之討論升降過程，火山過程等地質原理最適當之進行法當如何？

(7) 如欲授學生以地理循環地文控制之意義，其授法是否歸納的及逐漸的？或於開授學程時，即加以表示，將來皆用之以解說事實乎？試言其故。

(8) 讀僧姆潑羅之書 (Ellen O. Sample) 於教師有何益處？

(9) 舉例以明如何可用模範與比較之觀念以教授地理學，惟所舉之例當為本書所無者。

(10) 宜如何將學校及家庭所在地之地文與其有關係各地之地文相聯絡？

(11) 地理學中之原因觀念，何以對於訓練教育及常識教育俱若是之有用？

(12) 欲養成推求因果之習慣，宜如何進行？

(13) 宜如何計劃使本章所述為地理思想所需之各心思過程得相當之練習？

(14) 教授地理以本地有興趣之問題入手有何便利？

(15) 試爲一課程計劃，以明課本之正當用法。

#### REFERENCES 參考

參看十五章之末。

### 第十五章 地理學之方法

【以本地之問題入手】 如教師之觀點，與吾前章所述者相同，則彼必知研究任何種地理學，無論其爲物理的，政治社會的，經濟的，皆當自熟悉之局部問題入手。最好之問題，或爲吾人之飲水及洗水俱自何處得來？此問題若在鄉村即引入水井水池之問題，以及水之如何不涸源之何自來地？中水之如何運動？於是復引起溝渠之問題，以及收成之問題，與控制鄉村田野生命之問題。與溝渠極有關者，則爲土壤問題。本村有何種土壤？何土壤與何作物相宜？土壤何以不同？何物造成有此種問題，然後可引入田野研究，以觀察兩水及河流之侵蝕現象，及泥沙之產生與輸運。於是

必有巖石及成巖石材料之實驗室研究。因須解決此種問題，於是須研究河流，察其源之所自出，流之所并入。因研究河道之流域，則遲早必引起全區域之地文，及全部與各部之生命關係。因研究水源，推而至於雨量，推而至於空氣中溼度之分布及凝降，推至於空氣之運動與氣候，及地形與氣候之關係。由此可見每一問題可牽引與之有關之他問題，或由彼發生之問題。每解決一問題，即增積一學問。於是組織之使成小統系。學生之智識漸增，則將小智識又加入大節目中。

若在城市中，則水之供給問題，可引起自來水公司之研究。推而至於水源，復推而至於河道及其工作。若城市之溝渠問題，亦可引起河道之研究，且可推至一緊要之疑問，即本城所供給之水，是否受溝渠之淤穢是也。

又有交通之問題，即吾人之原料自何鐵道何水道來？吾人之製造品向何處去？何以選此路？其便利何在？其阻礙何在？故無論討論及何題目，皆可提出此類問題。蓋教師若不為中古式之論理學的次序所束縛，則此種問題之可應用於課程者，固極為豐富。凡對於兒童，每問題興趣之起點，皆須與其個人有關係者，然後與社會有關



係者。如吾人所用煤自何處來一問題，卽引起附近某處所開之煤礦，推而至於礦原之來源及歷史，與其地文之形狀。更推而至於礦工爲何如人，其生活何如，工作何如，其祖國何處，何以僑居吾國，如此輾轉相引，可至離吾國甚遠或隔海各國之問題，皆以個人及社會關係爲其導線也。

【教科書】關於地文學之課本良善可喜者，約有五六種。其內容與其選擇材料之方法，皆大同小異。教師喜用何本，固無軒輊，惟用法如何，則有關係。用法之誤者，卽爲認定書本，責人諷誦。用法之當者，卽以問題爲起點，然後令學生藉書以作參考，更合以觀察與思索，助以教師，以解決此問題。如是，則教科書之誦讀，野外及實驗室之觀察，教室之討論，皆成達某種目的之方法。且由學生觀之，此目的不復爲照例奉行之誦讀，及不自然之書房宗旨，乃求彼自身所欲知之事，且見及此事對於其生活之活動皆有關係，使彼能達其生活目的。或則使彼知與彼有關係之人有如此之關係也。於是教科書乃佔其應有之地位，卽彼爲參考材料之礦山，組織與溫習時之指導人。學生一入手學地理時，卽當使彼知地理學乃所以研究地，非所以研究書也。

關於教科書之應用，教師應知下列三要素：（1）無論何教科書，其材料較中學學生一年內所能領解者皆多，故絕對的宜加以選擇；（2）當教師選擇材料，但取原料在學生有意義及有本地之興趣者，欲多授材料，其危險每大於欲少授；（3）各地之情形不同，則所討論之問題，亦必有輕重不同之點。故對於本地之問題，教科書所提及者，或材料尚不充足，於是教師又必參考他單行本之研究書籍，及政府報告，以補足之。依此原理，則多山之處，學生宜多研究山及其細小節目，對於海及海岸則不必若海邊學生之須多研究。反而言之，近海學生則可少研究山，因其離山較遠，對山之意義，或不若是之深切。

雖然，守此原理亦不可趨於極端。兒童對於耳目所未見之物，或每銳於學習。較遠之物比較近之物為新奇，故多樂聞。此種天性不得謂之不善。處高山與大原之民族，若不知何謂海岸線及其意義，則與濱海居民必難表社會的或政治的同情，因不知其如何可以控制人民之生活也。

【野外旅行之工作】 其如何指導野外課程，吾於前章曾舉其大綱。對於本地

問題宜如何研究，泰氏之新地文學 (Tarr's New Physical Geography) 每章之後，皆有多數提議。又祁盤氏與柏力漢氏之地文學初步 (Gilbert and Brigham's Introduction to Physical Geography) 有附冊一本，名曰教師之指導。其中亦富於對田野工作有幫助之點。至於如何解決本地之野外問題之細目及進行方法，懷德柏克及馬丁 (Whitbeck and Martin) 之對於中學地理學程之討論報告，皆詳述之。又地理教師俱應讀蘇脫蘭之地理教學法 (Sutherland's Teaching of Geography)。又左賴兒之印地安拿地理研究 (Dryer's Studies in Indiana Geography) 一書，意思極多，尤以第九章爲然。

討論問題之次序與旅行之時間如能辦到，應互相聯絡。如是則野外之觀察可代表解決教室中所提起之問題的一步。搜求事實，自當在討論問題之時，不宜過先，亦不宜過後。然此每非可能之事。在野外搜羅事實，每在解決問題之先故當勸學生記憶之，以其能助將來問題之解決，於是即將此問題說出。或當討論問題時，尙未得有所事實與數目，則教師不妨告以將來在田野時宜注意某事實，且記憶時可與此間

題相聯絡，則將來旅行時，即可求證明矣。注意此點，每可增加記憶之聯帶，大可鼓勵工作之進行矣。

### 田野設計與問題 野外設計在各地易行者，今舉數則以爲例：

(1) 測量本地井之深淺數處，以定本地「地水」之永遠平面。但用繩索，大木塊，及長尺棍。

(2) 本地之土壤，如爲原有者，可查其爲河流遷徙者，或爲冰川遷徙者，何以各處有各種土壤？何種作物與何種土壤最相宜？其原因何在？觀察本地地窖與新井，若本地之土壤爲冰川土壤，則可定其是否靜土，或洗石子，或爲黃壤。且言明其存在之原因。如見有割線痕，大亂石，羊背石等，皆舉其原因。如本地有泉井，則自鑿井之紀載，以求此井之深淺，及其經過之土壤與地層。

(3) 如本地附近有河流，則可研究其流域，測其河道之深淺，河岸之斜度，何處爲水道所侵蝕，何處受堆聚，作圖以示水道之平臺與曲流；如有峽，則可畫各部之剖面形，比較其寬度與各部土石堅硬之程度。

(4) 將本地之河道，與他處之河道比較，用地形圖與地圖及已見過之河道爲根據，使腦中能造成一未見過河道之形狀。

教師對於本地附近之地圖，如有善本，當急求一份。此事可向美京華盛頓地質調查所一詢即得。旅行時必宜帶圖，對於路線及其他現象，皆可與圖對照。或變換其方法，先視地圖，然後覓實地以證之。用此方法，則學生之居近此處者，即不難速習看地圖之方法，將來於假期旅行，必覺地圖之可樂矣。

學生對於野外工作之態度，遇可行之時，當使學生對於野外工作，視為實行一種設計，搜尋事實，以解決某特別問題。不當視為無主要目的，但泛泛流覽，以冀得種種智識。例如至某河道，教師但云去看此河道與其流域，或但云察看侵蝕現象，則學生之態度將為被動的，所觀察為無定的，結論為不明确的。若教師舉起特別問題，則學生之迴想為觀察，定能立加以選擇矣。例如研究某港在某河流入之後，尋出下列各點：(a)何以該處有一島？(b)何以在其西面則有峻崖，而其他面則有斜平之坡？(c)在此點之下，則何以東面有峻崖，而西岸有斜坡？(d)敘述此部分河流何以有灣曲之習慣？峻崖及沖積土皆何由成？有大水時則有何特別結果？如用此法以說明明目的，自必多費時間及需精細之心思，但其結果必較善。若讀者不信，可親試之，而觀學生態度之不同焉。

【實驗室工作】 野外工作既如此，實驗室工作亦當然，即以設計問題為前提，縱不能全部如此，亦當一部如此。不當但視之為一種之訓練。地理之學既包羅甚遠，學生對於目不及見之地，皆須得其智識，故不可不多說明之材料。例如地文的、政治的、大綱的等地圖，以及地球儀、模型、圖畫、影片、礦物、巖石等等，無論在教室或實驗室，如能藉以成明瞭之觀念，皆當任意引用。如大地圖及影片於教室極為相宜，至於標本及地形圖，亦可陳列，或傳遞參觀焉。簡單之物理及化學實驗，有時亦極為緊要，但教師在講演臺行之，即可不必個人實驗也。

實驗室之設計與問題 現舉數種實驗室之問題與設計，以明何種工作最為緊要：

(1) 例如研究地水，可於深盤中直立玻璃燈罩數個，其大小均相等，一個內半裝腐植土，一個半裝沙，一個半裝泥，又一個半裝細石子，又一個一半泥一半沙，而上掩以腐植土。然後每個俱注以等量之水，待一定之相等時間後，乃量或秤水之滲透而過者，然後計算滲透過者為百分之若干，其被吸收者又為百分之若干。可將此數目在筆記本中列一表示之，復在有格之紙上，畫多數直線，以明各標本

之滲透性。例如若一標本能令百分之七十五之水透過，而吸收百分之二十五，則可以四寸長之直線表示百分，將下三寸填以藍色，以明滲透成份；將上一寸填以紅色以明吸收成份。又可將各類之巖石取而投之水中，待若干時後秤之，然後烘乾，復秤之。如是則可定每標本能吸收水若干。可將此比例列表或以圖示之。

(2) 在城市中，欲尋各種地形，以表明侵蝕作用，每不易得。但教師可用砂泥等物，聚積於學校空地，然後以學生之輔助，製成面積數平方尺之堆，以泥砌其邊。在此面積之一端，可砌成各種之地形，或用砂，或用泥，以代替地層之強弱，更作平原，高原，山脈種種形狀。然後用各種器具以噴沃大小之水點於此模型之上，則水或流下，匯聚成湖，亦復割削地面，以成流域，而沖積於湖底。所用之材料既極柔軟，則水谷與沖積之成俱極速。學生於是可將此情形畫圖或攝影，且在札記本中，說明其原因。復將此情形與一地圖上畫某遠處之地理者相比較，當令學生由該地圖想像某地之實在大小。用此種簡單之方法，山峽，平臺，瀑布，湍流，曲港，潦原，扇形沖積地，斜坡，三角洲等，無不可造成。即至於懸崖，海岸，以及海波與水流之洄瀾，亦不難以砂堆成。此種設計，定能使學生發生興趣。所當注意者，即當令學生動手工作，不當被動的坐觀其成，毫不運動其手足與心思。此種設計，自不如田野可觀察之實物，

然用以輔詳細之教授，大可使學生明瞭於地形天然之過程。否則殊爲暗晦難解。惟教師當時常使學生知實在之地形俱較大，而其進行則遲緩數百萬倍也。

凡學校在多山之區，而欲學生有海岸之想像，兒童長於冰川所成湖原之地，而欲其有大山之想像，俱非易易。教師如欲使之有此等觀念，而彼又無基礎以作比較，則極須應用心思方法以明之。但舉某地之高度與其面積，不足以達此目的，必有具體之比較方可。例如學校在小平原中，今欲使學生知大平原面積之巨，假設本地平原之長約爲十英里，今取一火車時刻表觀之，知特別快車經過此平原須若干時間，然後再看，火車過某大平原之時刻表，知自某城至某城特別快車所需時間共若干時，於是兩兩比較，則其廣闊之意義，不難自明矣。

如欲居山地之兒童有平原之觀念，或可引之至山頂，使之想像將山谷填高與山頂齊平。又居小山地之民，使之想像大山尙屬不難，惟居平原者即不易有此想像。然能引學生至水岸之懸崖，或附近之高坡，使之拾級而升，量其所需時間，與登高山所需之時間比較，更畫高山及高坡之斷面形，而以尺寸較其高低，復取高山之圖像，旁有大建築或樹林存在，更足以顯其龐大。

(3) 可用數個實驗時間以研究巖石與製巖石之材料，示學生以數可爲模範之材料，且加以簡單之試



驗，列表以明其觀察之結果。然後與以破碎之礦物，使之察認與敘述，更使之對礦物製造品及商用品，如磚，泥，石炭，建築石等之出於本地及用於本地者，令學生在地圖中將其出產地指明，且對於其礦牀石井，加以詳細之研究焉。

(4) 如欲研究某種地形，可令學生取數地圖之有此地形者，注意其經緯度；然後取合衆國詳細圍線圖，查察其所在；於是考查該處之普通地文何似，由何鐵道及何道路去；乃從鐵道指南圖尋其路線，更從路政局查其行車之時間，乘車之價目；自圖畫中查此種地形瀉水之情形，或其斜坡爲峻爲平，何以其道與城鎮在此在彼，是否與地形有關係；氣候之情狀何如，其地之侵蝕剝削爲新爲舊，其地之動植人之生物情狀何似，受地形之影響何如。以上不過略舉數例，教師可自行舉定何種特別問題，彼欲其學生自地圖中考查，加以指導與提議，使彼知向圖中可得何種智識，應爲何種測算，及作何種筆記。凡所求者必與所解決之問題有關。若教師自身不能爲此計劃，則當令每學生有善實驗教本，如泰氏 (Tarr) 及馮恩真 (Von Engeln) 所著者。取其中最與本班相宜者用之。如有時，間，則可再選其中之有價值者。惟最佳之法，爲使學生所作之數事清楚透澈，使之得充分時間，整理其理想與工作，不至因事多而忙亂，且不明瞭也。

(5) 尚有一種甚善之實驗室工作，即為取良善之圖畫，令學生加以解說及敘述焉。如此每可藉圖畫以代遠地之野外工作。例如令學生假設為大峽谷及其附近之旅行，或某火山高原之旅行，或某湖濱之旅行等，尋出其路程，乃作一想像的每日遊記，作路程之計劃，并計其費用，又假設每日所見及所研究。各物之事蹟可向鐵路局遊覽招待所詢問，取各種事實以作材料，更用種種地圖及遊歷指南，政府報告，地質調查所印刷品之易得者，或可得圖書館員之輔助，以檢查書籍。此種工作每可使之引起永遠之興趣，如實地旅行然。城市學校至暑假時，學生每至各地之有興趣者遊覽，教師正不妨詢學生以其來年所欲遊覽之地而加以研究。如曾經地質調查者，則可取得地形圖。當鼓勵學生購買地圖。如學生能攝影者，則攜像片來以示同學，不能攝影者，可作文以敘述其遊歷，載諸本校之地學雜誌中。此等實地調查，其關於地理之實用智識，勝於教科書之正式問答多矣。

【圖書館之應用】 如吾人提議將遊覽名勝之計劃，作為實驗室工作之一部份，則可利用學校，城市，縣立各圖館中之地理材料。惟指定與學生閱讀之書，必與學生之問題有特別關係，而使彼覺其有價值者。若彼覺其所研究者為其將來所親到之地，則必熱心為旅行之計劃，費用之計算，時間之支配。既知時間與費用之程度，則

對於其路程中每日所可見之物，必詳加以調查，於是必有肯讀書報之志願。故指定之參考必有定及限制，且與本問題有直接關係。且指定某章，某頁，與某題有關，學生讀後，即可得着實之智識，及可作口講與筆述之報告。

凡讀書之有經驗者，每知如何翻閱檢查目錄以求其所要之智識，選擇書名卡片以求其所欲之書籍。但以此望之學生則爲不當。彼必需一定之指導爲之訓練。凡書籍中教師自己未熟者，卽不當舉以爲學生之參考。蓋指定參考之材料，若選擇不慎不定，每足以起學生之厭心，使之畏惡圖書館。能爲有選擇之誦讀，如欲爲博覽及善讀者所不可少之技術。今若令之泛讀，則必不能得此技術。教師必當教學生以如何應用卡片，目錄，雜誌，索引，書目，答問，且知如何檢查年鑑，報曆，領事報告書等等。若教師自身無此訓練，則當於暑期學校習得之。如該處有圖書館管理員，則向之學習亦可。

圖書館之工作必不可少，但不宜過分耳。

卡片摘要法 與圖書館工作有關係者，爲卡片摘要法。凡遇學問之有永遠價

值者，例如關於某地理之有名著作，則學生當取紙片之有標準格式者，將此文摘要紀錄於其中。教師且可置一卡片箱，將此摘要紙片，依其題目之次序而排列之。該文之來源，題目，著作，印刷者，印刷之時間，及頁數，皆一一載於此片之上。關於參考書及與他片互見者亦載其上，以爲調查之助。

【原理與方法】 依以上數節所述之各點，吾人今可總述關於地理選擇材料之原理，及其各特別方法之如何進行：

- (1) 遇行得通時，以本地之問題爲入手點。
- (2) 用「人」的關係，將遠與近者；未知與已知者相聯絡。
- (3) 應用教科書以爲積聚及組織事實之助。
- (4) 當行組織時，觀念之排列，皆以原因之關係爲線索。
- (5) 由地文之現象，追溯至地文之過程；由地文之過程，追溯至物理原因。
- (6) 復由現在情形推斷其結果。
- (7) 以循環之觀念，適應之觀念，作爲統一各點之原理。

(8) 教師不宜假設學生之偶爲戶外觀察者，卽能對於實驗課程及教科書得有意義。吾人雖言教科書爲學問之源，但專恃教科書，則學生對於此學問，不能細得其解。故必有教員之指導，使有機會在野外及實驗室作選擇的觀察。蓋野外與實驗工作，皆缺一不可。但前者較後者更爲緊要耳。

#### 【討論題之次序】

作者之意，以爲依下之次序定討論題之先後，頗爲合宜。

(1) 地下之水，(2) 流水與湖水，(3) 巖石與土壤，(4) 陸地，(5) 大氣，(6) 全地球，(7) 以地域爲基礎溫習地文學，(8) 以動植物生命之分布爲基礎而溫習，(9) 以經濟、工業、社會等人生關係爲基礎而溫習，(10) 以位置地理爲基礎而溫習。令學生將著名各地散見於各緊要雜誌及日報者開列一單，先在掛圖中定其位置，然後再在暗射大綱圖中指出，以資練習。其法將來尙須詳敘。此種工作不但於最後溫習中用之，在其餘工作亦多可用。凡河道、冰川、山原之緊要者，當取以爲模範，及加以研究時，皆須定其位置。例如披德茫高原及大西洋海岸平原交界之處，有一低落線，凡緊要工業城市之佔此線上者，皆當指出其位置。

以上所舉之次序，未必即為最佳者，他次序亦有等善者。惟作者之意，以為教授地理，入手即用教科書中之數學性的地理事實，乃違背教育原理。因其使教師與學生皆有專倚重教科書之態度，而減少興味。夫地理既為研究大地之學，而非研究書，其起點當為學生所日見之地，而不當完全取材於書也。

關於第十五章可研究之問題

- (1) 就心理學言，研究地理以本地之問題入手有何優點？
- (2) 注意善用教科書與誤用教科書之法。於是將各標準教科書詳為比較，選擇汝所欲用者，并言明選擇之原因。
- (3) 汝附近各處有可旅行之點，俱開列成單，且指明在何處可以何物教授學生。
- (4) 對於野外旅行，其目的當為解決問題，而非循例進行。汝對於此點有何意見？可用批評態度討論之。
- (5) 教授地理而無充足解釋用之材料，其價值何如？

(6) 對於本章所論之實驗室工作，加以批評態度之分析。

(7) 對於圖書館工作，指定參考書皆有特別之目的。此點汝以爲緊要否？提議各點是否有理？可舉汝之意見。

(8) 汝有聚集卡片目錄之習慣否？如尙無之，此習慣是否宜養成？

(9) 關於本章所述之原理及方法八條，試舉汝之經驗，證明其需要與便利，且加以批評。

(10) 汝對於作者所舉討論題之次序有何意見？且可舉他次序。此種次序或但須一個，或以多爲善。可討論之。

(11) 用定位置地理法溫習有何優點？既讀普通地理之後，用此方法是否使之覺有興趣？

REFERENCES 參考

ON METHODS. 關於方法者。

- Brown, Robert M.: Map Reading, *Jour. of Geo.*, 4; 273-288, September, 1905, (with 10 sketch maps).
- Carpenter, Frank O.: Commercial Geography, *The New Science*, Proc. N. E. A., 1903, pp. 732-737, Discusses Method and Scope of Subject, Demands laboratory studies.
- Chamberlain, James F.: Report of the N. E. A. Committee of 1909, on Secondary School Geography Proc. N. E. A., D. W. Springer, Secy, Ann Arbor, Mich., 1909, pp. 820-828, also *Jour. of Geog.*, Madison, Wis., September, 1909, 8: 1-9.
- Davis, King and Collie: Governmental Map for Use in School, Holt, N. Y., 1894, 65 pp., 30 cts.
- Davis, William Morris: Geographical Essays, Ginn, Boston, 1909, 777 pp., \$2.75 Covers nearly every phase of good practice in the teaching of geography.
- Davis, William Morris: Teacher's Guide to Accompany Davis's Elementary Physical Geography, Ginn Boston, 1903, 30 cts.
- Dodge, Richard E.: Geography for the Secondary Schools, *Jour. of Geog.*, 7; 121-125, Round Table Discussions, Asso. Am. Geographers, on Humanized Geography.
- Dodge, Richard E., and Kerhway, C. B.: The Teaching of Geography in Elementary Schools, Rand, McNally & Co., N. Y., 1913, 7 + 248 pp. \$1.00 為小學教師而作,但對於中學教師極有用,尤以言設備及書籍各節為然.



Dryer, Charles R.: What Is Geography? *Jour. of Geog.*, 4, 348-360. 引歐美各名家之定義及解說。  
Gentle, M. K.: Geographical Textbooks and Geographical Teaching, *Jour. of Geog.*, 2, 227-243.  
360-368, May and September, 1903,

Geikie, Archibald: The Teaching of Geography, Macmillan, N. Y., 1906, 205 pp., 60 cts.

Gibbs, David: The Pedagogy of Geography, Pedagogical Seminary, 14: 39-100, March, 1905. 爲

普通討論之極完全者。

Goode, J. Paul: The Human Response to Physical Environment, *Jour. of Geog.*, 3, 333-343, September, 1904.

Jefferson, M. S. W.: Commercial Geography in Secondary Schools, *Jour. of Geog.*, 4, 425-432, December, 1905.

Jefferson, M. S. W.: Out Door Work in Geography, *Proc. N. E. A.*, 1904, pp. 583-588.

Jones Edward D.: Sources of Literature of Commercial Geography, *Jour. of Geog.*, 1, 151-155, April, 1902, very useful on the commercial side.

Keltie, J. Scott: Applied Geography, Philip & Son, London, 2s. 6d.

Keltie, J. Scott: Function and Field of Geography, Smithsonian Report, 1897, Washington, D. C.  
Merrill J. A.: Physiography in the Secondary School, *Proc. N. E. A.*, 1902, pp. 784-789. 特別注

意於野外工作。

Mill, Hugh Robert: Guide to Geographical Books and Appliances, Phillip and Son, London, 1910, 207 pp., 5s. 在英文書中,當推此書所舉參考書為最完備。

Morrison, G. J.: Maps, Their Uses and Construction, Stanford, London, Eng. 1902.

Sutherland, William J.: The Teaching of Geography, Scott, Foresman & Co., Chicago, 1909, 292 pp., \$1.25. 敘述各普通及特別之方法與設備,頗合於心理學原理。所載之參考書目頗豐富,且曾加以選擇。

Trotter, Spencer: The Social Function of Geography, 4th Annual Year Book, Herbert Society Univ. of Chicago Press, 56 pp., 28 cts.

Trotter, Spencer: Lessons in the New Geography, Heath, Boston, \$1.00.

Whitbeck, Ray H.: Geography in the Large High School, Proc. N. E. A., 1914, pp., 732-737.

Whitbeck, Ray H.: and Martin, Lawrence, The High School Course in Geography, Bull. Univ. of Wisconsin, Madison, 1910. 對於教師極有價值。討論方法與設備處俱極佳。

ATLASES AND STANDARD REFERENCE BOOKS.

地 圖 及 標 準 參 考 書

Bartholomew, J. G.: Atlas of the World's Commerce, Newnes, London, 1907, \$2.70.

Bartholomew, J. G.: School Economic Atlas, Frowde, London, Clarendon Press, 1914, 2s. 6d.

Baddard, F. E.: Zoögeography, University Press, Cambridge, Eng. 1895, 246 pp., Putnam, N. Y. \$1.50.

Brigham, Albert P.: A Textbook of Geology, Appleton, N. Y., 1901, 10+477 pp., \$1.40. 爲一簡單教科書。其中有對於教師之提議，說明在十九個大城之附近地點如何可進行野外工作。

Chamberlain, T. C.: and Salisbury R. D. College Textbook of Geology, Holt, N. Y., 1909, 978 pp., \$3.50.

Chisholm, G. C.: Handbook of Commercial Geography, Longmans, N. Y., 1890, 515 pp., \$4.80.

Dana, James D.: Manual of Geology, American Book Co., N. Y., 1895, 1088 pp., \$5.00. 爲美國之標準地質參考書。

Dana, James D.: Textbook of Geology, Revised by Rice, American Book Co., \$1.40.

Davis, W. M.: Elementary Meteorology, Ginn, Boston, 1894, 355 pp., \$2.50, The Standard American Text.

Diercke, C., and Gaebler, E.: (Editors). Schul-atlas, Westermann, 1914, 156 pp., Maps, \$2.70. — 極佳之地文圖及地理圖。

Dutton, C. E.: The Physical Geology of the Grand Canyon District, 2d Annual Report U. S. Geological Survey, 1880-1881, pp., 49-166, \$2.00, Also, The Tertiary History of the Grand Canyon District Monograph II, U. S. Geological Survey, 260 pp., with Atlas and Holmes's Drawings, \$10.00.

Freeman, W. G. and Chandler, S. E.: *The World's Commercial Products*, Ginn, Boston, 1907, \$3.50.

Gannett Henry.: *Manual of Topographic Methods*, U. S. Geographical Survey, Washington, D. C., \$1.00.

Geikie, A.: *The Teaching of Geography*, Macmillan, N. Y., 1906, 205 pp., 60 cts.

Gilbert, G. C.: *History Lake Bonneville*, Monograph I, U. S. Geological Survey, 429 pp., also in 2d Annual Report, U. S. Geologically Survey, 1881, pp. 169-200, \$, 2.00.

Gregory, H. E. Keller, A. G. and Bishop, A. L.: *Physical and Commercial Geography*, Ginn, Boston, 1910, 469 pp., \$3.00. 爲一高等教科書，將地理之兩方面，用人道眼光，加以聯絡。

Keltie J. S.: *Statesman's Year Book*, Macmillan, N. Y., 1911, \$3.00. 極有用之參考書。

Mill, H. R.: (Editor). *The International Geography*, Appleton, New York, 1900, 1088 pp., 70 authors, \$3.50. 對於大陸各地，作極有價值之討論，既饒有興趣，又不難讀，每校圖書館俱應有之。

Russell, I. C.: *Lake Laboton*, Monograph XII, U. S. Geological Survey, 283 pp., Also. in 3d Annual Report, U. S. Geological Survey, 1882, pp. 195-235.

Salisbury, R. D.: *Physiology*, Holt, N. Y., 1907, 770 pp., \$3.50, Standard College Text, Comprehensive and Very Suggestive.

Stanford's Compendium of Geography, Edward Stanford, London, 1904, 12 vols, Volume in United States, by Gannett, 1904, Lippincott, N. Y., \$5.50.

Sutherland William J.: Geography in Village and Rural School, Proc. N. E. A., 1914, pp. 738-742.

Times Almanac, New York Times, N. Y.

Tribune Almanac, New York Tribune, N. Y.

Trotter, Spencer: The Geography of Commerce, Macmillan, N. Y., 1904, 388 pp., \$1.10.

Upham, Warren: The Glacial Lake Agassiz, U. S. Geological Survey, Monograph XXV, 658 pp., 38 pl. 關於其餘專門或普通之地理參考書籍，可參看本書附錄 A.

## 第十六章 地理學之設備

【設備之造成】 地理學教室與實驗室應有何種設備，前已略言之。以之與物理化學生物學之設備比較，地理設備不得謂之昂貴。若每年逐漸置備，則數年之中，當有頗好之設備，若更保守得當，則大可持久，以供數載之用也。

【掛圖】 地理中最緊要之設備，乃為數套之掛圖。掛圖普通有二類：(一)為地

文圖，(2)爲政治商業經濟圖。第一類蓋以表示地文之狀況，如山原河澤等等。然同時亦有用以表示同暑線，同壓線，雨量區，植物區，海流線等等。對於政治疆界城市，每加以忽略，以便地文情形顯而易見。地之高低，則用圍繞線及各種顏色或影線之深淺，以明其高度。第二類之地圖，乃以表示政治疆界，城市，道路，鐵道線，汽船航路，碼頭等。又有一種以示農作物，礦產，森林，以表明經濟狀況及其面積。政治經濟商業地圖，亦每用影線以示高度，藉以說明何處有交通之障礙。此種地圖應有之良善性質爲

(1)準確。觀於裝圖者生平之名譽則知其圖之是否準確。(2)所示各點皆潔淨與明瞭。(3)遠示之力量。卽置圖在較遠處，其主要各點，是否顯而易見。漢本尼及薛濤 (Habeneicht-Sidow) 所製之地文圖，及科納與力波德 (Kuhnert-Leipold) 之高低圖，皆因有遠示之力量著名。此事殊緊要也。

凡掛圖之背，宜用厚布，上下俱有捲軸及掛條，以備懸掛之用。賣圖者每於圖上安活動之彈簧轉軸，且有輕固之鋼筒以裝圖，可免灰塵之侵入。此種裝置雖有運用便捷保全完好之優點，但價貴且非必需。如經濟有限，反不如購木軸之地圖，所省之

費，足以多購內容優良之圖。凡圖之不用圓筒保護者，其一端應有漆布一條，當圖捲起時，即可用布包裹，以免塵之侵入及毀壞。各公司所販賣之木箱以裝一圖或一套圖者，頗不適用。不如在室中自造一櫥，其中隙地較多，可爲將來添購放置之餘地。且可加以布置，於需要時可以易於取出。即學校之須搬運地圖於各室以備臨時應用者，亦以此種櫥爲便利也。

需要何種地圖 凡學校之教授地文學者，俱應有一套之地文圖，以示世界者，以示本國者，以示各大洲者。其示北半球與南半球之投射圖則可有而不必有。又球形投射之大西洋太平洋圖亦屬如此。若關於位置之地理同時須研究政治經濟商業各關係，則當有一套之政治地圖，其中包括本國地圖與其各大區域。

地文圖之最佳者，有漢本尼，薛濤，科納，力波德，基班的 (Kiepert) 及奧克斯福特 (Oxford) 等地圖，其著作者爲郝伯蓀 (Herbertson)。尚有一套，其著作者爲古德 (Paul Goode)。前數種出於德國，後一種出於英國，最後一種出於美國。芝加哥奧克斯福特地圖，美國人尚不甚知之。蘭得麥克腦利公司 (Rand, McNally Co.)。奧克斯福特地圖，美國人尚不甚知

之。左賴兒教授盛稱其美。言吾人當感謝郝伯蓀博士使吾人今有世界與各大洲地圖，以表示地文現象，土壤構造，熱度區域，以及壓力，風向，雨量，植物經濟區域，政治界限等等。至於古德地圖，地理專家或有稱其準確清楚者，亦有評其大小不合宜於大教室之用者。又有約翰斯登 (W. and A. K. Johnston) 地圖共有數套數等，及地文政治歷史各種類。其價依大小性質而別。其優者頗大而佳，其賤者則不適用也。

出賣地理儀器之大公司之可靠者，有波斯頓城之哈密公司 (J. L. Hammet)，芝更加城之尼斯脫浪公司 (J. Nyström)，與芝更加之蘭德麥克腦利公司。學校欲向外國購買地圖，皆可託此等公司免稅運入，或託紐約城之斯德克兒脫 (Stechert) 亦可。學校辦事人之有經驗者，皆喜向大公司購置。此等公司在各有名之書報皆登廣告。不當向不負責任之販賣所購置，因其喜以價賤時式之貨欺人也。

選擇地圖之當注意 未購地圖以前，教師當向各公司索取目錄以資比較。此等目錄可免價索取。如教師自無經驗，則將儀器單開列之後，送至大學或師範教授處請其指導。若大學師範有良善地理設備，教師尤宜自往參觀，與該處教授親身討



論焉。

表示地圖之方法 凡表演地圖以示學生約有三法。第一法爲購來之地圖卽裝置於彈簧軸小盒之中。此盒可附着於牆上。如欲用時，卽可將圖拉下，如下簾然。此法雖似便而實不然。因圖若欲演示得當，則其安置處必高。安置既高，則必用鉤棒穿入繩眼，方能拉下。此事頗不易爲。且二圖不能在一處互相比較，亦一缺點。第二法爲懸地圖於黑板頂上之嵌線。此法之優點，卽爲在一處同時可示數圖。若圖之有彈簧軸者，則可捲起置於該處數日之久無須移動。若他處須用，卽可移至他處黑板嵌線。其缺點則在於黑板嵌線每甚低，坐遠者每不能見圖之全部。若嵌線移高，卽無此患。第三法可應用於圖之有普通軸者及各種大小之圖表。卽將圖掛於一活索架，用活索懸於天花板，如第十章所述者。

本地地圖 除以上所述之各地圖外，學校中應有本省之鐵道圖，地質圖，本縣之大圖，本城之大圖。此種圖在美國各省之省政府皆以賤價供給人民。數省且有本省之大地形圖，各校皆當盡力取得之焉。

【黑板大綱圖】 此種圖，其面爲黑色，以示各洲之大綱，惟子午線及其平行線與大河湖澤，則皆爲白色。此種圖用以指出特別地點及其情形極爲便利，因可用五彩粉筆，在其上畫各種形狀，以解決課堂上之問題。如是則與本問題無關之各現象，皆可隱而不見，不至惹動注意與擾亂思想焉。當用畢之後，即可將所畫者擦去，仍可用以研究他種形狀。如欲保存所畫之物，以爲將來溫習之用，可於未擦去以前，加以攝影，製成影片。此種圖各公司俱有販賣，每校皆應有一套，包括世界圖，本國圖，及五洲圖。

【大綱暗射圖】 此種大綱圖與上節所述者相似，不過用黑線印於白紙與淡黃紙。美國波斯頓城之喜斯公司 (D. C. Heath) 及非拉達爾非亞城麥經利 (Makinley) 印刷公司，芝加哥之尼斯脫浪公司皆售之。用時可以五色鉛筆書畫其上。研究之法，教師用地文圖或政治圖與黑板大綱圖對照討論，而學生則各有一暗射圖，將所討論之各地形，及斷語，載記等，皆記於暗射圖之上。此法對於溫習，極有功用。如教師口誦某地形或地圖，學生即在暗射圖中指明畫出。於是各學生可互換其地圖，

以互相批評。或教師聚集之而加以批評。或將上列方法，反而行之。即教師指點黑板大綱圖而命學生急舉其名。凡遇此種定位置之工作，皆當有簡便之急速記憶練習，如以上所舉者，方有功效也。當指導此工作時，以確捷爲目的，如心理學之記憶實驗然。學生必喜爲之，且可得益也。

【政府之地圖】 美國政府各機關所印刷之圖，種類極多，價格極賤，而教師知之者乃極少。此實爲可駭之事。關於此等地圖之布告，各學校及地理雜誌，各標準地文學教科書之附錄，俱一再聲明。然各學校之有此類地圖者，殊不多觀。大部分之地理教師與校長或竟毫無所聞。欲得關於此等地圖之智識，可讀戴維氏 (David) 金氏 (King) 及高力氏 (Collie) 之「學校可用之政府地圖」一書。又學校地理雜誌關於此事之文亦多可讀。其第一卷之二百頁，第二卷之三百四十頁，及三百八十六頁戴維氏教授所著各文，及第五卷第一百二十八頁白朗脫 (Blount) 所著文。

美國地質調查所之地形圖 此種地圖皆用白紙印刷，以藍色表示河、湖、澤、海，以黑色表示路、鎮、橋、房，以青色表示森林，以櫻色圍繞線表示高度。其橫比例尺爲每

一寸或二寸爲一英里，其高度則以兩圍繞線相距爲十尺或二十尺示之。距海平線之高若干，於各點加以紀載。將此種地圖加以選擇，極爲有價值。一則因其解說教科書所載之各地形，二則可爲實驗室之研究，如上章所述者。地質調查所有百張一套之圖，藉以解釋各種之模範地形。且有目錄以備檢查，或依地形編定，如沙墩、冰川堆、摺疊山脈之類，或則依圖名而編定。每校俱應有此百張圖一套。惟關於本地之一張，則當依本班人數之數目，而多爲購置。又如選某種地形以爲實驗室之研究，而此地形散見於各地各圖，則此各地各圖，當依研究地形之人數而多爲購置，使每人各有一份。多處研究之計劃較爲一處研究之計劃爲佳。數省之地形測量現已完工，其餘各省或但數部完工。每張地圖之價頗賤，但美金一角。若購置在五十張以上，則價但六分。惟有數種圖不能多購，其價亦昂。如尼亞古拉大瀑布 (Niagara Falls) 及其附近是也。其價自二角至五角。此種地圖須得地質局長之名方可定購，且購時必先寄國家郵政匯票。如欲得該地圖之全價目單，可函寄局長索取，固不需費也。

地形圖片之糊裱及收藏 此種圖片若不安置之於普通大小之漂白布上，則

無論如何小心攜用，皆易毀壞，惟囑釘書匠裝置，其價殊貴，故教師學生皆當知如何行之。其法即將白布一方，用圖釘釘之於大棹之上，務使平直。然後以海棉蘸水完全濕之，乃用扁筆刷裱畫漿糊於地圖之後，以筆摩擦漿糊使平，更除去其過多者。如紙未柔軟，則可停止片時，但不可久待，致漿糊變硬。然後將地圖壓於布上，按定地位，先壓中央，後及周圍，務使紙不皺摺。壓刷時或可用筆，或用貼圖捲棒，或用軟布。置之約二十四時之久，以待其乾時壓之，以防其彎曲，最後以剪剪齊，即可用矣。

此種圖宜妥爲分類，置諸硬紙護書之中。不用時，則置木箱中。該箱或有扁平抽屜，前有鉸鏈釘之活門，或則架可推移，有如抽屜。護書抽屜及架俱應有簽題，依種類而分類。更爲卡片目錄，將圖之名稱性質，張數，皆記載於其上。爲此等工作時，教師亦當使學生多加參與焉。

集圖糊裱法 有時欲表示一種形狀，須聚集數圖於一紙，使成一掛圖方可。例如欲總集分圖數張，以示本地之地勢是也。爲此者，可將各圖剪齊，於其邊各留隙地少許，然後如上節所述，裱於大布之上，更裝以彈簧圖軸或木圖軸，即掛圖成矣。

泰氏之新地文學，舉此種集圖之名凡三十五，教師可從其中選擇應用也。

圍繞線美國大地圖 此圖以三張集成，可糊裱之成掛圖。裱後其大爲四寸半乘六寸又三分之一。該圖不但可用爲單獨研究，凡研小張者，得此大圖更可清醒眉目焉。

【地文與地質手冊】 美國地質調查所更發行兩種紙製手冊，極合於學校研究之用。手冊之有地圖、圖畫及敘述各地形者凡三。手冊之關於美國地質圖者凡八十餘套。學校俱當酌量購用。調查所之價目單中，言之甚詳。

【海岸圖表】 美國海岸測量局所作之引港圖表，對於研究海岸現狀者極爲有用。因其載有海岸形、水之深度、地之高度、與燈塔、浮標之所在，及他現象，爲習地理所樂知者。此種圖舊者不取價，新者每張五角。定購者須指明號數及先納匯票。通信處爲華盛頓城海岸測量局局長。

【河圖與湖圖】 美國密西西比 (Mississippi) 河工局與密梭里 (Missouri) 河工局，俱在聖路易 (St. Louis) 城，其所印之圖精美無比。研究河形者決不可少。又

美國帝初老城 (Detroit) 工程局所印之大湖圖表，亦解說湖之形狀，極饒興趣。凡學校之在此等河畔與湖濱者，定須將此等湖多加搜集與選擇也。

【氣候圖】此種或可向美國華盛頓城觀象臺及各附近氣象臺索取。每日發行，并不收費。各地理實驗教科書俱言其用法。每學校皆應有此等圖，令學生學習閱讀法，庶能知大風之行徑而為預告焉。

研究氣候圖，同時可用空白氣候圖以資練習，亦可向中央觀象臺及他處氣象臺以低價購得之。

【地球儀】地圖中所示之地形，除在中央各部分外，其餘對於大小形式，皆不能得比例的準確。欲糾正此誤點，宜用地球儀。約翰斯登之十八寸懸掛地球儀，有「月球」與之相對者，價約二十二元許。亦有價略賤者，然大概賤者俱不如貴者之精。以石版製面之地球儀，其大為十二寸至十八寸者，可用以教授各數學的地理事實。可以五彩粉筆於其上畫子午線與平行線，且可以示日光照耀於熱帶南非極圈之情狀。此地球儀亦可用架支起，如上節所述，且可移置於各教室焉。

除大地球儀外，尚有小地球儀，以便學生自用。價頗不昂，甚有相當之價值焉。

【模型與凹凸地圖】 模型與凹凸地圖價既昂而適用者又殊寡。因其欲藉以  
示山海之高深，凹凸程度小者不足以示之。然教師之善用者，仍可利用以得好結果。  
如學校經費充足，他設備已完全者，可向下列各處購買此等儀器焉。

戴維氏及開梯氏 (Orms G. C.) 所製之哈福地理模型可向波斯頓城真爾公司 (Ginn Co.) 購買。大概模型三個價值二十元。此種模型解釋各地文形狀之來源與發展。其優點在對於直上高度有相當表示。且其所表明者，面積狹窄，故所示各點及高低俱較為詳細。既可用以爲實驗室研究，且在教室中亦能使學生意義明白。  
波斯頓城之天然學會出有小冊子，以言明模型之用法。

開梯氏之模型亦三個一組，用以表示冰川、火山、海岸，足以補戴維氏模型之不足。

周恩氏 (Jontes) 之地球模型，亦準確而有價值，惟價甚貴。

賀維爾氏 (Howell E. E.) 之凹凸地圖乃標準的，各大學及大城市之中學俱



懸之於實驗室，頗有興趣及有價值。惟價甚貴，且佔地亦廣也。

賀維爾 (Howell) 及尼斯脫浪公司之五大洲模型，總價一百五十元。又美國之大模型，其大爲九十六寸乘五十寸，乃爲直徑十六尺之地球儀的一部，其橫比例尺爲每寸五十英里，高度則但虛增五倍。價值一百二十五元，其小者大爲三十四寸乘十八寸，價二十五元云。

尼斯脫浪公司亦販賣價值十二元之模型，但與其多買而皆不準確，則不如買一二準確者之爲愈也。

【氣象學儀器】水銀氣壓表之可靠者，各物理儀器公司俱售之，價約十五元。美國氣象局所用爲標準者，其價約倍之而有餘。地理學之儀器應包括良好氣壓表，標準寒暑表，乾濕球水份表，濕度表，與自製之風葉。其餘極有用者，爲雨量器，袖珍氣盒氣壓表，可以察氣壓及各地距海平線之高度者，與一最高最低溫度表。如經費充足，則可置一測風表，溫度自記表，壓力自記表，但不可用以代簡單之儀器。蓋愈簡單者愈必須也。此種儀器之用法，各氣象學教課書俱言之。觀象臺所發之觀察指南亦

有說明。

【礦物與巖石】 凡實驗室俱應有一箱簽就之礦物巖石標本，而尤以附近可得者爲然。賀維爾供給此種搜集成套之標本價亦不昂。且供給小塊爲學生個人之用。其美者大者亦有出售。每學校對於其本省所出產之礦石，泥土，建築用石，及他礦物製造品，更不可缺。若各學校肯互相聯絡，以有易無，則不但積聚可豐，且感情日密矣。

【圖畫】 研究地理不可無攝影圖片，銅版圖片，及三色圖等。此類圖可由書報及廣告中採集。又大鐵路公司，對於各鐵道附近之風景，皆製成圖畫手冊。其地理與美術之價值俱高，而價又賤。但須寄信與該鐵路之客車經理員，即可得此種材料極多。至於各水利公司於其營業有關之地點，亦爲製風景片及手冊，以供給社會。讀雜誌廣告，可知此等公司之所在。至於已糊裱及未糊裱之大照片，或稍着色者，各地之大像片公司俱出售之。讀地理雜誌之廣告者，不難盡得其名。圖之佳者，當糊裱而懸掛於室，其餘亦當安置護書之中，排列箱內抽屜，加以分類題簽及製目錄諸手續。有

如地圖然。糊裱之硬紙片可購自紙店，而糊裱則當師生自爲之。每圖俱當附紙一張，將各問題開列於其上。蓋圖之受選擇者，皆必有特點可以教授學生者。凡圖之無意義者皆當不錄。當教師選圖時，當以下數事自問。第一問即爲我所欲教者何物，第二問所教之問有何價值，第三問何種解釋材料最佳，第四問用此材料宜如何可得最佳結果。

有所謂 *Hölzel Charakter Bilder* 者，乃大圖畫之以布糊裱者，可以解釋地理之美麗方面。可由下列各公司運來。美國紐約城之開氏與薛黎兒公司，紐約之斯達格兒公司及芝更加之尼斯脫浪公司等等皆是也。

欲解說地理亦可用風景郵片。此種圖價亦不貴，可自友人之遊歷歐美各處者得之。俱可用於反光鏡箱及影燈之用於不透明物體者。

【影燈片】用影燈片以教授全班，勝於用圖畫。因影燈明亮，細小處皆不須費眼力即能看見，且全班同時可看。良好之用電影燈，但須半室黑暗，即可看圖。故用此燈者，教師仍能見學生，學生亦可爲筆記。能每日有影燈表示，所表者不過其臨時所

需數片，則較一學期但示一二次，而所示極多爲佳。若能二法合用，則更佳。卽每次所示者爲研究用的；總集所示者爲溫習之用。

儀器公司製造巨套影燈片以爲地理討論之用者極多。且供給分類價目表。其最佳者，當爲賀維爾所售之戴維氏所集者，每片俱極美而有價值。美國地理局亦預備多數影燈片，以解說地理有興味之各點。如本校附近有饒於興趣之地理，則該校當爲攝影製片，以便與他處交換也。

【黑板與模型檯面之應用】多數教師以爲模型檯面但可應用於幼稚園及低級小學，不宜於中學用之。但作者之意，則以爲不然。蓋但用口講而欲學生得新觀念，卽在中學年齡亦非易事。且多數教師對於黑板及五色粉筆，亦未充分利用。凡教師於講解之時，同時能在黑板能畫剖面圖及方塊圖者，較諸不能爲此者，其能否引起學生興趣，卽由此而別。但此亦不難學。教師如肯取戴維氏及泰氏之書中圖勤爲仿習，則不久亦有此技能矣。戴維教授當其欲在黑板上畫圖以示學生之時，於學生未入講室以前先畫好。然後擦去，使但留痕跡。於開講時，乃口講手畫，依前之痕跡急

速進行，使其次序極爲明瞭。如是則聽者所受之感印，極明而深也。

此種畫圖之練習，在教師自身亦能將其觀念整理清楚。學生仿教師此種行爲，亦有同等之益處也。

又教師於講解時，同時能聚砂作模型，亦所以振作學生耳目之法。用平面之圖形以代表立體之物，每生困難。若教師能聚砂以表示各種形狀，常能使學生將不易解之意義明瞭。教師每覺某種觀念極爲明瞭易解，不知其所以如此者，乃由於彼自身曾將此種現象曾加以幾度之觀察與回想，所以在彼心中極爲適合與相宜。今學生皆無此經驗，乃欲一語提醒之，則無論說法如何準確明白，亦不能使學生得之也。蓋因彼非惟前無經驗，且因未曾迴想與思索，不能作心理之聯貫，則新觀念固無由生也。故當此新觀念未發生以前，必當時有具體之形狀置諸目前，以促成此觀念之養成。

因此之故，教師應有一模型檯面，及砂泥之設備，與造模型之器具，以備不時之需用。若此種模型能以助學生明瞭不易了解之事實，則學生將不視之爲孩氣之物。

此種檯面之面積，當爲二尺乘四尺，且有半寸高之邊圍其四周。檯下可置匱桶，以裝泥砂。此等檯面本地木匠與手工學校皆能爲之。四周之邊，且宜可以移動，以便學生觀看。用模型以代表大面積之地與特別之物頗不容易，故教師當製模型時，卽當使學生知其但可以明大意，而不可過於苛求。且同時示以圖畫及地形圖，指出模型不全之處。欲使學生對於此點能察其不同，而不至誤會。教師可買市上所售之美國大峽谷模型以示學生，同時取地形圖與之比較，則學生必瞭然於此二者不能盡同之點，則將何信何從，不至無把握矣。

【表示四季之儀器】 欲表明四季之現象，最簡單最明白之方法，爲以影燈代

表太陽，置諸室中央之檯上，以傾斜之地球儀上畫白粉線以明子午線與平行線代表地球，繞影燈而走。欲影燈能放出平行光線，可將其投光鏡與前段聚光器除去。如影燈之光不足以照地球儀之全周圍，則可將光源移近聚光器。當地球儀繞影燈而轉時，保持球軸之傾斜，有如真地軸之向北極星。同時又將影燈旋轉，使其平行光常在球儀之上，則球面之受光大圈不難觀其大意。於是晝夜之分，及南北極兩圈之地

點，亦顯然可索矣。欲受光圈明白可見，必須房室黑暗，於是可將粉筆依光之所及，逐漸畫南北極兩圈。欲畫赤道圈，則可將影燈聚光器中發出之細光射於球儀上，此時北軸端離燈最近，南軸端離燈最遠。將地球依軌道繞行時，仍須保守此斜度。欲得小光者，可將小紙版一片，中剪一孔，大如小銀幣，置諸聚光器之前即可矣。

尙有一法，亦簡便可用，即於大水盆中央置電燈代表太陽，然後以針穿過一蘋菓之中心，浮之水上，以代表地球。惟特製之儀器以表示月球地球日球之關係者，各公司俱販賣之。其最佳者爲洛斯特德城 (Rochester) 階登納公司 (Gardner) 所售之四季儀器。其用法如何，該公司皆有冊子說明之。

【測日版】 日光版之製法與用法，蘇雪蘭 (Suther Land) 之地理教學法言之頗詳。該章對於氣候之實驗及觀察方法亦多建議之點。

【測斜器】 簡單之測斜器，亦可用以爲測平器。製法取平正之長方木塊一，將半圓刻度器釘於木塊之一邊，使半圓器之邊與木塊之邊相平行。於是尋得此半圓之中心點，以金屬片作一小擺，其下有尖，適在擺球重心點之下。擺之長以適至圓周

之刻度爲止。

此種測斜器之用法，爲將木塊置於斜面之上，使下面與斜面之方向相合。然後微動其擺，使之能遊離轉動。及擺靜止後，乃閱讀擺尖與圓心所成之角度。此角度卽爲斜面與平面所成之斜度。用袖珍指南針，亦可定斜度所謂地脈向 *Strike* 者，乃與斜度直面成直角之橫向也。

用此種測斜器以測平或測高，可行之如下。例如欲測某斜坡之高，先立平地，以手持測斜器，令其上邊與目光相平。然後依此方向，看定斜坡上之一點。惟測斜器之上邊，必極與水平相合。可託一人代視擺尖是否與半圓周之當中刻度相合，卽知其合於水平與否。既認定該點，卽行至該點。復立於此點，依前法再求更高之點。如是進行，由坡腳直至斜坡之頂。今將觀察之次數，乘眼平線離地之距離，卽可得該坡之高度矣。惟最後之觀察未必適合眼平線之高度，是當於計算時加以注意者也。

### 關於第十六章可研究之問題

(1) 試開汝欲爲學校購備之掛圖單。



- (2) 試作一書致校董，言明此種掛圖有必需購備之原因。
- (3) 設爲一課程之計劃，表明在同一課中，掛圖、黑板、大綱圖、暗射圖之如何互用，并指明應用之方法。
- (4) 如汝學校須第一次購買地理設備，汝可開一單，載明應購何種地形圖、地文及地質手冊，與海岸圖表等。
- (5) 亦將第四題之需要作書致校董言明其原因。
- (6) 開列實驗可用之設計與問題，言明氣象圖在該處如何利用。
- (7) 依第六題開單，言明礦物、巖石、地圖、圖畫及影燈片如何應用。
- (8) 對於其餘儀器，汝亦開單購置，依其緊要之次序而列前後，且言明汝爲此種區別之原因。

REFERENCES 參考

參看第十五章末之目錄，關於其餘用品儀器公司之名稱及地點，可看第十章末之目錄。

## 第十七章 物理學——基本原理

【常識觀念與物理原理】馬克氏 (Mach) 在其力學之科學一書中有云，人類因與物質及工業器具相接觸，於是得有常識觀念。及遇所觀察之物理事實，不與常識觀念相符合時，乃生發生問題之情形，而各力學原理遂因受意思索而發明矣。物理學之原理，如槓桿原理，浮體原理，熱之對流傳布原理，光之射角與反射角相等原理，歐姆 (Ohm) 之電流律，皆為一種明確便利的說法，以明在某情形某事實必重新發現之意。故此等原理定律，乃簡省吾人腦力之物，以一語或一公式，使吾心中即憶起某種事實與某種緊要性質之一定關係，無論其時間與地點之相差何如，皆有一普遍相同之關係也。凡發明原理概論者，亦時用直覺觀念。以其舊有之經驗為思想之指導。此法吾人用之，即兒童亦用之。至於新經驗之不與吾人直覺或常識相衝突者，則吾人覺其當然而不生疑問或不符合之感想。且新事實與舊原理相符合，

則依直覺之指導，而該原理之了解更深。如是屢試進行，原理與直覺皆因之愈明，愈有意義，而愈精密。久而久之，人對於事實，遂有可思議的，緊湊的，相連貫的，平易的觀念矣。

【以直覺及常見之事實爲起點】極緊要之事，卽爲教師在人手時，卽當認明直覺之職務與牢記科學與工業之密切關係。於教授物理學的原理時，皆於人手時用具體及生問題之景況，使學生覺有困難，或覺該景況與其直覺之經驗智識不符合。此種景況乃爲在常見境遇中發現新奇因子之景況，最足鼓動學生之好奇心與興趣，亦使之思想之惟一景況。由教育及心理之觀點言之，思想與但行記憶教科書中專斷言論，固大有區別。以前者言，學生方能搜求意義，學習迴想與理想。以後者言，學生方爲速成派之記憶，而所記憶者，除偶然外，在校外景況中，又未必能應用。教師中多每怪學生知原理而不知應用，卽此速成派之記憶有以爲之也。

由此等例觀之，學生固未解此原理也明甚。其腦中所有聯絡之線索，不過一問一答之字面聯絡。例如有人以巴士康之液體壓力定律，受此刺激後，彼卽依該律

之原文答覆。至於液體壓力傳布不減之真觀念，與多數具體事實之例，則未能加以聯絡。欲爲此種聯絡者，其人必對於液體傳壓之行爲，曾有具體之心思與司動神經之經驗。蓋對於物理學的原理，不能使學生一撞卽解也。欲真知一定律或原理，必應有能用此原理之能力。欲得此真知，惟當在與此原理有關之生問題景况中多練習也。例如學生曾用水壓表測同一層樓上之水管中的各處水壓力，無論各管之曲直何如，直徑大小何如，皆加以測量。又於他層樓上，作相同之測量。則彼對於巴士康定律，固不難味其意味，且能將課堂內與課堂外之關於該律之經驗，加以聯絡矣。

【符號與事物之聯合】 此心理學之原理頗爲緊要。今再加以討論，以求完全明瞭。

例如研究液體壓力，關於其內容組織，曾用下列諸項：

(a) 家庭與學校中之水管壓力。(用觀察簡圖與實驗)。

(b) 城市與鄉村之自來水機關。(用觀察與簡圖)。

(c) 總水管與水塔。(用觀察簡圖與影片)。

(d) 水壓機之壓力相等，及力之增倍。(研究模形與簡圖)

(e) 溫習以上所舉之例，察水性之相同，於是將巴士康定律發揮。

(f) 將此原理加以口述。(將此原理應用於上述各例處加以訓練，用歸納法加以溫習。)

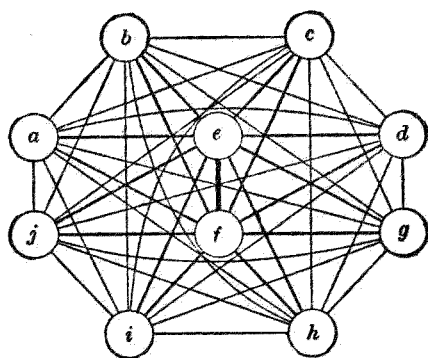
(g) 更舉水壓鑽及水壓剪，言明該原理之應用。(示以幻燈片或廣告紙。)

(h) 更舉理髮及牙醫用之椅如何應用水力原理，及與(d)(g)相似處。(學生交入其觀察所得之報告。)

(i) 空氣及自由車輪與足球之吹脹。(記憶熟知之經驗。)

(j) 用多數之問題之關於壓力傳布，及在壓機，鑽機，剪機，升降機，水管，水壩等之增力現象者。(此種問題不必在最後與學生，亦可於言至一物時，即與以問題。於每問題皆令學生注意引伸該原理之結果。)

若當此觀察實驗理想討論之時，俱與以聯合之機會，則學生之稍為勤敏者，在其記憶中，必有一羣互相聯絡之線索，有如蛛網之相附着。今試為圖示之。此圖不過藉以達意，使讀者得一較為具體之觀念，因以知教師如何使學生能造成有聯合之統系耳。在該圖中，吾人將 a b c 以至於 j 各觀念皆以圓圈示之。置 e 及 f



於中心，他圈則圍繞之，其記憶力聯絡之強弱，則以聯絡各線之粗細示之。其餘各觀念，除與 e、f 相連外，更互相連，則又以更細之線示之。凡此類之記憶統系，以一普通原理為其中心，而此原理又可與他有關係之原理依法相聯絡。例如有巴士康之原理後，則亞基米特原理不難略加以理想而得解矣。故善教授者，當將此二原理及其有關之事實加以聯絡焉。

如學生腦中既有如此之互聯的記憶線索，且造成此線索時，皆有活現，密切及滿意之感想，則當舉無論何圈所代表之一經驗時，其餘之經驗亦必聯帶引起，即該原理亦將受引起。反而言之，即引起原理時，其他經驗亦因受激刺而相隨憶起矣。由是觀之，吾人如欲學習一原理，於學校外能知應用，則其經驗必如上所述之妥為布置。如是則舉一經驗為激刺，他經驗即起而應付。即令有新問題發生，則因其記憶之線索既多，必有相似之點，遂可藉以引起原理之記憶，而知如何解決矣。

【觀念及藉以代表之符號】 有以上之解說，今可說明下列之原理。

凡字，定義，定律與原理之說法，及代數公式等等，皆不過符號而已。在科學中欲節省思想力，則此等物必不可無。然假令人對於物無正確之觀念，及符號對於物之關係，則符號固幾成絕對無用也。

如教師欲教授無論何課程，而得有成效，則對於此基本的心理學原理，應有透澈及明瞭之感。惟化學及物理教師，較諸授他科學之教師，每易漠視此點。因其所授之學，甚為符號式的。每用凝聚與專門之文字，以解說其內容。此二科學已達極有論理的統系組織。冒昧用以教授青年，每生危險。然苟用之得當，則對於養成條直，連貫，合於論理之思想，又甚有價值也。

【數種直覺觀念之說明】物理教師入手教授所用之最緊要原料，為常識觀念及直覺判斷。此種觀念與判斷頗難舉其論理的次序，且馬克氏有言，吾人亦不能定某種觀念及判斷較某種為緊要，宜佔前列，因其各有特點，且皆從多數經驗得來也。故下列各條，其先後之次序與緊要之次序無關，且所舉者亦極不備，不過用以提起意義而已。

(1) 天然之不斷性 吾人之常識觀念，以爲物之以前如此者，則遇相似之情形，其以後亦必如此。故解決多數問題，每須檢查其情形，教授時亦如此。

(2) 原因之觀念 吾人由直覺之習慣，每將二物同時或先後發生者，在思想中聯合之。遇一新奇事實時，亦欲令之與熟知之事實相聯絡。此種直覺趨向，每使年幼兒童問其父母何物使某物爲此之疑問。吾人現有之社會與教育行爲，皆能毀壞此好問心。若教師能重行養成兒童好問之習慣，則無論其他優點何如，在此一點，固已合法矣。

(3) 平衡之觀念 對於平衡及各點對於支點之鈞勢，常人皆有直覺之了解。而物理學之重心，平衡力，槓桿等等，皆與之有關。兒童之曾爲跳板戲，天秤玩具，柔軟身體遊戲，及負重者，對於此種原理俱略有所知。若教師於入手教授時，不即以書中之槓桿重心等定律強之記憶背誦，則其興趣必增加也。

(4) 力之觀念 凡人之曾用力推拉，及以棒擊球，以斧斫木，以椎敲釘及負重者，俱有此觀念。如對兒童不先與以力之定義，但先問以力如何量法，則其



心中之觀念頗明瞭也。

(5) 工作之觀念 凡抵抗阻力而舉重，及推拉物體者，每得此觀念。欲其明瞭，亦不在於早加以哲學的定義，而在於表示其如何量法。例如量其磅重與距離。

(6) 慣性之觀念 凡曾快跑衝撞及推動與停止動物者，皆得此觀念。

(7) 與質量相關之見解 常人有言物之大者動緩。此種見解每使質量與體積相混。欲使此等見解得清楚，每需細心及多時之經驗。若教師能於談論時，自將此區別辨清，而於學生經驗未多現象未清時，不强以懂得，則困難每可消除也。

(8) 遇有阻力則長久運動不可能之觀念 欲物動每須繼續加力，力除則物亦不久停止。擺動之物不能高過其原動之點。以上諸事，皆能引起此觀念。常人有言，水之高不能超過其源，又曰機器所施之工作不能超過於其所受之工作。此種觀念固為直覺的。然兒童每不之信，故對於永遠運動，兒童每多喜加

以辨論也。

【兒童對於物理所提疑問之一班】英國大物理學家丁鐸氏 (Tyndalls) 曾於其物理及教育之講演，舉述兒童曾對彼所發之疑問多條。此等疑問，皆丁鐸氏在漢潑沙 (Hampshire) 農業學校中所聚集而得者。該處有科學俱樂部，教師與兒童每聚會而討論此種問題。其疑問大半爲求知物之原因。於此即可見好奇之心與教師應養成好奇心之緊要。今舉例如下，此中有數疑問，皆可用爲討論緊要物理原理之起點焉。

皇家天文家有何職務？霜爲何物？何以夏季較冬季多雷電？墜星有何原因？四肢麻木時有針刺之感覺者何故？噴水高射之原因何在？筋縮之原因？面巾以水浸濕後則色覺暗者何故？露由上降或由下升乎？水壓櫃之原理何如？夏季空氣含養之成份是否較高於冬季？望燈與日者每見圓圈究係何物？雷爲何物？出汗有何原因？人昔日乃猴類確乎？靈魂與心思有區別乎？吃蛋是否與吃素之規則相違背？

以上所舉者，不過略選數條，然在此中已足見有興味之點極多。教師之有思想與能與學生表同情形者，俱可藉以爲討論各種問題之起點。丁鐸曾在上列各問中，選濕面巾與結露二問加以討論，運其奇談之才，用數簡單之物理學原理而說明之。丁鐸氏所用之方法，能使兒童漸漸引入原理之中，并能運用其數學與幾何學以解決問題。兒童所以爲此者，皆出於心之所好，而非專爲教師。欲觀其方法者，可觀吾所引之丁鐸言論如下。其所述者，但就研究幾何而言。惟教授數學與教授科學，自丁鐸觀之，當無二法。且由此亦可見丁鐸之熱心。蓋引人入勝之熱心，亦爲良科學教授者所不可缺少之物也。

我之習慣，每先令兒童自尋材料，或自書中搜尋，或由他處之實物探討。然捨實物而求書之例，竟未一見。

至於應用數學以解決物質之問題，吾人皆覺有增加快樂之感。每日常見之物，皆由此而得新興趣與新意義。鞦韆跳板繩索之緊張，足球之反碰，小兒童較大兒童轉彎之便利，皆成研究之問題。又如討論一婦人立於大鏡之前以自

照，該鏡之高與人相等，則此鏡之若干部份對於此婦人爲真有用。討論之後，吾人皆喜得一合於經濟之事實，即除去鏡之下半截，而仍能照見全身也。復得知聽蜂之響聲而知其每秒中振翼之次數，皆極有興趣之事也。

【時間與精力之經濟】 反對者常言用問題的方法入手須費時間極多，欲涉歷較廣者，必難爲此，不知但務多添材料，使學生對於不相聯絡之觀念，徒覺紛擾，而對於學問反生厭心，則廣爲涉歷者究有何用。反而言之，若能選數緊要及普通原理爲中心，將有關之材料組織而附着之，至於各問題之較難思索，及經驗未豐不能揣測而得意義之物，可暫爲除去，則時間亦可藉以節省矣。近日教科書之分量過重，人皆承認之。則又何必使學者完全吞下，奚不注意於較佳之組織乎。

研究力學之組織 例如研究力學所舉之各機械，如槓桿、輪軸，及起錨機等，固不必分開討論，若視其觀念與定律爲不相聯絡者，皆可置諸兩個原理之下，即力矩（Moment）之原理，與工作之原理是也。（蓋不計阻力，則各機所受之工作等於其所施之工作。）但用簡單與淺顯之代數替代法。凡例之合於前原理者，即可置於後原

理之下。自工作依原理即可得效率方程，更可加以運動之四邊形原理，蓋此可以解說斜面。又可加以牛頓第三律，推而至於重心，慣性，質量，等速運動等觀念。如是則固體力學之當爲中學生所知者，固已將列舉無遺矣。其餘各節目，因既有數緊要原理爲之綱要，則以聯合作用亦不難加以記憶矣。

至於關於液體之力學，凡遇流體氣體之受靜壓力現象者，則除其可以用上列各原理解說外，俱可組織之而置諸下列三普通原理中，即巴士康定律，亞基米特原理，與波以耳定律也。第二原理或可自實驗得來，或可自第一原理推演而成。第三原理則應用於氣體而表示其可壓性。在中學實驗室中無生高壓力之器具，足以明流體之有可壓性，教師可藉易受壓與不易受壓之不同以說明流體及氣體性質相反之處。蓋比較時若相同點與不同點俱舉出之，則殊有益於記憶也。

研究熱學之組織 即至熱之討論，須加入之原理亦復不多。如熱之對流程序，不過因有二等圓柱體積之氣體，其一因受熱而膨脹，其一則未受熱而密度高，重量不同，故生流動。且此種問題與實用頗有關。例如問學生何以初冬時在室內煤爐中

舉火，火煙每入房中，而不外出。則必能起學生之興味，而助其了解焉。如是則日用之經驗與液體壓力原理遂生關係。再用數簡單實驗，該過程遂可明瞭矣。且用實用之經驗以求得原理，則將來用該原理於他問題，亦必較易。例如厨下吹竈之方法，熱空氣熱水爐之管理，浴房等處之熱水機關，皆不難知其應用矣。推而至於大地之對流，例如海風，貿易風，颶風，及海水之熱流，亦因而易解。且學生見數普通原理可以解說多數天然質量能力之現象，而人之思想力亦因能摘要而得節省，亦必更感其便。由以上所述各問題可引至其他傳熱之問題。例如熱水瓶，茶壺，無火爐，取冷器，熨斗等之效率。復由取冷製冰等問題，可引論至煮沸與蒸發之情形，量熱之方法，比熱之新原理，及融解熱與蒸發熱。復可引論至各燃料發熱量之比較，蒸汽機之歷史。復由蒸汽機推論至馬力效率及近世物理學之觀念，如邁爾 (Mayer) 與鳩爾 (Joule) 之原理，或熱學之第一律。又自熱學與力學之關係，知由機械工作可生熱工作，可以磅尺之單位量工作，可以英國熱單位量熱。二量相比而得一定之比，即 778 磅尺成一英國熱單位 (以百進法單位) 即 42, 700 克糧成一格羅里 gram calorie) 夫工

作既可成熟，則必爲同物而異態，而可以不同之單位量之。此物者何，能力是也。學生至此卽未曾爲分子說及活動能力之思索者，亦不難得能力之意義。如教師欲於初步物理該分子學及活動能力之問題者，亦當於此處終了時論之。然不論及，亦固無礙於進行也。

由此觀之，卽在熱之研究，吾人亦可但取數緊要之原理而將事實及各智識，妥爲組織，置諸此數原理之下。如是則學生易於得益，且可省可貴之時間，多爲增強記憶聯合之訓練。蓋此訓練在物理學固極緊要也。

研究電學之組織 討論電學，可從簡單之電鈴問題入手。例如問電鈴何以有時無用，應之者必云電池用損，或云鈴失其配合之完善，是皆足爲研究電池及電磁之鼓動力也。電學機械如電報機，發電機等，大率由電磁湊合而成。故自研究電鈴，卽可言及其他電機之構造功用與效率焉。自一舊問題卽可推入新問題，興趣亦可聯絡不斷。言發電機與電動機，則必須用感應電流，重試法拉地 (Faraday) 之實驗。且由此可發見電磁感應之定律。於是感應圈，交流變電器，電話器，皆因其與發電機，電

動機有緊要相同之點，必於此推論及之。如是則各電器既因有聯絡易於記憶，而感應電流之原理，又可總挈其緒，使便於思索其動作焉。

發電機吸收機械工作，發出電流。電動機則吸收電流，而發出機械工作。觀於此二機，即當能提起能力變換與輸運之經濟問題。如欲量此等機械之效率，於是有量電流之問題，比較各導體之電阻問題。又須測量電流，電阻，電壓之關係（即歐姆定律），既須量效率，則必須有量電能之單位，於是須解「華德秒」(Watt second)，「千華德時」等單位。於復須知熱單位與電單位及機械單位之關係。由鳩爾之實驗，吾人知「千華德時」及「馬力時」之比為  $\frac{1}{746}$ ，即一千華德時等於  $\frac{1}{746}$  馬力時也。

從以上之討論，知吾人所以供給蒸汽機之能力乃為熱。其所發出者乃為機械能力。發電機由皮帶受此機械能力，其所發出者，乃為電力。電力復由金屬絲之傳導，或則成熱與光，或則入電動機，仍成機械工作。

討論至此點，學生方能捉摸物質科學中之大一統的原理，所謂能力不生不滅之定律是也。此原理若向之敘述過早，彼必不能得其意義。蓋此原理包括工作原理，



動熱學第一律，及電能變熱之原理，皆學生所曾習者也。且因電話機研究，知音波變爲電波，復成音波。且又因用測光器而知熱與光之放射，皆能爲機械的工作。學生之經驗既多，故爲之敘述大原理，則彼覺其爲總述而非爲教師之專斷。凡概論欲其有意義，非如此進行不可。否則，但成一段之空言，而無實物也。

故以電學言，亦以數個原理爲中心，再將多數事實組織而圍繞之。因有聯絡，故殊易記憶，不復爲瑣碎之事物，一一俟教師點明，方能在教室中作答也。

研究聲學之組織 就聲學言，教師先可布置數個實驗之問題，藉以立數緊要原理，爲聯絡數緊要事實之用。所用之問題，例如何物能發聲？發聲時其物理的情形何如？傳聲之媒介如何？此物是否必具有彈性？聲之速度何如？一發聲之物是否能使他能發聲之物震動？此現象在何情形方能發生（應節現象）？既爲此等問題之討論，學生此時或已有聲音如何傳導之疑問，且既知用實驗與觀察，以解決他疑問，則亦必急於解決此疑問。輾轉推求，彼將認波動說與傳導有關，而不認物質運動及對流與之有關。此時須研究水與有彈性繩索之波動。觀於各物體之俱有應節現象，卽能

知空氣之傳音作用，固與水及繩索之波動相同。且既知空氣受壓力時之有彈性，則彼將不難推測聲音之傳遞，由於空氣成波之疏密，而悟如有精密之測壓力儀器，即可探測此現象。教師在此時於是告以用振動火焰有彈性之氣盒與旋轉之鏡所謂高尼格 (Koenig) 振動火焰者即可測此音波。以如此進行實驗，為解說之方法，較諸一入手即正式言波動理論者，其興味既極為濃厚，且因其所得推論皆由於仔細用歸納法而來，更足以堅學者之自信力矣。

自此以後，可研究數種用絃樂器，如鋼琴，胡琴，琵琶之類，而注意於音板之職務，及絃動之情形。復研究數種用風樂氣，如風琴管，簧管之類，而注意於空氣柱之振動情形，及其應用。遂可推論至音強，音高，音色之不同，及樂音階之基本原理焉。

以上諸現象，俱可以數個有關係之實驗問題，及數個極簡單之原理，如波動，應節，干涉，及和音比例等理為根據，而妥為聯絡。學生依此有組織，有次序之事實進行，則必理路清楚，記憶堅強，不至為無關係之事實與定律所迷亂，以至不能運用思想，而但恃強記以塞責也。

研究光學之組織 研究光學亦可取一極有興味之問題入手。例如在黑暗之教室中，於窗上作一細孔，使外面之景物映於對面之牆或布幔之上，成一倒影。有此景况，於是下列疑問，皆可隨之發生。如何以有此影像？何種情形決定影像之大小深淺？自此實驗與其相關之原理，能否藉以決定該物體之大小遠近及方向？如攝影箱無鏡，是否仍可用以攝影？若孔愈小，則是否影像愈明，然亦愈淡？則攝影時是否須多費時間？影像及實物之大小，有何幾何學的關係？研究以上各疑問所得之知識，皆與光依直線進行之原理有關。故可卽以此原理爲中心，而加以組織。且運用簡單幾何學，如直線、直角、相似三角形諸原理，以解決問題。乃極有教育價值者。因此能鼓勵學生應用數學，且知其爲解決問題之工具，能使吾人得結論，且可藉以測驗結論之是否與實驗結果相合。既爲以上各問題之討論，學生於是當思及攝影可不必用鏡，而何以普通攝影術俱用極貴重之玻璃鏡？討論此問題之第一步，又爲作暗室之實驗，惟加一長焦點之鏡於洞孔，而注意影像大小、距離、明度及清楚之改變。此種觀察能使事實明瞭，然尙不足以答疑問。於是必爲鏡之實驗，細心考查其性質。由是乃知攝

影箱之鏡，能聚散光及平行之光，使會於焦點。如是則所成之影像，皆爲細小而極明瞭之點所成，而非由於大而模糊之影片所成也。

攝影箱及眼球以光學言有密切之關係，故由前者之研究，即可推及眼球與凸鏡之原理，以至於放大鏡，望遠鏡，顯微鏡，幻燈鏡，而討論其所成影象與直物比較之大小遠近位置的關係焉。

與以上問題有關係者，又有眼鏡，及其如何補助近視與遠視者之困難。在此時如欲答鏡如何能聚光之疑問，固不妨即與學生言光線曲折之理論。但其中尚有困難，如能延遲之至本學程將屆完畢，及加以溫習之時，方行提起，則學生之智識程度思想能力俱有增進，此時或較易於領悟也。

吾人於是又可提起平面鏡成影像之問題，及散光反射之應用，與光度表測光之應用。至於光之問題，固極有興趣者也。入手討論時，即可引虹霓之色，舊玻璃窗之色，三色印板之色，及他天然或美術物品以爲材料，而以三稜鏡原理選擇吸光原理爲中心，而藉以解說焉。

最後方可提起光之傳導問題。乃取波動理論以爲臆說。關於羅滿 (Roemer) 之發明，證明光自太陽行至地球必需時間，在此時亦可舉而說明之。且用測輻射之儀器而知熱與光皆爲能力。又光與水波有多數相同之性質，俱能受曲折反射及干涉作用。教師於此時可用二玻璃片或皂泡薄膜，於白光及鈉光之中，能成干涉光彩，藉以證明波動說。研究光學必直至此點後，方可見及光媒之「以太」較早言之，俱不相宜也。

由此觀之，關於光之所有現象，俱可以下列原理爲中心，而加以組織。卽光以直線進行之原理，相似三角形之幾何原理，光經過凹鏡與凸鏡之分散與會聚之事實，反射之定律，自乘反比例之定律，三稜鏡分析與選擇吸收等原理是也。

物理學全部材料之組織 由以上之討論觀之，凡力學，熱學，光學，音學，電學中較不易領悟之原理，俱可從簡單而有興趣之問題入手。或爲求性的，或爲求量的，皆以學生已有之智識爲根據。然後以實驗及思索，逐漸進行，以達於目的。於是又可將各細原理包括於數個較大之原理中。蓋此等大原理，乃物理學之總理論間架也。

【物理學之基本觀念】 物理學中之基本觀念，如時間，空間，質量，慣性，電及以太等等，皆可就能力之互變與傳遞，而知其關係。教師言及各現象時，俱可說清此觀念。至於尚有數個大原理，如動與反動之原理，能力不滅原理，能力遞降原理，相對性原理。初學物質科學者，遇現象之易於考查及學習者，皆可用此等原理聯絡之及總述之。至於原子學說及電子學說，雖不妨在學程終了時言及，但對於組織緊要之事實，固非必需者也。若此等理論提述過早，適足以擾亂學生之思想，使之離去實驗可證，觀察可得之事實，而入於狐疑幻索之景况中焉。

關於第十七章可研究之問題

(1) 汝宜如何教授物理學原理，使學生能應用之於新問題？試選一例，且爲之計劃。

(2) 試作一圖以明汝之計劃，(第一問)以明將各點如何用線索聯絡及其聯絡之方法。

(3) 何謂造成觀念？何謂將意義及符號相聯絡？

- (4) 選出數個物理原理或觀念，并說明其如何有助於思想之經濟。
- (5) 關於本章所舉之各直覺觀念，汝試言汝曾否覺其真實，而徑依之而行。
- (6) 普通常用之背誦定義方法，如舉力質量慣性等定義，與求如何測量力，如何知物體在各情形作爲之方法，二者比較孰優孰劣？試舉汝之意見。
- (7) 因討論丁鐸氏所用之方法，汝對於教授物理學之價值有何感想？
- (8) 對於本章所舉之組織物理材料之計劃，試舉汝之意見，以批評其當否。
- (9) 對於「非用了解說事實時不談理論」之規則，試加以討論。
- (10) 在中學教授物理，對於根本觀念，應如何應用？

#### REFERENCES 參考

關於物理內容及方法之參考，讀者可參看第十八章末之目錄。又附錄 A 中有書目單，可供教師與學生之用。

## 第十八章 物理學之方法

【分物理學程爲二部分】 今日編物理學教科書者，每墨守前人所定之論理的次序，遇一原理時，必欲將關於該原理之應用各點，無論難易，盡行說盡，然後再言及第二原理。此方法若用以編參考書，以備既有簡單物理智識學生所用，則此種組織法，不得不謂之最善與最合於論理的。若以爲教科書，以授初學者，則以心理學言，固謬誤也。凡問題之困難而需詳細與長久之注意者，當置諸學程將完結之處。此時學者既有自信力，且對於事實及推論，亦明知其區別。蓋學程進行時，必須將所得之事實與普通原理互相聯絡組織。由淺入深，必須逐漸而有次序。材料編排之步驟，當求與學生之能力及了解相合，而不必求合於有訓練者所定之抽象計劃。蓋所謂合於論理的次序者，固不限於一法，其法正多。其最適用於達現有目的，其足以教授及訓練學生者，即宜最早選擇。律師組織其案件之材料，其目的在使聽審者信而非使



其迷。彼對聽審者談論時，固不注意於其材料之組織是否合於法律書之分類。雖當其預備案卷時，固未嘗不樂依書中之分類法以備檢查。吾人對於彼之新組織法，不得謂之不合論理。因其對於本案復加以重新組織，吾人當謂之更合於論理。凡編教科書與充教師者，何獨不可行此法。故若將物理學程分爲兩部。第一部將易爲初學所悟解之事實與原理，依心理與論理的原則而妥爲排列。第二部所包含者，爲增補之材料，而爲有經驗者所公認爲困難而非學生所易解者。如是則較難之事實與理論，皆可置諸學程將結之時，組織成問題，以備學生溫習時之用。而於一年教畢該學程之計劃，仍不衝突。此法尙有一最便利之點，即可將學程隨意縮小或廓展，以適應學生之全班或個人的能力。此種活動方法，乃一教育原理，近日辦學者，固極注意之也。

若依此原理進行，則下列各項，如複雜機械，固體與液體之磨擦力，飛機風箏之解說，氣體體積因溫度與壓力之改變，氣機，電性應節，無線電報，電報接電器，各光學儀器互用各種鏡以生影像者，凹凸之照形鏡，動能之討論，加速度運動，用絕對單位

以量力，分子，遊子，電子各理論，皆需留置於學程之第二部分中。待溫習時，視學生之能力何如，或將其一部教授，或將其全部教授。其如何選擇，及如何教授，使與本課程之前部分有聯絡，且與各緊要原理有合於論理的組織，則全視教師之判斷何如耳。

關於初等物理學教科書之作者，其中亦有深信分散材料以適應學生之原理，故不依舊法，將書分成兩部分。凡應用此書者，皆覺結果頗為滿意焉。

【課程綱要】 大學入學部每有入學綱要，規定中學應修之各點。如中學教師欲其所授之材料與該綱要不相違背，則其組織教材之計劃，仍可依本書所述者。惟對於該綱要所注重者可多加以注意。蓋定此綱要者，固不求人之盲從其所定之次序，且每節俱加以相同之注重也。縱令不得不依此綱要，施教者仍可依本書所言之法，將大部分之時間，用於真正教授，然後再指定三四星期，為博泛之溫習，以備應試之用，固無不可也。

美國北中央部協會之物理學分 一千九百十年，該協會定一初級物理學教授綱要，以備適用於一年之課程。定此綱要之委員會，由物理學家，心理學家，及全國

物理教學會會員而從事於學校者組織之。此教學會之會員，由各緊要機關之與教授物理有關舉出而組織之。主持此會者，爲芝更谷大學教授曼兒 (Mann O. R.)。彼以二年之時間，調查美國教授物理之情形。其調查報告，屢見於學校科學及數學 (school science and mathematics) 之雜誌中。當時人皆稱爲物理教師之新運動。教育雜誌及物理教師多加以討論，此運動之結果，即將物理學與學生之生活引之使互相接近。且應用新心理學原理於教授方法，及使學程之內容不受入學考試大綱之拘束。其與入學考試部與紐約教授部所定者不同之點，即在注重於教師之自行自由的選擇及布置其教材。其所認爲不可缺少之題目，皆該會會員一致認爲在初等物理必不可缺少之物。今將其綱要載錄如下！

### 物理學

#### 定義 (一學分)

(1) 所謂物理一學分者，由一百八十個之工作時間合成之。每一個工作時間爲四十分鐘。兩個實驗時間算爲一工作時間。

(2) 工作由三極有關係之部分合成之。即爲教室工作，講演工作，及實驗工作。全時間之四分之一，宜專用於實驗工作。

(3) 凡分配實驗時間當用雙時間。

(4) 教室工作至少須研究一個標準之課本。

(5) 在實驗室中，學生至少須作三十個實驗，且應俱有詳細之筆記報告。其中至少二十個須爲測定數量之關係者，可應用數學以求整數量。此種定量之工作，可養成學生用數量思想之習慣。惟不宜於太求精確，以證定律，或用複雜之儀器，以定體性之常數。此種定量之實驗，不當與本大綱所載之單相差太遠。清單中之有 \* 記號者，皆爲此等實驗也。

(6) 教室工作之目的，在於使學生心中對於物理學名詞及數學，造成明白之觀念。對於本大綱所載之普通原理，亦有心受之領悟。且須訓練之，使彼能應用此等原理，以解決簡單實用及具體之有數量的問題。

(7) 舉行考試以測驗，對於本大綱所列各原理是否了解及能應用。

(8) 教師不必依本大綱之次序進行，惟彼自願如此，則亦不妨。

## 需要題目之大綱

下列之需要題目，並未將全年所需要之材料完全列入，蓋故意從略，以備教師視其環境之需要，得自由補充。惟凡材料之公認爲初等物理之必不可缺少者，爲中學年齡之男女兒童所能領悟，如上節第六條所述者，則皆包括於其中。

- \*1. 重及重心。
- \*2. 密度。
- \*3. 力之平行四邊形。
- \*4. 大氣壓，氣壓表。
- \*5. 波以耳定律。
- \*6. 游離表面流體，因受地心吸力所生之壓力，及在不同高不同密度不同形狀之貯器時之情形。
- \*7. 浮泛，亞基米特定律。
- \*8. 巴士康定律，水壓器。
- \*9. 重量乘距離所成之工作，以磅尺及克厘單位量之。
- \*10. 以工作量能力。
- \*11. 機械之定律，取得之工作不能大於放入之工作效率。
- \*12. 斜面。
- \*13. 滑車與輪軸。
- \*14. 力與力臂相乘，以測力矩，槓桿。
- \*15. 華氏及攝氏溫度表。
- \*16. 熱量及用克格洛里單位測量。
- \*17. 比熱。
- \*18. 蒸發水之蒸發熱。
- \*19. 露點，雲及雨。
- \*20. 融解凝固及融解熱。
- \*21. 熱之傳導及對流。
- \*22. 熱之輻射。
- \*23. 敘述能力之波動傳遞。
- \*24. 波長及波週。
- \*25. 振動體之發音，及在空氣之波動傳導。
- \*26. 音高及音週。
- \*27. 音調之波長與絃長及管長之關係。
- \*28. 應節。
- \*29. 音撲。
- \*30. 光之直線傳播細孔暗箱。
- \*31. 反射及其定律，影像與平面照形鏡。
- \*32. 曲折透明鏡之功用，眼及暗箱。
- \*33. 三稜鏡與散光。
- \*34. 光之速度。
- \*35. 磁性，相引與相驅。
- \*36. 磁石之力場。
- \*37. 地球磁性，指南針。
- \*38. 摩擦生電。
- \*39. 傳導體與絕緣體。
- \*40. 簡單電池。
- \*41. 電解，安培兒之定義。
- \*42. 生熱之結果，電

阻，歐姆之定義。<sup>43</sup> 歐姆定律，伏德定義。<sup>44</sup> 電流所生之磁場與電磁。<sup>45</sup> 電磁感應。<sup>46</sup> 簡單一轉之交流發電器。<sup>47</sup> 斷流所生之感應電磁，第一電圈及第二電圈。<sup>48</sup> 能力之不滅。

【圖書室之工作】 一年學程之初級物理，因須先作多數課本與實驗之工作，故圖書室工作，不能不受限制。然亦不可完全放棄。其進行之方向，可注意於參讀大物理學家之傳記，及物理文字之足以增快感，鼓勵與補充智識者，及著名關於物理事實理論及發明的演講。例如格雷利倭，柯般尼格，牛頓，波以耳，華德，格爾文納，伏打，傅蘭克林，法拉第，丁鐸，羅蘭，貝爾，愛迭孫，馬可尼，賴脫兄弟等之軼事，及彼等如何能得發明。或則選讀兌維，法拉第，丁鐸，洛治，戴華等在英國皇家學會之演講，及美國大物理學家在傅蘭克林研究所及在古般協會 (Cooper Union)之講演。蓋此等皆有感勵與智識之價值，且皆文字優美可讀，故亦當在英文班誦讀，則對於文學及科學，皆可增喜好之心。今日英文之舊文學，如 *De Coverly Papers* 者，每不為學生所喜，正不妨以此等科學文字代之也。

尚有一種參考文字，如能謹慎應用得法，則亦有大價值，即大科學家發明時自

叙之筆記。如法拉第，倫得根 (Roentgen)，安拉尼亞 (Arrhenius) 等所編者，今皆有出版者，以備學生之用焉。

尙有其餘書報，如霍蒲斤氏 (Hopkins) 實驗的科學，敘述如何用兒童在家庭及學校所製之儀器，以行實驗。又如科學，美洲科學，美洲科學增刊，通俗力學，通俗科學月刊等雜誌，皆足使兒童之好實用者，增加興趣與鼓勵。若使之讀後作成報告對衆宣讀，則雖不喜機械如女子者，亦將聞之而覺其有興味矣。

隨意之參考，不妨多爲指定。惟必讀之參考則不宜多，而當細爲選擇。凡指定後，則必詳細讀畢，且必須命學生作報告，如是則教師知其所要求之事，已由學生履行，而此參考之有益與無益，亦不難於此見之。如學校中若有科學俱樂部，則此等參考材料，學生每能自由搜查，以預備其在俱樂部宣讀之文字矣。

【實驗室工作】 依本書所言之物理學之方法進行，仍不須將各學校已有之設備棄而不用。雖學校實驗室中所爲之實驗，在中學無大意義，反不如不爲之爲省時。然大部分若但改良其表示之方法，即仍極有價值。例如言比重之實驗，依習慣進

行，每將該實驗之目的舉之如下。試尋求較水重之固體之比重。此等說法即缺乏意義，而難鼓動。蓋但言固體，而不言及其何用何爲，學生即不起注意。若吾人換一說法，如舉一問題云，某學舍建築，須將巨石一方塊擡高，則應需工作若干。欲答此疑問，卽爲以石之重與其擡高之距離相乘而得工作。惟石之重，又將如何求得，則略一盤詰，卽能使學生言及測量石體積之法。將石之每單位體積之重，與其全體積相乘，卽得總重。然欲知單位體積重，則必須測量其比重也。

又如言流體比重，不與以缺乏意義之實驗，而告其測量彼家中所購之牛乳，是否曾參加以水。如是，則彼有真正之目的，自求牛乳之比重，與量水稱之製造法矣。其餘類此者甚多，但在教師斟酌變換而已。如是，則測量電線之阻力者，不但爲無謂之測量，乃實際測驗炭絲燈泡與鎢絲燈泡節省電流之效率，而比較孰者適用。若依此法教授，則實驗室工作學生視之不復爲抽象尙形式無意義者，乃爲與解決人生問題有關。學生固有實在欲求學得之原因在也。

活潑的實驗問題之舉例 以此法裁製實驗問題，吾人可謂其態度乃活潑而



有生氣的，非注重形式的，今復舉數實驗設計之例如下：

(1) 據幾何學言，自三角形之三角，各畫一直線至與該角相對的邊之中央，則此三線相遇於一點。今試自紙片薄木片或鐵片中剪出一三角形，則此三角形之重心，或與對角線相遇之點有何關係？試舉汝之答案與原因，且以實驗證之。

(2) 今有貯物之箱一個，用一斜面自地平推上檯面，則吾人所做之工作，與向垂直方向舉起至檯面之工作是否相等？若不相等，則大小相差若干？舉其相差之原因。如何可增加斜面方法之效率？依汝所提議之改良方法進行，用實驗測其增加效率若干分。敘述在校外有何處應用斜面原理而極得利益。

(3) 同舉一物體，但改變斜面之斜度，則對於工作量是否有改變？對於向斜面方向所用之力是否有改變？變試作實驗，量用各斜度所用之力與工作，然後作答。

(4) 用滑車一套，舉此貯物之箱至檯面，則所做之工作，是否較用斜面為少或為多？所差若干？試測量其效率。然後與斜面比較。更測其效率是否因載重而變？於是畫曲線表明其關係。以載重量為經，以效率為緯。

(5) 用兩手握鏟預備送煤入爐，此時每手用力若干？試尋出之。又於十五分鐘之時間，試舉多數應力矩原理之例，并觀所舉之例能有若干。

(6) 視拔釘之鉗爲一種槓桿，然後用實驗與計算，求自各種木頭拔釘所用之力各若干。

(7) 用阻輪測驗法，求此水輪機之效率，更求水壓力與效率之關係，及載重與效率之關係。

(8) 用一直洋燈罩，及木塞，橡皮布，鼻針，木棒，玻璃管，製一抽水筒之模型。復改爲壓水筒模型。

(9) 又用燈罩，木塞，玻璃管等物，作一廚中所用之熱水櫃模型。於是用吸墨紙屑，察看其對流之情狀，而解說之。

(10) 此氣爐內所用之燈頭，是否較本生燈頭爲更有效率。若欲用此二燈，將二升之水提高其溫度，自普通溫度熱至沸點，可計算其費用而比較其貴賤。

(11) 此銅壺較諸彼鉛壺是否更有效率？當水既開始滾沸之後，用「慢煮燈」較諸用普通燈，但轉低其火焰者，是否更有效率？其相差若干？

(12) 銅之比熱較諸鉛之比熱孰大孰小？相差若干？

(13) 依此實驗教程所指示者，在此房屋之模型內，布置電鈴之裝配。且作圖以表示汝家中之電線裝置。

宜如何改良。

(14) 用此等器具與材料，作成二電信輸送站，而試驗通訊。用圖說明關鍵與開鍵時其進行情形何若。

(15) 居今日之社會中，用氣爐煮二升水使沸，較諸用電爐孰為費錢多？

(16) 取此二電動機試驗其效率孰大且相差若干？

(17) 當此音叉發響時，每秒鐘振動若干次？

(18) 此音叉所成之空氣波長若干？

(19) 用準音器測驗一長絃發音之震動週數比例。且求第一音階與第二音階之比例。絃長與其震動週數有何關係？

(20) 此準音器可得若干之和音與何種之和音？

(21) 汝攝影箱鏡之焦點長度若干？(此間可應用於望遠鏡及眼鏡等)。

(22) 汝能用此紙筒木塞及玻璃鏡製成望遠鏡乎？

(23) 取此魚尾燈，韋思柏 (Welsbach) 罩，煤氣燈，炭條燈泡，鎢絲燈泡，而比較其能力消耗與每燭光時之費。

以上之問題及設計，固未盡舉所有，或爲最佳者。不過舉一以示百。此種問題足以鼓勵學生之興趣者甚繁。蓋解決該問題所爲之事，與其日用人生皆有關係。教物理者每可取家庭中，商業中，工業中之物件，由應用物理學原理造成者，以作實驗之良善資料。例如無煙火爐，電熨斗，縫紉機，加壓烹飪器，電力真空掃地器，刨床，鑽床，電風扇，剪刀，開鐵罐器，壓水果器，寒暑表，爐及竈，量水表及量氣表，凍冰淇淋器，熱水瓶，家庭與學校之水管及熱管，造冰器，蒸餾器，氣機，電鈴，通告箱，電力燃燈器，鐘，電融管，氣車，發火器，電鍍，電印等等，及其餘多不可勝計。讀者可參讀本書第八章之實驗室教授，及曼兒物理教授法第十一章。

作者雖主張多用此類實驗，然非視從前盛行之正式實驗爲完全無價值。此中多數皆極有價值，卽日久亦不能除去之。不過教師用此等實驗時，必慎察其對於學生興趣之結果，而觀其是否能增長繼續研究之熱心。且對於其所解說之物理學原理結果何如，卽此實驗是否能使學生對於物理學原理增進興趣，并增進其應用於他方面之能力。此種測驗，乃極有實用而合於教育法。蓋教師須將所有實驗妥爲估

量。如該實驗對於此點缺乏，便當力去之，而代以較善者。又多數實驗可改換其題目，與以較爲有力之說法。吾前關於比重比熱及電阻各實驗，曾舉例以明此意。

過於注重實用之危險 若過於注重實用，實驗皆取材於家庭及工業之用品，則其危險爲實驗所欲示之物理原理，每不能藉以引出，使之明白顯著反覆解說，以致學生之智識每爲片段的，而無組織。因事實與其有關之原理未能與以充分之聯絡故也。蓋無論何種新法，仍不能代活潑教師之注意，及細心教學與嚴厲練習也。

吾人所當注意者，即在利用學生物質的與目前的興趣，引之入較高與較遠之興趣，使之喜爲智慧之活動與智慧之建設。自實物漸至抽象。惟吾人亦當知凡有抽象之真學識者，亦必有能力運用其智識於具體之工作。若人無能力應用之，爲人類圖幸福，則對於本人究無用也。

定性與定量之實驗 以上所言者，一方面言定性實驗之緊要；一方面又言對於定量準確之實驗現已過於着重。年少之教師讀之，或因之復有誤會，以至於有過與不及之患。不知選擇實驗，其緊要之點，並非視該實驗爲定性的或爲定量的，乃視

該實驗是否能使學生得緊要之結論，及運用嚴密之方法，與有節制之思想。例如命學生製唧水筒或壓力筒，筒須整好適用，且詳細敘述其構造與作用。此雖定性之實驗，其得益較諸測量電燈泡每枝燭光所需「華德」(能力之單位)有過之無及。蓋結果如何，每視作此實驗之精神態度注意及思想之透澈。又有一純粹定性之實驗，作者頗信其能練成有秩序之手術，與進步之思想。其價值與無論何定量實驗相等。即研究感應電流定律之實驗。此實驗方法，載於作者所著之實驗教科書中。此實驗之優點，即在於詳盡而合於論理的。凡建設該定律所需之關於性質的條件，學生皆可於此實驗求得之。

【逐步進行之秩序】 由以上所討論，得數結論，可以說明教學法問題所在，與改良之步驟。

(1) 近世物理學之內容甚為完美。但甚繁重，為初學計，當為削簡。

(2) 凡極抽象與理論的，或偶然而非明顯的，即事實學說與學生目前之目的，現有之智識，日用之常識，相隔頗遠，不能聯絡成一意義及有興味之問題。

者，皆當除去。

(3) 注重之點，應有改變。使注意於物理學之大活動事實，及事實與原理之有  
人生關係者。學生在鄉里即能目見，且知解決該問題之有用。

(4) 如欲學生學習細小及特別之原理或定義，則必使學生見其有學習之必  
要。即與學生以具體之問題，此問題與學生之現有智識及其好奇心有關。  
學生因欲解決此問題，則必用歸納法，逐漸推求此等定義原理與概論。

(5) 應時常將相同之現象彙置於一定義或一定律或一原理之下，以受該定  
義該定律等之解說。復將各類之現象，聚集於大原理，大概論之下。如是則  
學生心中視科學為一個統一的，分類的全體。若欲如此進行，則物理學課  
程，當加以重新之組織。當從具體的與特別的引至抽象的與普遍的，不當  
與此法相反。

(6) 教師當利用各種機會，助學生將其在校所得之物理觀念與日用問題  
之與該原理有關者急為聯絡。換言之，即使學生實地應用物理智識以練

習應用之法也。

如教師應用以上原理以教學，則學生對於該課程不生興趣者必不多。其結果必極滿意也。

關於第十八章可研究之問題

- (1) 主張將物理課程分爲兩部，及將其困難之部留至課程將完結時方授者，有何理由？反對之者又有何理由？此二方面之理由孰爲充足？
- (2) 北中央部所定之物理綱要，其影響及於各學校，汝以爲適當否？將此綱要與紐約省立大學教授部所定，及高等學校入學考試部所定者比較。汝對於本校教學擬用何規定？試言其理由。
- (3) 本章所言之圖書室工作，汝以爲其中若干可實行而無困難？
- (4) 若將實驗課程之問題，依本章所論而重行模範之，汝以爲是否有便利？其便利何在？
- (5) 舉五個或十個問題或設計，爲本章所未曾舉及者，將其中一個編成詳細



之實驗教案，以供全班之討論。

(6) 吾人應否全棄去純粹物理學，而專為實用研究之設計乎？試討論之，且舉理由。

(7) 對於本章進行之秩序一節所舉之各宣言，加以討論。其中以何一條為最緊要？

#### REFERENCES 參考

方法，內容，課本。

Abraham, H.: Recueil d'Expériences Elementaires de Physique, Gauthier-Villars, Paris, France, 1904, 2 vols., 247 and 433 pp., A Complete Illustrated Manual of Physical Experiments and Manipulation. 此書極有價值。

Bradley, Milton: Color in the Schoolroom-Manual for Teachers, The Milton Bradley Co., Springfield Mass., 1890, 99 pp., 75 cts.

Crew, Henry: Elements of Physics, Macmillan, N. Y., 1901, 347 pp., \$1.10. 該書說法極合於論理的，可為教師研究及學生參考之模範書籍。

Crew, Henry, and Jones, F. T.: Elements of Physics Revised, Macmillan, 1908. 此書較前書為不能脫離習慣.

Duff, A. Wilmer, Editor, and Others: A Textbook of Physics, Blakiston, Philadelphia, 4th Ed., 1916, \$2.75. 此書為新而可靠之高等教科書，對於教師，及有志願之學生俱最好.

Faraday, M.: Experimental Researches in Electricity, Dutton, N. Y., (Everyman's Library) 332 pp., 45 cts. 此書乃為原書之摘要，大概討論化學與電之關係，且足以表示科學法，對於教師及學生俱極佳.

Fleming, J. A.: Principles of Electric Wave Telegraphy, Longmans, N. Y., 1910, 906 pp., \$7.50. 此書為完全且新而可靠.

Fordyce, Emma J.: Physics for Girls, by the Scientific Method, Proc. N. E. A., 1914, p. 750.

Franklin, W. S.: The Study of Science by Young People, N. Y., State Dept. of Education Bull. No. 431, September 15, 1908.

Freeman, F. N.: Manual Training in the Service of Physics, School Review, Vol. 7, November, 1909, p. 609 ff.

Fullan, M.: Thomas Correlation of Physics and Manual Training Proc., N. E. A., 1915, pp. 996-1000.

Jackson, D. C.: and J. P. Alternating Currents and Alternating Current Machinery, Macmillan, N. Y., 1913, 968 pp., \$5.50.

Kent, W.: Mechanical Engineer's Pocket-book, Wiley, N. Y., 1916, 1526 pp., \$5.00.

Kimball, A. C.: Physical Properties of Gases, Houghton, Mifflin & Co., Boston, 1890, 238 pp., \$1.50. 教師學生俱可用。

Lincoln, J. O.: Practical Electricity, Cleveland Armature Works, Cleveland, O., 1904, 286 pp., 4th Ed. \$2.00. 以作者所知, 此書討論發電機電動機及傳電之教學, 俱極簡單完善。

Lodge, Sir O. J.: Mechanics, Van Nostrand, N. Y., 1892, 208 pp., \$1.50.

Lodge, Sir O. J.: Modern View of Electricity, Macmillan, London and N. Y., 1907, 518 pp., \$1.75.

Lodge, Sir O. J.: Signalling across Space without Wires, London Electrician Printing & Publishing Co., Van Nostrand, N. Y., 1909, 154 pp., \$2.00.

Mach, Ernst, Tr. McCormack, T. J.: The Science of Mechanics, The Open Court Pub. Co., Chicago, 1893, 3d Ed. 1907, 22+605 pp., \$2.00.

Mach Ernst: Popular Scientific Lectures, Open Court Pub. Co., 3d Ed., 1906, 415 pp., \$1.50. Paper, 50 cts.

Mann, C. R., and Twiss, G. R.: Physics, Rev. Ed. Scott, Foresman & Co., Chicago, 1910, 417 pp., \$1.25. 此書應用本書所主張之原理。

Mann, G. R.: *The New Movement Among Physics Teachers School and Mathematics*, March, November, and December, 1906, April, 1907, June, 1908.

Mann, G. R.: *The Teaching of Physics*, Macmillan, N. Y., 1912, 289 pp., \$1.00.

Maxwell, J. C.: *Theory of Heat*, Longmans, N. Y., 1902, 12 + 333 pp., \$1.50. 此為物理學之名著，每教師俱應讀之。

Michelson, A. A.: *Light Waves and Their Uses*, University of Chicago Press, Chicago, 166 pp., Illus., \$1.50.

Miller, D. C.: *Laboratory Physics*, Ginn, Boston, 393 pp., \$2.00. 極明晰與完備之實驗課本。

Miller, D. C.: *The Science of Musical Sounds*, MacMillan, N. Y., 1916, vii + 286 pp., Illus., Diag., \$2.50.

Perry, John: *Applied Mechanics*, Van Nostrand, N. Y., 1898, 686 pp., \$2.50.

Poincaré, L. A.: *The New Physics and Its Evolution*, Appleton, N. Y., 1907, 15 + 344 pp., \$1.75.

Pullen, W. W. F.: *Mechanics*, Longmans, N. Y., 1902, 378 pp., \$1.50. 此書對於教師及學生俱有提起意義之功。

Randall J. A.: *Chairman Joint Committee on Physics, Monograph Series, I. Announcement 2. Elementary Electrical Testing. 3. Edison Storage Batteries 4. Experimental Electrical Testing 5. Mechanics of the Sewing Machine, Free Copies on Application to J. A. Randall, Chairman, Pratt Inst., Brooklyn, N. Y.* 每教師俱當研究此等單行本，及該委員會所編之他書籍。

- Randall, J. A.: Heat, A Manual for Technical and Industrial Students, Wiley, N. Y., 1913, 325 pp., \$1.50. 極明晰, 教師學生俱有用。
- Schuster, A.: The Progress of Physics during Thirty-three Years, University Press, Cambridge, Eng., 1911, 164 pp., 12 daig. Putnam, N. Y., 1911, \$1.25.
- Sinclair, Angus: The Twentieth Century Locomotive, A. Sinclair Co., N. Y., 1904, \$2.00.
- Stallo, J. B.: The Concepts and Theories of Modern Physics, Appleton, N. Y., 1897, \$1.75.
- Symposium on the Purge and Organization of Physics Teaching in Secondary Schools Avery, L. B.; Baldwin, J. Mark, Butler, Nicolas Murray; Chute, H. N.; Crew, Henry; Dewey, John; Hall, G. Stanley; Michelson, A. A.; Millikan, R. A.; Strong, E. A.; Terry, H. L.; Twiss, George H.; and Woodhull, John F. School Science and Mathematics, December, 1908, January, February, 1909. (Also in pamphlet) Smith & Turton, Chicago 2059 E. 72d Place.
- Tait P. G.: Properties of Matter, MacMillan, N. Y., \$2.25.
- Tait P. G.: Heat, MacMillan N. Y., \$2.00.
- Tait P. G.: Light, MacMillan, N. Y., \$2.00.
- Tait P. G.: Lectures on Some Recent Advances in Physical Science, MacMillan, London, 1885, 368 pp., 9s. 欲知科學之內容, 此書最佳。

- Taylor, Sedley: *Sound and Music*, MacMillan London & N. Y., \$2.50.
- Terry, H. L.: *The New Movement in Physical Training*, *Educational Review*, 37: 12-18 January, 1908.
- Thomson, J. J.: *Electricity and Matter* Scribner, N. Y., 1904, 162 pp. \$1.25.
- Thorndike, E. L.: *Science Teaching as Seen from the Outside*, Bull. No. 34, N. Y., State Dept. of Education, August, 1907.
- Timbie, W. H. and Higbee, H. H.: *Alternating Current Electricity*, Wiley, N. Y. 1914, 523 pp. \$2.00. 此書為實用教科之善本，可為教師及有志之男生之參考。
- Twiss, G. R.: *Laboratory Exercises in Physics*, Scott, Foresman & Co., Chicago, 1906, 231 pp., 80 ets.
- Twiss, G. R.: *The Correlation of Physics, and Manual Training*, Proc., N. E. A., 1915, pp. 1000-1005.
- Twiss, G. R.: *Physics, Nomenclature and Formulas*, Proc. Central Assn. of Teachers of Mathematics and Science, Chicago, 1911, p. 18 ff.
- Tyndall, John: *Six Lectures on Light*, Appleton, N. Y., 1893, 17 + 272 pp., \$1.50. 此為名著，每教師俱當讀之。
- Tyndall, John.: *On Sound*, Appleton, N. Y., 1891, 448 pp., \$2.00. 教師須讀此以得科學方法之內容。學生亦可用為參考。

Tyndall, John: Heat as a Mode of Motion, Appleton, N. Y., 1892, 19 + 591 pp., \$2.00.

Urbhart, John W.: Electroplating, A Practical Handbook, Van Nostrand, N. Y., 1905 and later, 224 pp., \$2.00.

Vanderpoel, Emily C.: Noyes, Color Problems, Longmans, N. Y., 1902, 137 pp., 117 Illus. \$5.00.  
極有興味之書.

Watson, W.: Textbook of Physics, Longmans, N. Y., 1903, 951 pp., \$3.50. 此書在高等物理教科書中爲可讀而材料平均之書, 可稱教師參考中之最佳者.

Whetham, W. C. D.: Recent Developments in Physical Science, Blakiston, Philadelphia, 1904, 347 pp., \$2.00.

Woodhull, John F.: Science for Culture, School Science and Mathematics, 7: 83-93, February, 1907, School Review, February, 1907.

Wright, Lewis: Light, MacMillan, London and N. Y., 1882, 367 pp., \$2.00. 討論多特到處, 且有興味.

Wright Lewis: Optical Projection, Longmans, N. Y., 1891, 8 + 426 pp., \$2.25. 以專門家作實用之討論, 故極佳.

Wright, Lewis: The Induction Coil in Practical Use, MacMillan, N. Y., 1897, 171 pp., \$1.25. 明晰而有興味.

#### HISTORY AND BIOGRAPHY.

##### 歷史與傳記

Burns, E. E.: The Story of Great Inventions, Harper, N. Y., \$1.25.

Cajori, Florian J.: *History of Physics*, MacMillan, N. Y., 1899, 345 pp., \$1.60. 對於學生與教師俱極有用。

Carnegie, Andrew: *James Watt Doubleday*, Page & Co., Garden City, N. Y., 1905, 241 pp., \$1.40.

Ellis, G. E.: *Memoir of Benjamin Thompson*, Count Rumford, Am. Academy of Arts and Science, Boston, \$5.00.

Garnett, W.: *Heroes of Science-Physicists*, S. P. C. K. London, Gorham, N. Y., 1895, \$1.00.

Glazebrook, Richard T.: *James Clerke Maxwell and Modern Physics*, MacMillan, N. Y., 1896, 224 pp., \$1.25.

Gray, Andrew: *Lord Kelvin, an Account of His Scientific Life and Work*, Dutton, N. Y., 1908, 319 pp., \$1.10.

Jones, F. A.: *Thomas Alva Edison*, Crowell, N. Y., 1908, 362 pp., \$2.00.

Thompson, S. P.: *Michael Faraday, His Life and Work*, MacMillan, London and N. Y., 1898, 308 pp., \$1.25.

Thurston, R. H.: *Robert Fulton, His Life and Result*, Dodd, Mead & Co., N. Y., 1891, 194 pp., \$1.00.

Thurston, R. H.: *History of the Growth of the Steam Engine*, Appleton, N. Y., 1891, 481 pp., 163 illus., \$2.50.

Williams, Henry Smith: *The Story of Nineteenth Century Science*, Harper, N. Y., 1901, 475 pp., \$2.50.



## 第十九章 物理教學之設備

設備之造成 物理學之必須良好與完備之設備，固與他科學相同。在學校自當爲之斟酌情形，熱心購置。若經濟不大寬裕，則宗旨當在免去辦價格高而實用少之儀器。如向例必有之空氣唧筒，及其附屬品，與靜電發生機等，此種器具，在辦學之缺乏物理智識者，每指示人以自豪。然實驗之須用此器者，每可以較賤較美之他儀器代之，而所省之金錢，即可用以購買價賤而用多之貨物矣。凡才幹之教師，必自具有機械之技能。彼必認手工設備，如工作凳，及數種木工與金工之傢伙，以及刨版，木條，螺釘，金屬絲，金屬片，鋸藥，鋸器，玻璃管，橡皮管，木塞，橡皮塞等，乃爲極緊要之設備。學校之小者，即藉此以自造儀器。學校之大者，亦賴此修理與補充儀器。大凡教師至一學校擔任物理課程者，必見該校已有若干儀器。故其問題不爲開始設備，不過爲將不適用之設備，變爲適用者，將其已爲滿意者，復行補充之。

但無論如何，教師必先預備全年所欲進行之實驗清單。排列以時間爲先後，分爲二類，一類爲教師在講檯進行；又一類爲學生在實驗室進行者。第一類之儀器，但須每實驗有一組；第二類之儀器，則在每實驗，學生每人應有一組。如此則學生可單獨試驗，而不相倚賴。至於實驗須用較貴之儀器，如測電器，電流表，電位表，波以耳定律管之類，則一件可爲二個三個或四個學生之用。數個學生合成一組以共作。蓋有數種實驗，獨作固不如合作之美。若依本書以上各章所言之主張，則學生同時必須作相同或極相似之實驗。蓋以國內著名教師二十餘年之經驗觀之，皆以此主張爲不可移。因不如此，則教室工作與實驗工作，不能互相聯絡。既如此，則每實驗儀器之數目，必與一班學生之人數相等。一班之人數，不當超過二十四人。如能辦到，則凡分組共用之儀器，可依該組人數之多少，購十二個八個或六個焉。

開單定貨 凡販賣儀器者，俱願贈送各學校以有圖畫及價目表之儀器目錄。故教師購物，不難定其單內儀器之約價與其總數。此時如須減少，即減少其不甚緊要者。於是將最後之單，抄印數份，寄至二三個販賣所，令其將實價一一注明寄回。且

聲明如該販賣所包辦，則總數當若干。凡可靠之販賣所，對於標準儀器，其價目必相差，或不遠，或依價目單而九折。購買儀器不當多事講價，或利用商人競爭，以圖便宜取巧。如能依販賣者之價付值，而同時使其知吾人所期望在貨之可靠，而不但在於價之賤，并期望販商自重其榮譽，對於每件物品，皆必貨真價實。凡商店之最善者，皆以此自期。有不滿意者，彼極願自行取回。近來儀器公司漸多，競爭頗烈，各自奮力，以圖儀器之改良。故欲慎為選擇者，當詳細翻閱各公司最近之儀器目錄。各公司對於各儀器製造各有擅長。故教師之求最完好儀器者，不必向一公司購置所有儀器也。惟有時學校辦事者，須與本城之經手店舖訂合同，而不直接購置，則教師於開單時，必詳細聲明某物須購諸某公司，或言明某物必有某標記某部分。如是，則與本地之經手人無衝突，而仍可得最好與合用之儀器也。

【手工器具】 一較小之木匠工作凳與木作器具之尚有效率者，其價約共為美金二十五元。此外應尚有金工器具，如圓錘，小鋸，氣鉗，圓鼻鉗，扁鼻割物鉗，利刀，及各種粗細圓平大小之銼，鑽與鑽座，及小鉗與鐵砧。又宜有烙錫銅與烙錫加熱器，松

香與綠化鋅鋅藥，又宜有噴燈及風箱，以吹玻璃，又宜有割玻璃器以割玻璃片與玻璃管。更加以穿孔器，及水膠瓶，則工具亦可謂最低度之完備矣。此等器具之價，約三十元美金，總計之約爲五十五元。如尚有製螺絲之器具，則固極有用也。

至於較大之學校，每須多作修理等工作，經濟又較充裕，則可添置製螺絲之機床，磨光機，鑽孔壓機，及圓鋸。用電動機以供給能力。此電動機更可用以運動直流發電機，藉以得電流，以供影燈發光及作他種實驗之用。惟此等用電力之工具，非教師真肯用及能用，則不當購置。學校之有手工課程者，則此等工具必極完全，物理教師應可利用。然物理實驗室應仍有手工凳具，以便教師能急切修理儀器，同時又不須遠離其待指導之學生也。

【自製及臨時之儀器】如教師有充分之時間，且能使兒童有興趣，再訓練之使之輔助製作，則臨時應用之儀器可自己製造者，其數殊不可限量。若工具既多，材料又富，則產量惟受時間及技能之限制而已。物理學教師與手工教師若肯熱心合作，則在手工場即可製造多數有價值之儀器。有時更可將製造儀器爲一種設計教

學。於製造時既可教授以應用工具之原理與技能，而同時又得出產品與學生對於手工及物理學二學程之熱心。此種合作方法，雖有數學校行之，然大多數皆完全放棄之也。

儀器中之常用而易於自製者，有下列各項：

鉛錘與擺，不倒翁，斜面，槓桿，槓桿用重體，螺壓器模形，活動起重機模形，解說第二運動律用儀器，液體平衡管，開口壓力表，抽水及壓水唧筒模形，氣壓管，波以耳定律管，水輪模形，轉葉水輪模形，空氣溫度表，對流儀器，熱水箱模形，蒸餾器，懸掛圈與安培架，（以表示磁石對於電流之影響，安置於木版上之螺旋，以明磁場對於鐵屑之作用。）鐵版條，（以備作螺旋圈之心）電磁，電報發音器與健，電阻圈，感應第一圈與第二圈，衛德斯登橋，簡單電池，及電解水與金屬溶液之電池，雷登瓶，卸電器，發電盤，金葉測電器，測音器，真空內之鈴，冷姆福特（Rumford）及本生（Bunsen）之測光器，光學用架，照影鏡，（以試驗反射）長方形木塊，（以支墊各儀器）細孔暗箱，有顏色之旋轉器，折光瓶及小幻燈。

除以上所舉者之外，凡普通學校所用，向各販賣所購得者，若學校有手工之機械工具，皆不難自製。且同一儀器，其自製者與購來者相較，無論購來品外觀之如何

美麗，保存之如何完美，皆不若自製者之能引起興趣也。

【必須購置之儀器】縱令教師極爲巧捷靈敏，造儀器用之原料及他用品，仍需購置。且他職務之需要教師時間者頗多，又學校之各普通活動，亦待教師之合作。故購買製成之儀器，較諸自製儀器，更爲合算之問題，每引起人之討論。若某種儀器，因須巨量製造，售價甚賤者，則自以購買爲合宜。且有數個實驗應有較高之準確程度。爲此等實驗，宜用準確與堅固之儀器，外貌亦宜整潔。此等儀器自當購置，且選其與工業界所習用者。例如威斯登 (Weston) 電位表及電流表等是也。

用標準的工業儀器，有多數優點。足以知科學原理之實地應用，在校內之實驗與在校外之工業其理俱同。儀器之準確程度與其整潔之形狀，足以使學生起手續亦須準確合法之心。且對於儀器，亦知謹慎使用。又儀器既能使學生得準確之結果，則彼亦可藉以得真科學精神。科學精神者，求準確仔細，不但需合於論理之嚴密思想，且需靈敏之手眼者也。雖多數之實驗，用臨時自造之儀器，即完全合宜。然使自造之儀器構造拙笨，而運用時又須多費無謂之手續，則不得謂之合宜也。

物理學之儀器，亦有可向本地五金店中購買，即可應用，而甚便利者。今略舉此類之要者如下：

滑車與繩索，小水輪機，檸檬汁攪擾器（可用以試露點及他測熱之實驗）乾電池，分液電池，電鈴及電鈴壓電器，電線，銅片，鋅片，及玻璃杯（爲簡單電池之用）細小與標準之電燈泡及小電動機。

儀器中之緊要而必須向正當之儀器公司購買者，有下列各件：

彈簧秤，天秤與法碼，密達尺，輪與軸，斜而用之車，可拆開之瑞士鐘，蒿爾（Hull）氏之壓力表，長量筒，小蒸汽表（以量氣與水之壓力）肺量表，標準水銀壓度表，空氣唧筒，麥格德堡（Magdeburg）之半球，小鏡，佛朗冷斯瓶，水動機，速度指示器，可停錶。

試熱用之汽鍋，濕度表，試比熱用之銅條及鉛條，臧克兒（Junker）之測熱器，曹潑（Thorpé）表或氣體表（以測氣體燃燒之熱度）本生燈及橡皮管，溫度表，蒸汽機之剖面模形。

條狀之磁石及鐵屑，小袖珍指南針，蒂亞孫伏爾（D. Arsonval）測電器，有棉包與無棉包之銅線，及德國銀線（以爲製磁石及電阻圈之用）雙接電器，威斯登電表與電流表，聖魯意表演用之電動機與發電機，及其電磁場之裝置。

手轉及電轉之旋轉器，發聲器，辯爾登（Galton）吹叫器，音叉，測音用之火焰燈及旋轉鏡，風琴管，表演用之透明鏡一套，透明鏡之賤者以爲實驗室工作之用，（焦點長約自十寸至十五寸）實驗用之三稜鏡，測幅射器，牛頓包圈，及馬克斯威爾之雜色器。

**價賤之代替品** 以上所列之物，若教師之靈敏者，每能設法用他物代替之。例

如舊時鐘可用以代齒輪，以解說工作，打雞蛋之旋轉器，舊手鑽床及舊縫紉機，俱可以代實驗室之旋轉器。無價值之腳踏車，可以作最佳之輪軸迴轉運動轉扭擺等實驗。又用玻璃瓶橡皮塞，玻璃管，橡皮管，螺旋鋏等物，更佐以口呼吸，則凡實驗之須用貴重空氣唧筒者，皆可以此代之。又舊跑冰鞋可以之製斜面實驗所用之車，舊油罐或漆罐可以之製汽鍋，垃圾鐵筒可以之裝氣筒，鐘之舊發調可以之製小磁條，小木盒可以之製測音火燄之燈盒。教師之具幻想力者，一入玩具店鋪或百貨店中，即能見物之足以說明物理學原理及問題者極多。例如一價賤之小修容鏡，每可用以作凹鏡成像之實驗，又價賤之玻璃燈光反射器，亦可用爲此實驗，而其背則成一凸鏡。又裝飾品用之明亮玻璃球亦可應用。百貨店中所賣之眼鏡，其焦點距離長短不一，



凡實驗之需用各凹凸透明鏡者，皆可購以應用。又空氣柱震動之現象，及吹管樂器，俱可以洋鐵吹叫之玩具證明其原理焉。

【價較貴之有用儀器】物理儀器中有在經濟困難之學校可省而不用，惟在經濟充裕之學校，則應斟酌購置。蓋學校能年年適當增添物理之設備，便利實多。既不至有誤購多物之患，且可時常得最新之器具。且學校時有新設備，則不但本科之學生更加喜學之精神，即本村之社會對之，亦增加興趣也。此種儀器若妥爲保護，即可永遠存在。故在教育團體，當視之爲一種永遠之儲蓄。例如價值美金百元之儀器，即可視爲百元之儲蓄。所真費者不過百元之利息及損舊約八元之價值而已。以八元之損失，得此儀器，是否合算，想辦學者以經濟之眼光觀之，亦不難瞭然也。今將此等儀器列舉數種如下，且加以批評焉。

及哈脫爾之光學盤(Hard Optical disc) 此儀器在表演儀器中當爲應用極廣極足說明原理之物。有此儀器，教師可藉以表演流體玻璃片三稜鏡等折光之緊要現象，以定折光之指數。用直接量角度法，以證明定反射之定律。以表演各種有色

光之臨界角，以量三稜鏡之角度，以表光帶及虹霓之原理。推而至於所有之光學現象，幾無不包括焉。教師與學生皆將感其有興味。在講演時或學生實驗亦俱可應用。若加以他裝置，則簾格，曲光現象，極光現象，及單軸與雙軸結晶之干涉光現象，俱可藉以示明矣。凡儀器之無後述各輔助裝置品而有散光裝置品與液體折光筒者，價約值美金二十六圓。(Central Scientific Co. Catalogue 1910, pp. 224-226) 凡學校能購置者當購此器，蓋選擇光學儀器，當推此首先受注意也。

日光燈 (Porte Lumiere) 此種儀器吾人可認為必需物之一種。惟學校之無此器及教師之不知如何應用者殊多。其形狀頗多，每公司各有特製者。就作者所知而言，當以史托爾汀 (Stoelting) 所製者為最佳，因其與他射光器相合時，其用途殊廣。此器之緊要部分，即為金屬片上安置一鏡，以螺旋釘轉之，即可使之向前向後，且可使隨日轉動。今將此金屬片及其木架置於南窗窗檻之間，則可引一圓柱狀之日光入室，其價約美金九元。

如再加以金屬套，套上安置金屬隔光環，或隔光片，則一枝日光之直徑可減至

極小。或用長方形之隔縫，則日光可減至極狹，此光遂可應用於各種反射及折光之實驗。如用隔縫與三稜鏡，則可射光帶於布上矣。光學用之凳架柱 (bench rod)，皆爲標準形式者，故各射光之輔助儀器，皆可安置於其上，且可臨時添置焉。

既購日光燈後，再加美金十一元之購置，即成一完全之日光射光鏡。其中有凳架柱一，平凸面之凝光鏡一，直鏡爲四寸半，焦點長爲六寸半，凝光器盒一，裝影片之檯架一，雙影片架一，活動之接物鏡架一，四分之一寸之玻璃片一，射光鏡一，焦點長等六寸，移定焦點之器具一。欲購者可看 *Stoelting Catalogue 1912, No. 4014, p. 171*)

如有此儀器及日光明亮之時，則其射光應用之佳，不亞於用電之幻燈。若射光時光源與簾幔之距離大過於二十五尺，則當用半寸之玻璃片與焦點長十寸之射光鏡。否則，射出之圖像必太大，不能爲十二尺之簾幔所容。但此添置，則又須美金十元耳。

曼兒及排拿 (Mayer and Barnard) 所著之光學書中，對於日光影燈之如何布置，及行多數之實驗，言之頗爲詳甚。(可參看附錄 A)

用人造光之射光燈 各公司販賣之影燈頗有價廉物美者。在較小之學校，力但能購一影燈，且須移運於各教室之間，則求其輕而緊湊。包斯及朗鉢公司(Bausch and Lomb)之模形C模範燈(Balopticon)極合此用。此燈可用以射影燈片。但因其檯架乃爲開展者，故各種儀器皆可安置於光軸之間，以行實驗。所不相宜者，惟垂直射光耳。此儀器最優之處，卽其火箱通風適宜，不至生熱。普通影燈固皆有此缺點。此燈有六寸之接物鏡者，其價爲美金二十五元。若有十寸之接物鏡，則其價爲四十元。如欲爲垂直之射光，則當添一適當之裝置，價約值十五元。此燈有一弧光燈頭，乃用手向直角方向送燈條者。故須一可隨意調合之電阻器。其價約值美金二三十元。因載電之大小不同，而其價亦稍異。如將來欲爲不透明體之射光，則尙須添購一裝置。應購一電阻器，其載電可高至三十五安培兒。惟有良透明鏡良畫片及極暗之房室，則購二十五安培之電阻器，亦固可應用而得圓滿之結果。

如欲將此項設備配合完備，則尙須有一個雙柄雙關之電鑰及橡皮包之雙股大電線與電融器(Fuse)等物。則所需之費又當添三十五元焉。

如無一百一十伏脫之電流，則不能不用其他人造光。例如氫氧光（鈣光），亞西台林燈之類皆是。

凡學校之選用日光射光器者，如欲改之成用電射光器，但須用凳架柱，接物鏡，活片器，及凳架，適宜之雙凝光器，火箱，及手送之弧條即可。學校之入手購買射光儀器者，用史托爾汀之設備，有一極大之優點，即該儀器之各部皆可互用。故繼續購置各部，不久即可得該公司之普用射光器。有此普用射光器，則用影燈滑片，用不透明圖畫，用他顯微鏡觀察之物體，用垂直射光，皆不難頃刻間互換而成。且放射器上之暗箱，可除去甚便，則檯架之前，即有空地可置物理學光學射光用之儀器矣。

史托爾汀用電射光器，其定價為美金三十一元五角。用日光與用電合併之射光器，及其附屬各部分，其總價約為四十五元。

凡教師之購影燈者，如其目的在於表示顯微鏡用之活片與生物學研究之細小動物，則當注意及在該影燈之光軸中可置冷卻室（Cooling Cell）。因為此等工作及投射透明之三色攝影，皆必須此裝置。凡在無論何種之射光工作，皆當有簾幔以

受影像。最佳之簾幔，當推白色之牆壁。如不可得，則用布幔。其佳者面用鉛塗，安設於捲軸之上，底有油布。此種簾幔其大為縱橫各九尺，在各種大教室俱可用，其價為十二元。若簾幔之用於大會堂者，縱橫各十二尺方為合用，其價為二十元。

如欲為射光帶之實驗，則須有一對之二硫化炭三稜鏡。當選最佳者用之。其價為每對約五元至七元。

馮納篤拉夫之混色器 (Von Narkhoff Color Mixer) 如用日光射光燈或

電光射光燈，作各種射光之實驗，而同時能應用混色器，固在光學中極有興味與能增智識之事。蓋以其能將各主要色彩，以各比例混合，而放射之於簾幔之上，極其清楚明亮。凡學生與成人無不喜觀之。且對於各種色相之現象，可在中學教授者，此器皆能使聽者解其意義。不幸其價頗貴，約值美金二十五元。如學校能利用此器，開演講遊藝會，收入場券價一角，則若有二百五十人入座，學校即不難收回此項價費矣。

講壇用之合併測電器 (Galvanometer) 電位表及電流表 此合併之儀器，在演講時行各實驗之用各種不同壓不同量之電流者，極為有用。其製作原以應工業

上之需要，但其各互相聯絡之部分，皆顯然可見，且尙有其他優點。其價爲美金四十元。（依史托爾汀目錄 *Stoelting Catalogue 1912, No. 2886, p.134*）尙有較爲簡單之講壇儀器，不能作電位表用，然可作測電表用，其價約自十二元至十五元。如學校既有良好之電位表與電流表，可以測電池之電流及電燈廠所供給之一百一十伏脫電流者，則固可代前所述之儀器以應用也。

威斯登公司之電位表及電流表 美國紐華克 (Newark) 城之威斯登電器公司曾與全國物理學教授法改良委員協會合作，發行多數單行本，說明該公司所製之電位表及電流表，專爲學校所用者，說明其如何應用於實驗。此種儀器價格平允，構造劃一，以之實驗，結果準確。學校如肯費錢以購置，較諸買價賤而似玩具之儀器，非薄不確不久即壞者，其利良多矣。

感響音叉 交感震動之實驗頗爲緊要，似不宜棄而不行。惟行此實驗若無一對大而能同時響應之音叉，且安置於應節箱之上者，則其結果不易感覺。似此一對之音叉，其價約值十元至十五元。其完全滿意者，當分置時雖隔二十五尺至四十尺

之距離，其感應應尙明晰可辨。如欲證明其震動，可照強光於其上，或懸一小玻璃球，令與叉輕輕相接。若用影燈將此音叉之運動用光放大照於簾幙之上，每能使大多數聽講者見而悅之。此種音叉若不細心保護，不久其音卽不相合。於不用時，便當用純淨之樊斯林 (vaseline) 一薄層塗於其上，以免生銹。且不可與化學實驗所得之煙霧相接觸焉。

耳目之模型 如欲學生詳悉光與音之如何觸動知覺，則大而可分開之耳目模型，亦爲不可缺少之物。此種模型，可與本校之生物系合用。眼模型之價約自七元至三十元，耳模型之價約自七元至十元。其價之高低，視模型之大小優劣與其可分析部分之多寡。至於舶來品之免稅者，其價爲較賤焉。

可拆開之發電電動機 史托爾汀公司所販賣之儀器，有一極佳者，名曰可拆開之發電電動機 (dissectible dynamo-motor)。其構造頗適用於工業，有鼓狀之感電核與頂帽之磁場，皆易於拆開或湊合。如用人力轉動，則能供給十五伏脫之電壓，與二十五安培兒之電流。凡電鍍及其他須用此類之電流，皆可應用焉。如將此器與



一電鑰相接，則可變成串聯法之發電機。如改變其炭刷與外電路之聯絡，則可變成一交流發電機，亦可用為旋轉之變壓器。若有十或十二伏脫之電壓，則可變為電動機，而生十分之一之馬力。故凡供給電光及測驗效率，皆可用此機器。若更有他與之相輔之設備，即可用為實驗室之旋轉器。無論在垂直或平行之位置，皆可以轉動物體。至於鑽鑿物體，或磨琢物體，皆可利用此物。其價為五十九元。如學校中無大電動機及發電機者，則此固殊合用也。

感應圈 如欲為X光線，真空管，遠距離之無線電通訊者，則一發火花之感應圈，亦為不可少之物。工業用之標準感應圈，能放六寸火花者，其價約美金七十五元。用此圈可以行X光線無線電等工作，及電波，高壓放電，真空管等有興味之實驗。惟除非教師有應用感應圈為學校及村莊圖利益，及能應用與善於應用此器，且能隨時購置輔助該器之各種儀器，則有反不如無之為經濟矣。其可拆開之感應圈，能放四分之一或八分之三寸火花者，其價約為美金四元半至七元半。亦可用於無線電儀器真空管之實驗，且可生震擊現象，及表明感應之原理焉。

靜電發生機 托潑樂霍子 (Topley-Holtz) 或伏斯 (Voss) 式之靜電機，其較小而良好可靠者，價約二十元至二十五元。若人口免稅，則其價更廉。其較有力較可靠之衛姆斯海斯脫 (Wimshurst) 式之靜電機，則價值四五十元。此機可以運用 X 光線管及真空管，能生電波，及震破木塊與玻璃（與雷頓瓶合用）及他有興味與可觀之事實，故用此器可以使大羣聽者俱生興趣而得智識也。

無線電儀器 凡可實用之無線電設備，可供一站之用者，其中包括一特製之火花感應圈，一可隨意配接之交流變壓器。其總價約爲美金五十五至七十五元，依其用電力之不同而稍異。(Stoelting Catalogue 1012, No. 2603, pp. 115 et seq) 至於設備天線之費用若干，則視學校中是否有可替代高電桿之物。若學校中有高塔，塔上復有旗桿，則設天線之費固極微細也。學校既有此等設備，則與他校之有相同設備者，可通音問。又遠電站所發之消息，亦不難接得之。學校生徒中頗有能自行製造無線電器具者，因之能得無限之快樂與智識。如學校中有此等學生，則教師於教授無線電時，當徵求該生之合作也。

倫德根光管及其他真空管 X光線管之價值約爲美金七元至十五元，螢光管約爲八元至十五元，視其大小性質而異。購管與購感應圈及靜電機當自一公司，且須互相適合，庶應用時不至有不滿意之結果。加斯拉管，螢光管，克魯克斯管，及其他種之真空管，其價自半元起至八元十元不等。此種儀器之試驗，在特別演講或開同樂會時，固可發生興趣與增智識。惟在普通教授之課程中，則不佔若干之緊要位置也。

電鑰版 凡城市學校之大者，設備豐富，且自有發電機，則講檯之後在教師立足處之旁，可設一電鑰版。其式須爲工業標準應用者。其上除應有電鑰，電融器外，尙應裝置一大電位表，電流表之適用於直流及交流者。如尙有電能表，則更佳。學生於視察講檯實驗時，能親觀該設備之足以表示電流電壓，及運用以照曜房室，其結果當爲有益。且教師於行實驗時，亦當自知其所用電流之量。若用電燈廠之電流，則各電磁與各電流之影響，皆較用電池易於引起注意。學生對之亦多生興趣與信仰。於是視此種實驗，皆存鄭重之意，而不若但視爲普通教課與玩耍也。

【交流電之改正】如學校中無大發電機，然有交流之供給以作電燈之用，則可用水銀正電器與諾童活門 (Nodon Valve)，使之變成脈動之直流。水銀正電器可裝置於電鑰版之上，諾童活門則可以低價自製也。

【實用經驗數則】於本章將終了之際，作者尙欲將其所得之數經驗，貢獻於年輕之物理學教師。

天秤與法碼 學校之經濟不充裕者，每浪費金錢，以購買貴重之實驗天秤，或哈佛之移度秤，及水力天秤，以行並不須十分精細之天秤之工作。此等工作大概俱可用一不甚貴而頗爲準確之德國手用天秤。此種天秤，其衡槓長六寸者，價值一元六角餘，其長七寸半者，價二元。與之合用之法碼價自二元二角五至三元五角。美國克里夫蘭城 (Cleveland) 之中央小學校有此種天秤二十四個，已應用二十年，而其效用與新者無異。學校尙可購一二移度及較大法碼，以便權較重大之物體。再購一準確之沙托利天秤 (Sartorius) 以校對測驗價賤之法碼，及糾正之。且可用以自行製造鉛片之法碼，以備添補遺失者之用。此種手用天秤，當應用時，可懸之實驗室常用之鐵架上。

凡學校之有此種手用天秤，更加以一準確天秤及移度天秤，則所有工作皆可進行矣。

水壓器 學校如能有良善之水壓器模型，固爲一極有價值之物。然其價則頗昂。有時可用替代之物以說明該原理。例如取一測肺量器，倒立於一鐵三腳架之上，然後用橡皮管使之與一玻璃模型之壓力唧筒相聯絡。今堆置重物於測肺量器之活塞上，向小模型唧筒施力，該重物即能舉起，於此即可使學生感覺水學之原理。惟重體上升頗緩，欲其顯而易見，則可用小棒作槓桿，令槓桿之短臂與重體方面相接觸，則此方面略有上升，其長臂方面，即移動甚多，明瞭可見矣。

真空內之鈴 真空內振鈴之現象，在音學中頗爲緊要。然爲此實驗之結果則極不滿意。作者亦曾用多法試驗，亦殊乏成功，惟有一法則頗滿意。詢諸其他中學與高等學校教師，亦得相同之意見。此可靠之法，即爲用一大菓子瓶，磨平其邊緣，以金屬塞閉之，更用平橡皮圈墊緊之。蓋之下端作金屬之鈎，其上如叉，伸入瓶中。然後將馬鈴一個，用棉線纏之，懸於叉上。金屬蓋上又鑿一孔，作一活門，可與空氣唧筒相聯。當此瓶已閉塞完善之後，於空氣未抽出時，以手振動之，則鈴聲錚錚，全班俱聞之。及塞緊，將空氣抽出之後，則無論如何振動，俱不復有聲可聞矣。此儀器若是之簡單，不難自造，且可用易得之器以代各部。例如可用大口瓶以代菓子瓶，活門及活門管，則可用玻璃管橡皮管與螺鈎以代之。其叉狀鈎則可用細黃銅棒類成之。其最要部份，即爲軟棉紗線。因其不導聲音，故無空氣時即不傳音，而他物則否。故不用棉線，雖有極好之唧氣筒，而音仍可由唧筒片，

或玻璃鐘罩，或金屬絲及金屬棒以逃出外部，以至尙可爲人所聞也。

空氣唧筒 凡空氣唧筒之貨價相當者，必求其能生高真空度。近世所謂油封唧筒，如吉兒力克 (Gayk) 所製者，頗能名稱其實。若不能購吉兒力克唧筒，及其他油封之標準唧筒，則與其購價值二十元之槓桿式唧筒，反不若購價值三元七角五分之腳踏車用式之小抽氣與壓氣唧筒。因二者之功用固相去不遠也。二號之吉兒力克唧筒，其玻璃頂片之直徑爲九寸者，若進口免稅，則價值五十七元半。學校之較大而有電力者，則可購一雙倍唧筒 (Duplex A)。雖價昂高，然固值得也。如學校但能費三十元以購唧筒，則零號吉兒力克唧筒亦可滿意。不過其作用較大唧筒爲緩，而所得真空之度亦較低耳。

此類唧筒極須注意保護，用油時必須用特製之油，不可用他油。酸及水銀皆不可與之相接觸。如有不滿意之處，便當送至原販賣所，囑其整理。教師及其餘人等，皆不宜妄自整理，以致毀壞。凡著名之販賣所，皆出賣此等唧筒焉。

唧筒片及其他欲求緊氣之部份，皆宜用蠟塗。蠟之佳者可以等量之蜂蜜及牛油混合而成。若欲封之，使其永遠緊氣，則可將等量之蜂蜜及松脂混合而融和之。以此爲黏膠塗之，則極能封固也。

## 對於第十九章可研究之問題

- (1) 將手工應用之器具，開列一單，以備中學校物理學教師之用。如關於此項設備規定經費不過二十五元，則如何酌減開一新單，以冀不超出此數？
- (2) 開一講檯實驗所用之儀器清單，列舉其必不可缺少者。
- (3) 假設一學校規定設備物理儀器之費不過三百元，則對於用此數以購置表演儀器及實習儀器，當如何分配使二者各得其均？試開一價目單以說明之。

(4) 汝對於自製儀器之意見如何？就各方面觀看，再討論而加以判斷。

(5) 用工業式之儀器，其優點與劣點各何在？試舉汝之意見。

(6) 在學校中物理部與手工部合作以製造儀器之計劃，汝以爲何如？若用此計劃，是否亦能增進各部學生之聯絡及社交？

(7) 若手工教師對於合作製造物理設備之事不肯贊成，則汝將如何說明其利益，以勸其聽從？

(8) 將價較貴而頗爲需要之儀器，亦開列一單。單之次序，以需要之緩急爲先

後對於該儀器之價值及應用之次數，俱加以考慮。

(9) 物理儀器中之可用以生利，藉以彌補其費者爲何種儀器？何種儀器學校可用之吸引本地社會之興趣？

REFERENCES 參考

參看第十章與第十三章之末，并參看附錄 A 中之圖書館應具之書目單。

## 第二十章 化學原理與方法

【心理的基礎】 化學者，實驗科學中最著之例也。蓋無實驗，即難得若何之化學智識。雖其他科學亦注重觀察，惟在化學，則不先有所作爲，即無觀察之可言。故化學實驗，頗與吾人之天性相合。人類天性俱喜有所作爲，因此作爲，乃生結果。無論其結果何如，皆能發生滿意。學習化學有此種心理根據，實爲幸事。因化學之觀念事實，與吾人之日用常識，每不若他科學之有顯明的關係。故講解化學者，亦不若講解他



科學之易用日用生活情形以互相發明。雖然，教授化學者，固有此不便之點，然人類好動手實驗之天性，則大足爲教授化學之助也。

故教授化學者，遇問題之與兒童平日經驗不相涉者，當使之先作實驗以得必需之經驗，蓋施教之始，吾人所賴以着手者，其一卽爲兒童好動手實驗以得結果之天性。其二卽爲兒童在校內或在校外已偶得有若干之科學訓練，使其對於實驗，抱有目的與興趣焉。

如上所言者果信，則卽以常識觀之，吾人亦可得二結論。(1)教授化學而無多數之個人實驗，則所授者必無大用。(2)凡每新課程或相聯接之課程，遇有新問題或新事實時，必先行一實驗，使學生自身爲實驗之人，而教師但處指導與幫助的地位。

起首之方法 多數教師與教科書，每沿用一習慣乖謬之起首法，卽開始時，卽提出化學之普通觀念，以及化學之價值與他科學之關係。推而至物理變化與化學變化、混合物、化合物、分子、原子諸定義。此法不但曠費時間，且養成學生不自行觀察

自行判斷之習慣，但知根據書本，以爲事實之左證。夫入手時卽造此種態度，其大有損於科學精神可知。不知養成科學精神，乃教授科學者最要之職務。且概念與定義乃所以說明事實之結合語，如學生對於多數事實無本身親切之經驗，則其心中對於定義概念，自難成就矣。故教師之明良者，入手時卽尋問題之可以實驗解決者。實驗以簡而易行，且可直接引至化學原理者爲主。例如行數個與常識相近之實驗，卽可直接引至預備氫氣焉。

例如吾人提起鐵何以必須鍍錫及塗漆之疑問，若學生一時間不能言及生銹之原因，教師卽可示以銹鐵之標本。如學生言塗漆與鍍錫乃以止銹，則教師卽可問其何以能止銹。如學生言鍍與漆能蓋鐵使不與空氣相接觸，則教師可詢以空氣與鐵銹何以知其有關係，且如何進行。如是節節考問，學生由經驗得來的智識，至此或將窮盡。其中或偶有能言鐵窗之高燥者卽不生銹，而在低濕處者卽能生銹。於是又有第二疑問發生，卽鐵之生銹，既與濕空氣有關，其原因抑由於鐵取空氣中之物，或由於空氣取鐵中之物？欲解決此問題，可行一實驗。卽取試筒一個，內置鐵粉，使附着

於試筒之壁。然後倒置於一盆水之上，無何鐵卽生銹，水面上升，佔其體積五分之一，作用乃中止。其餘之鐵亦不復生銹。由是推測，卽可知當鐵生銹時，乃由於鐵取空氣五分之一。及此能生銹之部分用畢後，其作用遂停止，而鐵不化矣。此時提起試筒，以有火焰之木屑通入之，則火焰卽熄。於是知生銹所用去一部分之空氣，卽爲助燃部分之空氣。於是復置鐵粉於錶面玻璃，而權其重量，乃置於濕空氣中，使之逐漸生銹，再行權其重量。見其重量之增加，於是更可斷定濕空氣使鐵生銹時，必加物於鐵中。他實驗於是可繼續進行。例如置汞錫鉛等金屬於磁坩堝而權之，然後加熱以觀其性質與重量之變化。對於此種變化之歷史智識，亦可在此一敘述之。將潑里士德萊 (Priestley) 及拉服謝 (Lavoisier) 由氮化汞及汞對於氮氣之實驗，加以解說。此時學生必已能心中清楚，可以用氯酸鉀以備巨量之氮氣。且能施以種種手續，以觀其結果矣。用此方法，則氮與其性質之關係在學生心腦中必能記憶強固。若再加以溫習訓練，必能永久不忘。且用此以求科學精神，亦較入手時卽用定義及他實驗以說明化學與物理的變化及化合物與混合物之異者，必爲易易也。

且教師之善於應用實驗者，固不難將所謂混合物、化合物、物理變化、化學變化等不同之處，用實驗以表出之。表出之後，學生必因其與問題及解決法有關係，而善爲記憶。蓋施教者可利用學者心理之態度。如用呆滯與訓誨式的入手法者，每使學生倚靠他人與書本之證據。用問題法入手者，每使學生有虛心與科學的態度。對於真理及其對社會之價值，皆有探討及證明之慾望焉。行問題法之入手者，固不必謹守以上所舉之實驗以進行。欲研究氯氣，可由燃薪、燃燭、燃燈、與本生燈、熄火、呼吸、及水之性質與組織等實驗進行也。

如何用教科書之法 近世之化學教科書雖多善本，然其討論事實之次序，每不合於問題法之教授。但用教科書之教師，仍可利用此法之優點。蓋教科書之正當職務，乃用以爲參考，以補充教師與學生實驗所不能得之事實。且將事實、原理、理論，加以論理的組織，以利學生之進行與溫習。若教師知此，則當運用其巧思，自行製成用問題法的境况，以討論各事實。凡事實之可由學生自己運用其鼻、目、手，以求得者，教師卽不當於入手時令其向書本中搜求。人之以爲於研究科學初步時向書中學

習事實每能節省時間者，乃誤謬也。不知學生不能由此學得事實，其所學得者，不過字句與符號公式耳。但符號與公式，必先有實驗的智識，方能有真見解，否則不能得其內部的意義也。待學生既作若干之實驗，其親身所得之經驗與事實積聚漸多，並能見其關係，且能自行將其關係，編成定律、原理、概論諸形式，此時彼方能有正當態度用化學書及各種報告與論文焉。教師乃可指定書籍，令之參考閱讀，而不至有害。然即在此時，教師仍當向學生指示，使知凡書本中所載之化學事實，固無一不由實驗觀察與測量得來。其所敘述者，皆非無根據之思想也。

【化學之內容與教授之方法】 化學學問，由於事實、定律、臆說、理論、歷史組織而成，用科學方法，此學問逐漸造成與推廣。其發展之途徑，與他科學相同。解決化學問題，有特別之方法與步驟，亦與解決他科學相似。事實乃基本而最爲緊要者也。定律者，不過總述相同事實與相同關係之扼要語耳。臆說與理論者，不過用吾人自己知與易知之事實，以思索相似之事實，以便爲之解說耳。

能詳解定律與理論者，對於記憶事實可節省時間，對於判斷事實亦能近理。故

學生對於定律理論之易於解悟者，不可不知。惟若於定律所該之事實，理論所說之現象，事前略無所聞，則必不能望其解悟該定律與理論，而得其輔助也。

【化學事實之教授】 所謂化學事實者，大概皆指各原質與化合物之體性，及在各種情形時之化學變化與應用。各情形者，例如加熱與去熱，光與電之存在及應用，化合物之多少，溶液之濃度溶度與揮發度，以及溫度與壓力等等是也。凡此皆爲化學智識之精華，化學理論之根據，其價值何如，視其應用程度之廣狹而異。故事實之與學生現在與過去的經驗極有關係者，與其將來離校後在日用生活中極易遇見者，當首先加以特別之注意，而選作課程之材料。凡事實之但可用以表明理論者，但當視爲次要，而緩選之。欲此等事實成爲有用之智識，專恃書本，必不能成。學生必自將此等物體置諸各種情形之下，加以種種之實驗，行種種之觀察，以求其結果。然後復運用其由他實驗得來之智識，以解說此新結果。凡學生之有此種經驗者，方可向書本中求化學而得益。由是觀之，教授化學之基本原理，可以數簡樸之語說盡之。即使學生取化學物體之變化不極複雜者，加以作爲，并令其對於結果，加以精密之

觀察，對於觀察，加以準確之解釋而已。復與以若干之理論，使彼對於由實驗室、講檯、家庭、城市、工廠、田園中所習見之事實，俱能加以較善之解說與組織焉。

化學中數個緊要之事實 下列數條，吾人可公認爲化學智識中之緊要者：

氮、氫、水、氧、硫、磷、氮等之所在，預備法，及其化性與體性。氮化物直接化合之成就法，氮化物加水作用之成酸與鹽基。

酸、鹽基，及鹽類之普通性質，及其活潑程度與穩固程度之不同；替換法反應之普通性質，及其如何應用於工業自原料以製造各鹽類。

各鹽類溶度不同的比較，及如何應用此事實於分析及辨別各金屬原質。

炭、炭之氮化物，簡單炭氫族與炭水化合物；硫、硫之氮化物，與酸；阿摩尼亞；普通金屬，及自礦苗之普通還原法；最常用的酸鹼之製造法，及其性質與應用。

當教授此種材料時，教師若不知將其化學性質，與普通常見之礦物、土壤、飲水、食物、藥品、建築原料、衣服原料的關係，使學生加以注意，實爲大誤。凡化學之與中學地理、生物、物理有關係者，皆當加以聯絡。尤以其有關實用者爲然。又對於與化學變

化同時發生之能力變化，亦當使學生加意於其緊要。例如：

當吾人購一噸之煤，或一捆之木，燃燒之時，此煤此木之重量，不啻棄而無用。其所成之氣體，須築爐以祛之；其所成之灰，須雇工以去之。吾人所購得者，不過煤與木之若干熱力耳。動物之餐用食物，亦與用燃料相似。其所成之廢物，亦必排去之於身體之外。故吾人購食物者，亦不過購買能力而已。蓋因生命之過程，能將食物內之一部能力取出也。又當採取各種有機體，及土壤礦物各標本時，彼等亦當注意及在各高溫度時，此種物體有何變化。此等現象俱不難以簡單試驗求得之，且大足以增長關於各物體性質之智識也。

中學之學生如與以得宜之化學教授，大足以增進其合於論理的與有組織的思想力。如教授中學化學，但知敘述事實，其弊病與但敘原子、分子、各理論相同。中學化學課程之目的，當使學生能喜好天然現象，且使其知化學變化與日用現象之緊要關係也。(1)

雖吾人知以上所舉目的之緊要，惟過於注重化學理論方面者，每不易達此目的。作者在各學校之注重化學理論，過於化學現象者，時聞有厭惡化學之心。想讀者

(1) 卡稜盤教授在美國東北部科學教育協會所發表之言論



亦必時有所聞，必信吾言之不謬也。

【化學定律與理論之教授】 教授一有價值之化學課程，固不必將符號、理論、強向學生注入。此說吾已言及。不信其然者，可一讀歐姆斯德郎 (Armstrong) 教授之書，觀其如何證明授學生以有價值之化學智識與訓練，固不必用正式的理論說明，如大多數美國教科書所爲者。但注重理論，在我國已成強固之習慣。教師授課程者，必不肯不多爲採用。且理論之爲學生所易學習者，吾人亦認爲不妨多習。大概教授理論之所以多失敗者，乃由於未授理論或定律以前，未能將該律所含、該理所釋之事實，先使學生對之有親切之經驗，與充分之溫習，及分類與比較之故也。定律與理論應如何用歸納法入手之處，今不可不一討論之。

定比例之定律 定比例之定律，不於開始教授時敘述。待學生對於多數化合物，已漸熟悉後，方行討論，則與真科學訓練之精神相合。自入手教化學時，遇舉一新化合物時，即詳舉其百分之成分。且言明此比例由於用化學分析法及合成法，以天秤準確試驗而得。且對於數種化合物，并將求所含各原質重量之法，詳細解說之。

例如置氮化汞於燒筒中，加熱而分解之，則學生不難親見汞之發生。及用可見之證據以推測氮之存在，與測量其體積。如是固不難使學生知用相當準確之方法，可稱得所用氮化汞及所得汞之重量，且用體積與比重之方法，以求得氮之重量。

此時不難舉拉服謝 (Lavoisier) 之實驗，表明 1 克之氮化汞含汞  $\cdot 516$  克，含氮  $\cdot 054$  克，且無論取若干克氮化汞分析之，其汞  $92.6$  分與氮  $7.4$  分之比例皆不改變。對於他化合物，亦將如何求其一元素成分之法，用實驗法解說之，或用易於明瞭之講解法說明之。同時對於該化合物之其他性質亦稱述之。如是進行，待數化合物曾經研究之後，學生見其成分之不改變，并同時注意其物理與化學之性質，則彼必疑所有之化合物無不如此。如教師於此時向之提一巧妙之疑問，彼將自行將該定律舉出而無誤。用此方法，對於時間毫無耗費，學生之得此概念，皆猶水到渠成，自然而然也。彼得此定律，由本身之智識而成，由本身之經驗而得，由本身之思想而成。公式化，則對於該定律必更有興味，而加以深信。將來對於應用，亦必能推廣之。此法較諸於開始施教時，即將此律提出，不問學生之悟否而強其聽從，奉之為金科玉律，

因之摧殘學生之興趣者，其優劣之別，奚啻天淵也。

倍數比例之定律 對於倍數比例之定律，如教師亦待學生對於水及二氮化氫，一氮化炭，與二氮化炭，二氮化硫，與三氮化硫之性質及其百分之組織，已行熟悉之後，令學生注意每一對之化合物中氮之成份。則學生不難自行發明其中數目之關係，成一與二之比，且彼必覺此事實之奇異也。

如對於水與二氮化氫，既有如是之發明，及其繼續研究一氮化炭與二氮化炭，復見二化合物中之氮復有一與二之比，則彼將疑氮與他原質皆能成兩個氮化物，且其成份皆爲一與二之比。及彼研究至二氮化硫與三氮化硫，見此時氮之比，不復爲一與二，乃爲二與三之比，則彼必改正其意見。惟對於該原質有整齊比例之觀感，則仍不改。此時教師仍不可以書中之定律示之，且須勸戒學生於事實證據未能充分搜集之前，不可即爲概論。此時可將以上所舉之六個化合物，將其成分書於粉板之上，且使學生知以上所舉者尙不敷用，於是教師又舉多數其餘化合物之成份，舉時不必按照次序，但拉雜書於粉板上，令學生加以整理。及事實充足以後，學生於粉

板上，排成有秩序之表格，則一原質與他原質成多數化合物時，其成分有整數比例的關係，固一目了然，而學生不難自行舉出倍數比例定律之概念矣。及學生用歸納態度得此之後，教師乃向之說明此律之已沿用頗久，而著有成效也。

歸納教授法之優點 吾人討論化學直至此時，仍未提及原子分子諸名詞，以詔學生。然對於定律，學生仍能了解。且教授所費之時間固不甚長。即使需時較久，然較諸曠費時間，以強學生記憶定律者，固為有益也。夫本身既無實驗與歸納之基礎，則所習者必不能穩久。若用以上所敘之法編教科書，則學生讀書必極感其易。此時或有人言教科書太易，則對於學生將失去訓練智識之價值。不知無論何科學，俱有頗為困難之點，學生非用心研求不可。教師正可利用時間，令學生本人為種種測量及具體的實驗，以便解決問題。如是則遇理論之較不易明瞭者，亦將能運用其心思以研究，不似用舊法教訓之困難矣。

如教授化學定律與理論者，不欲用歸納法，如以上所述者，則不如將理論方面加以忽略，而注意於原質及化合物之天然事實，可以實驗測定其關係者。因如此較

諸但呆板稱述理論及正式強行實驗而無鼓勵研究之目的者，尙勝一籌也。

物質不變之定律 當以上二定律已教授後，學生所有之經驗與事實，已足爲收受物質不變之定律之基礎。此時可將該定律提出，而三致意焉。如提出時同時敘述勃蘭克 (Black)、潑里士德萊 (Priestley) 及拉服謝等之實驗，則必更有興味。取拉服謝著名實驗所得之數目而討論之，并指明凡曾經分析之化合物，皆有百分之組織，必因吾人早信此律之真實也。卽學生亦於信此定律時，尙不知其已信。此又爲教師嚴密考查化學邏輯的機會。蓋吾人對於前提，每多假設而未考查其確切與否。學生初習科學者，暫不妨先爲數假設，以簡省初習者之心思。但不久卽當加以精細之考察，以觀該假設之當否。例如言及物質不變之定律時，吾人卽當問學生以化合物成分皆用百分法計算之事實是否無誤。由此討論，然後知該定律乃由多數經驗之結果。化合物曾經千百次之分析，其成分皆未嘗稍變，且化合所需原物質之重量，皆與化合而成者之重量適相等。

當爲此討論及討論其他的定量實驗時，教師當指明實驗差誤乃不可免之事，

惟實驗之儀器愈精，手續愈密，則差誤亦愈減也。

蓋魯薩 (Gay-Lussac) 化合體積之定律 學生求此定律，亦可用其本人之經驗以產生之，如求其餘之定律之法相同。例如用實驗之法，學生已見當在測氣管用電爆發之後，一體積之氮，與二體積之氫，在同溫度同壓力時，成二體積之水蒸氣。又見一體積之氮，與三體積之氫，成二體積之銻 (阿莫尼亞氣)，則與彼言將一體積氫與一體積氮化合，可在相同情形時，得二體積氮化氫，彼必易於聽受。惟氮氣化合之實驗頗為猛烈，可不必試，而試硫與氮之化合。當二體積之氮與硫化合，可得二體積之二氯化硫也。

今將以上所舉事實，列為表格復以等體積之長方形，代表各氣體之單位體積，則學生見此圖表及教師之提問，不難見凡氣體之化合者，其原有之體積與化合後所成之新體積，成一簡單之比例。即其比例為整數的，如一、二、三、四是也。此時教師方可告以該定律之可普遍應用。凡原質之為氣體者，及其所成之化合物仍為氣體而在不變之情形者，皆為該定律所包括。如是則學生能記憶此定律之字句，而解悟其

意義矣。

氣體之物理定律 凡爲氣體之實驗，及須爲氣體體積重量各計算者，則必應用波以耳 (Boyles) 定律、查爾 (Charles) 定律、及汽壓定律，以糾正其測量與計算。學生對於此種定律，不難述其言，而難於應用之無困難。教師如能於講檯實驗氣體時，解說氣體之性質與定律之意義，及如何應用，則困難可除。教師每因學生曾習物理學，對於此定律已知之頗強，故加忽略。不知依心理學之規則，所習之物相隔已一年之久，不加以整理與溫習，不能望其尙能記憶也。又教師每使學生解決此等問題，其目的但在解決問題，而不視爲解決他種更爲緊要問題之手續，則亦能生困難也。

作者之意，如將波以耳定律及查爾定律合爲一則，頗易於學生之記憶與應用。卽一定量之氣體，其體積與壓力相乘之數，與絕對溫度成比例，亦可以下式示之。

$$\frac{PV}{273+t} = \frac{P'V'}{273+t'}$$

尙事實之說法與尙理論之說法。直至此時，吾人對於化學理論，雖加以發揮，然尙未談及化合物或原子等名詞。所舉者，但直接化學分析之結果。且提及時，純用歸納之態度。然此態度乃真正科學之態度。如學生對實驗所得之觀察與事實，尙不能加以思索，卽讓之高談原子理論，則彼將對於原子之變力，分子跳躍等事，加以冥想，而對於方法及研究，反加以漠視。如是則化學之足以訓練吾人，使能作歸納推測之科學法者，亦將失其價值矣。

以上所舉之意見，作者非得之於揣測，乃由實地觀察教授化學多年而得。凡教授化學課程，如早提原子理論及早用化學符號者，則必造成一種倚賴信仰而不倚賴智識之態度。但曰某化學家如何說，某科學家如何信。故少虛心之事實討論，而多偏見之爭辨；少實地經驗之總述，而多躐等之論斷。其進行時之空氣，皆爲神秘的，而非實在的。

用原子理論，與化學符號，及化學方程式，以解說化學，每極便捷，故著作家及教師，皆喜早爲紹介，而不能自禁。惟作者之意，過於早用，實有害而無益。蓋如是則使化



學失其教育之價值。因吾人但不示學生以如此，而不示以何以知其如此。事之尙待證實者，即早認爲當然。化學之爲學，遂成一強記之學，而非發展個人能力之學。則豈非與吾人教授化學之初意相衝突哉？

化合量 當學生已研究多數化合物之後，則亦可以歸納方法，進至化合量之說。例如先言當氫與他原質化合成多數化合物時，其比較之重量，皆較他原質爲最小。故取氫爲單位，以比較他原質之事，沿用已久。例如水之成分以百分法表之，則爲氫 11.19 分，氧 88.81 分。夫  $\frac{88.81}{11.19} = 7.94$  即爲氧若爲 1 時，則氧爲 7.94 換言之，即氫與氧之比，爲 1:8 也。又二氯化氫內之氫，佔百分之 5.924，而氯佔 94.076，即  $\frac{94.076}{5.924} = 15.88$  即氫爲 1 時則氯爲 15.88。簡言之，即 1:16 也。

以硫化氫言

氫 1 硫 16

以氯化鈣言

氫 1 鈣 19.88

以銨言

氫 1 氮 42.03 等等

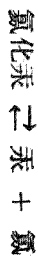
如此進行，凡將化合物之含氫者，俱可自其百分之組織，以計算其他原質與氫一克之比。

將以上之結果，如再加以思索，則見一頗可異之關係，即由氯化鈣之百分成分計算時，則知與 7.94 克之

氮化合之鈣，其量亦為19.88。與1克氮化合之鈣量固相同。換言之，即氮與鈣互相化合之量，與鈣及氮各自與1克氮化合之量相等。且無論用何單位表示，其比例俱不變也。

推而至於二氮化硫，則硫為16時，氮為15.88（即 $2 \times 7.94$ ）。推而至於硫化鈣時，則硫為16，鈣為19.88。是各原質互相化合重量之比，與每個與1克氮化合重量之比，皆為相同。今將此法推至所有化合物，俱得相同之結果。若列表觀之，則對於所有原質，吾人皆可為之選一數目，命之曰化合量。一原質與他原質化合時，皆用化合量，或化合量之倍數，以互相聯絡焉。

化學符號與化學方程式 雖教授化學直至此時，吾人尙未一言及原子式與分子式。然相等式之意見，則當於初授化學時，即當紹介於學生。遇一化學變化，即用名稱，及其百分組織，以示其如何進行，例如：



100      92.6    7.4

且令學生讀之曰，當一百分之氮化汞置硬玻璃管加熱之後，則成92.6分之汞，與7.4分之氮。至於定比例之意見，更須重覆言明，以便學生之解悟與記憶。且用種種之單位，如磅、如噸、如克、如銖，以表示之，使定比例之觀念，變成具體的，且能永遠記憶。於是言重量之比例，遂成學生之習慣矣。

待定比例之定律，與倍數比例之定律，及化合物之觀念，皆已養成後，且知用化合物較諸用百分組織之較爲便利，於是可入原子理論之第二步，而用下式，以代表化學反應：



學生既有此觀念後，然後告以從化學家之經驗，與多數實驗觀之，若不以氮之化合物爲「1」，而以氮之化合物爲「5」，則其餘各原質之化合物，皆成整數者多，而其小數亦較短。

例如認氮爲「5」，則其餘各原質與之化合成化物者，有下列化合物，如表之所示：

氮	16	氮	2.016	水	18.016
氮	32	氮	2.016	二氮化氮	34.016
氮	1.008	氮	35.46	氮化氮	36.48
氮	3.024	氮	14.01	銻	17.034
氮	70.92	氮	16	一氮化氮	56.92
硫	32.07	氮	32	二氮化硫	64.07

試一比較表上所列之各化合比例，則見氫之最小化合量為(1.008)，而其餘則皆為此數1, 2, 3之倍數，他原質之情形，亦與之相同。

今若取各原質成化合物時所用之最小量為其化合量，(以氫 $\equiv 16$ 為根據)則極為便利。吾人於是可言水由氫一化合量(16)，氧二化合量( $1.008 \times 2 = 2.016$ )化合而成。一氯化氫則由氫二化合量( $16 \times 2 = 32$ )，氯二化合量( $1.008 \times 2 = 2.016$ )，化合而成。氯化氫由氫一化合量(1.008)，與氯一化合量(35.46)，化合而成。其餘亦復如此，可命學生說明之。當學生既知用化合量為單位，以表示化學變化之數，又用上表所列之法，以書方程式，則學生將無須訓誨，已有欲用符號之趨向矣。若教師於此時試一問其有節省文字之法，以代表化合量，則彼或將舉用各原質名第一字母以代化合量之法，更用數目字為係數，以代化合量之個數焉。

即學生一時不能得此見解，略一詰問，亦能使彼生此見解。彼或將問原質如炭、氯、鈣等，其英文名稱之第一字母相同，則又用何法表示，此時教師可為之解說。又對於何以用 $C$ 代表炭， $Cl$ 代表氯之類，皆為之說明焉。

此時可將以前所習之化學反應，皆總述而分類之。且用符號寫出，以備溫習原質、化合物、及各化學過程之用。

當溫習之時，可告學生以化合量與原子量之意義相同。於是命其參看原質之原子量表，以便熟悉。

原子理論 直至此時，學生方有悟解原子理論之資格。當談此理論時，將定比例之定律，與倍數比例之定律，重行提起。且將上節所示之化合量表，懸諸粉板之上。於是問學生云，如最小量之甲原質（其量小至極點），與最小量之乙原質合成化合物，則各原質量之比是否仍不改變。如學生認為當然，則再問之曰，若吾人假設各原質有最小之顆粒，（吾人所共認為原子者）當起化學變化時，皆以此為單位。無論何如，此物俱不失其個性，如氧與氫化合而成水，乃由於一極小顆粒之氧，與二極小顆粒之氫化合而成。其餘化合現象，亦復如此假設，則與事實是否不相違背而有意義。如學生見此假設與事實不相違背，且以解釋定比例，倍數比例，與化合量各定律，俱極便利，然後可正式告以道爾頓（Dalton）原子理論矣。

自此以後，所有化學反應，俱以化學方程式表示之，以原子說法解釋之。惟所討論者，俱不宜離實驗之事實過遠。且當使學生知化學方程式者，不過為表示實驗所得事實的簡便方法，不可取而妄加擺佈推測，以至所得方程式，其結論不與事實相符。作者曾見在化學教室有高談化學方程式，專就其係數指數而討論，視之不啻為一代數方程式。用此法所得之結論，彼即深信無疑，而不顧實物相遇時，其作用是否如此。夫以此言化學，則反如不言之為善。夫化學方程式者，不過說明一種結論之簡便說法，非可藉此以得他結論者也。若不顧及

其所含之意義，而遽爲推論，未有不生錯誤與誤會者矣。

分子與亞伏辯德路 (Avogadro) 定律 凡在中學習化學者，多前曾習物理。對於分子，多自認略有所知。惟教授者不可任其作過於自是之論調，且當原子理論尚未用歸納法傳授以前，全不提及分子之字，亦所以養成科學習慣之法也。待原子理論既授後，方可溫習分子理論，且加以實驗之表示。如對於氣體體積，在各溫度各壓力之現象蒸發與汽壓，溶液之擴散現象，以及滲透壓力，及沸點冰點與溶液濃度之關係，無以上之溫習，則學生對於該理論必無清晰之觀念。其所言者，無非揣度懸想之詞。分子之觀念不明，則亞伏辯德路原理及其結果必不明。該原理不明，則原子量，分子量，分子式，原子價之如何測定，皆不能教之而使學生得益。即計算及書寫方程式之法，亦無由領悟。則其學習亦不過爲無意義無興趣之強記而不產生科學的訓練。如果欲教亞伏辯德路定律，則當用數個適宜之實驗以作引導。下列數實驗，似可在講壇上由教師與學生同進行之。

(1) 氫與氧化合成水之體積比例，及所成水蒸汽，在同溫度同壓力之比較體積。

(2) 氫與氯之化合物體積比，及在同溫同壓時所得之氯化氫體積比。

(3) 氮與氫之化合物體積比，及其所得之銨氣，在同溫同壓之體積比。

(4) 求硫與定體積氧化合時得何體積之二氧化硫。(在同溫同壓時)

如研究水、氧、氫、硫時，或研究化合物體積時，已曾爲此等試驗，則此時但須溫習，并畫圖表，以說明之。

既有以上所說諸法，爲解悟亞伏赫德路原理之基礎，於是可向學生解釋分子式及分子方程式之如何得來矣。此理論遂可爲溫習以前所習各事實之基礎，而得新意義。雖然，作者之意，即以此法進行，若期望過多，亦未容遽抱樂觀。學生能言諸口者，未必即明於胸。教師每聞一言，以爲學生已解，及細細詰問，即至失望隨之。情形若此者，固比比然也。若因此即咎學生，則未免不當。

游子理論 待學生對於實驗所作既多，對於電解之事實亦見聞較廣，組組略備。然後可與之解說原子理論，并指示其如何應用，以解釋化學事實焉。

此等學說俱極有價值，惟殊爲困難。若在學程將終了時教授，或易於了解。且教師非自曾爲理論化學諸實驗者，亦難言之成理，故不必多爲陳說，以至較爲緊要之實用智識，學生可以實驗得來之事實，反爲其所擁擠，而失其地位。如云不談遊子理論，則酸、鹽基及鹽之理不明。不知當近世理論化學未入中學以前，教授化學者，仍多能以有價值之物授諸學生也。

本章對於教授化學理論言之頗詳，讀者或疑作者之意，欲使教授時理論多佔

時間。不知作者之意，適與此相反。其所以詳細討論者，乃以明教授理論若不設法使學生得科學習慣，則固無益也。

關於第二十章可研究之問題

- (1) 試作一大綱，以明中學化學之最初三課程當如何教法。
- (2) 在此計劃中，汝之材料與方法，如何與心理相合？
- (3) 化學課程開始時，極須防有錯誤，其故何在？
- (4) 言分子原子太早，與心理如何違背？
- (5) 化學教科書之正當用法何如？試呈述汝之意見，以辨明之。
- (6) 事實，定律，原理，臆說，理論各詞之區別何在？試詳言之。並將如何進行講解，使學生亦明瞭其意義。
- (7) 化學事實之要類若干？教授時如何選擇？以何情形定之？
- (8) 欲人能用化學書籍以求化學智識，其法如何？
- (9) 本章所舉之緊要化學事實汝試批評之？



(10) 此種事實與日用之關係宜如何使學生清楚而有興味？且何以就社會言與心理言，此事極爲緊要？

(11) 本章所引卡稜盤 (Kahlenberg) 教授對於教授化學之言，對於汝是否有改變汝意見之功效？

(12) 本章所提之教授定比例之定律的方法，汝以爲合理及易於施行否？

(13) 本章所提之倍數比例定律的入手法，汝以爲何如？并對於一般概論應用歸納入手法之說，汝以爲何如？

(14) 對於本章所論之教授物質不變定律法，汝贊成否？試言其故。

(15) 汝擬用何法教授化合體積之定律。由汝學習化學之經驗觀之，是否當用本章所提之實驗法及歸納入手法以教授之？

(16) 對於教授氣體定律之意見何如？與作者之意是否相合？試言其故。

(17) 著化學教科書者每喜早述原子理論者何故？汝以爲若用之以授初學，與教育原理相合否？如教者之意見以爲當緩授，則宜如何進行？

(18) 紹介理論太早，對於學生有壞影響。汝以爲然否？作者之言是否太過？汝試評之。

(19) 假設汝同班之人爲中學生，乃教授以化合量之原理，而觀其是否了解。

(20) 用相同法授以符號與方程式之用法。

(21) 用相同法紹介以原子理論。

#### REFERENCES 參考

##### METHODS, SPECIAL TREATISES, AND ADVANCED TEXTBOOKS.

##### 方法 特論 及高等教科書

Baekerville, Charles: Municipal Chemistry, McGraw, N. Y., 1911, 526 pp., Illus. \$5.00. Series of 30 lectures by experts.

Benedict, Francis Gano.: Chemical Lectures Experiment, MacMillan, N. Y., 1901, 436 pp., Illus. \$2.00.

Bloxam, Charles London: Inorganic and Organic Chemistry, Blakiston, Philadelphia, 1903, 11+848 pp., \$6.00.

Carnegie, D.: Law and Theories in Chemistry, Longmans, N. Y., 1894, 230 pp., \$1.50. 化學理論之發達史，可為教師及學生之用。

Chapin, C. V.: Municipal Sanitation in the United States, Snow & Formham, Providence, R. I., 1901, 970 pp., Illus. \$5.00.

Clowes, F., and Coleman, I. B.: Quantitative Analysis, Blakiston, Philadelphia, 1911 9th Ed. \$3.50.

Dana, E. S.: A Textbook of Mineralogy, Wiley, N. Y., 1898, 593 pp., \$4.00.

Findlay' Alexander: Chemistry in the Service of Man, Longmans, Green & Co., N. Y., 1916, 15+225 pp., \$1.60.

Freund, Ida.: The Study of Chemical Composition, University Press, Cambridge, Eng., 1904, Putnam, N. Y., 650 pp., \$5.50. 關於理論化學之方法及歷史的發展，加以高深之敘述，足以表示科學之真神與方法。

Gibson, James H.: Management of Laboratory Classes in Chemistry, High School Bull, No. 1, The University of the State of New York, Albany, N. Y.

Jones, Harry Clary: The Elements of Physical Chemistry, MacMillan, N. Y., 1907, 11+565 pp., \$4.00.

Jones Harry Clary: The Theory of Electrolytic Dissociation, MacMillan, 1900, 12+289 pp. \$1.60.

Jones, Harry Gary: The Freezing-point, Boiling-point, and Conductivity Methods, Chemical Publishing Co., Easton, Pa., 1897, 64 pp. 75 cts.

Sassar Cohn, Dr. Tr. by Smith, A.: Laboratory Manual of Organic Chemistry, MacMillan, N. Y., 1895, 403 pp., \$2.25. 對於有機化學之實驗方法，敘述極詳確。

Lehfeldt, R. A.: Textbook of Physical Chemistry, Longmans, N. Y., 1899, and later, \$2.50.

Lüpke, Robert: Elements of Electro-Chemistry, Hippincott, N. Y., 2d Ed., \$2.50.

McPherson, W., and Henderson, W. E.: A Course in General Chemistry, Ginn, Boston \$2.25 A College Text.

Meade, Richard Kidder: The Chemists, Pocket Manual-Chemical Pub. Co., Easton, Pa., 1910, \$3.00.

Mendeleeff, D.: The Principles of Chemistry, Ed. by Greenaway, A. J. Longmans, London and N. Y., 1901, 2 vols., 611—462 pp., 3d Ed. \$10.00. 討論詳博，對於教師大有價值。

Morgan, W. C.: The Relation of Technical World to School Chemistry, School Science and Math., 8: 645—56, November, 1890.

Muir, M. M. P.: Course of Practical Chemistry, Longmans, N. Y., 2 Vols., Each \$1.50.

Muter, John: A Short Manual of Analytical Chemistry, Quantitative and Qualitative, Inorganic and Organic, Blakiston, Philadelphia, 1898, 228 pp., \$1.50. 對於學生教師俱合用。

- Newth, G. S.: *Textbook of Inorganic Chemistry*, Longmans, London and New York, 1897, 682 pp., \$1.75. 對於教師及學生之普通教科書。
- Newth, G. S.: *Elementary Inorganic Chemistry*, Longmans, N. Y., 1899, 90 cts. 此書對於理論之發展極可注意。其目的乃為中學學生用。
- Newth G. S.: *Chemical Lectures Experiments*, Longmans, N. Y., 1899, 344 pp., Illus. \$2.00.
- Newth G. S.: *Chemical Analysis, Qualitative and Quantitative* Longmans, N. Y., 1898, 462 pp., \$1.75.
- Noyes William Robert: *Organic Chemistry for the Laboratory*, Chemical Pub. Co., Easton, Pa., 1911, 291 pp., \$2.00.
- Noyes, W. A.: *Element of Qualitative Chemical Analysis*, Holt, N. Y., 1893, 91 pp., 80 cts. — 完全之課程可為初學之用。指示處俱極明白。
- Ostwald, Wilhelm Friedrich, Tr. by Walker: *Outline of General Chemistry*, MacMillan, N. Y., 1890, 386 pp., \$3.50.
- Ostwald, Wilhelm Friedrich, Tr. by McGowan: *Scientific Foundations of Analytic Chemistry*, MacMillan, N. Y., 1900, 215 pp., \$2.00. 說明近世理論在分析方法之應用。
- Ostwald, Wilhelm Friedrich, Tr. by Muir: *Solutions*, Longmans, London and N. Y., 1891, 301 pp., \$2.00.

Perkin, W. H. Jr., and Lean B.: *An Introduction to the Study of Chemistry*, MacMillan, London and N. Y., 1897, 360 pp., 2s. 6d. 教師對於此書應詳細注意，該書表示實驗研究之科學方法，為定量的與歸納的。

Perkin, W. H., Jr., and Lean B.: *Introduction to Chemistry and Physics*, MacMillan, N. Y., 1902, (New. Ed.) 2 vols., 20 + 207 pp., and 12 + 216 pp., Each 50 cts.

Perkins, W. H., and Kipping, F. S.: *Organic Chemistry*, Lippincott, Philadelphia, \$2.00.

Prescott, Albert B., and Johnson, Otis Coe: *Qualitative Chemical Analysis* Van Nostrand, N. Y., 1912, 254 pp., \$3.50.

Ramsay, Sir William: *Experimental Proofs of Chemical Theory for Beginners*, MacMillan, London and N. Y., 1893, 143 pp., 60 cts.

Ramsay, Sir William: *A System of Inorganic Chemistry*, Churchill, London, 1891, 15 + 700 pp., 15 s.

Ramsay, Sir William: *Modern Chemistry*, Pt. I, Theoretical, Pt. II, Systematic, MacMillan, N. Y., 1901, Each 40 cts.

Remsen, I.: *Inorganic Chemistry*, Holt, N. Y., 1890, 850 pp., \$2.80. 標準之高等教科書。

Remsen, I.: *Introduction to the Study of Compounds of Carbon*, Heath, Boston, 1895, 12 + 357, pp., \$1.30.

Richter, Victor von, Tr. by Smith, F. F.: Inorganic Chemistry, Blakiston, Philadelphia, 1900, 432 pp., 5th Ed., \$1.75.

Richter, Victor von: Organic Chemistry, Blakiston, Philadelphia, 1900, 2 vols., 1296 pp., \$6.00.

Rogers A., and Aubert, A. B.: Industrial Chemistry, Von Nostrand, N. Y., 1912, 854 pp., 340 illus. \$5.00.

Roscoe, H. E., and Schorlemmer C.: Inorganic Chemistry, Appleton, N. Y., 1908, Vols. I, and II, \$7.50. 英文中之標準參考書。

Schützenberger, Pual.: On Fermentation, Appleton N. Y., 1889, 351 pp., \$1.50.

Schoch, E. P.: Chemistry in High Schools, Bull. Univ. of Texas No. 210, Austin, Texas, 1911. 極有意義及可增智識之研究著作。

Sellers, J. F.: A Symposium on Chemistry Requirements, Scienc, 23: 730—36, May 11, 1906.

Sender, G.: Outline of Physical Chemistry, Van Nostrand, N. Y., 1911, 401 pp., Illus. 12 mo \$1.75.

Smith, Alexander: Introduction to General Inorganic Chemistry, The Century Company, N. Y. \$2.25. 新出版者，將包含對於化學教授法各方面之討論。

Smith, Alexander: Some Possible Items, Old and New for the Course in General Chemistry, New Eng. Asso. of Chemistry Teachers. 乃一講演錄，且載有參考書目。

- Smith, Alexander: The Training of Chemists, Science N. S., Vol. XLIII, No. 1114, pp., 619—629, May 5, \$1916.
- Smith, Alexander: The Content Method, and Results of the High School Course in Chemistry, School Sci. and Math. Vol. 16, 1916, pp., 289-302.
- Smith, Alexander, and Hall, E. H.: The Teaching of Chemistry and Physics Longmans, N. Y., 1902, 370 pp., \$1.50.
- Stieglitz, J. O.: Qualitative Analysis, The Century Co., N. Y., 2 vols, \$1.40 and \$1.20.
- Symposium on High School Chemistry, School Sci. and Math. 1908-1910.
- Talbot, Henry Pual: An Introductory Course of Quantitative Chemical Analysis, MacMillan N. Y., 1898, 125 pp., \$1.50.
- Tilden, W. A.: Hints on the Teaching of Elementary Chemistry, Longmans, London and N. Y., 1895, Crown 8vo. 2s.
- Tilden, W. A.: Introduction to the Study of Chemical Philosophy, Longmans, London and N. Y., 1902, 368 pp., \$2.00.
- Thorpe, F. H.: Inorganic Chemical Preparations, Ginn, Boston, 1896, 238 pp., \$1.50. 討論如何製造純粹化學藥品一百種, 皆為工業中頗緊要者.
- Vant Hoff, J. H., Tr. by Smith A.: Physical Chemistry in the Service of Sciences, Univ. of Chicago Press, Chicago, 1903, 126 pp., \$1.50.



Wagner R. von. Rev. by Fischer, F. Tr. by Crookes, W.: *Manual of Chemical Technology*, Appleton, N. Y., 1892, 952 pp., \$7.50. —類豐富之參考書。

Walker, James: *Introduction to Physical Chemistry*, MacMillan, N. Y., 1907, 332 pp., \$3.25.

Wiley, Harvey W.: *Food and Their Adulteration*, Blakiston, Philadelphia, 1911, 641 pp., \$4.00.

Williams, R. P.: *The Planting of Chemistry in America*, *School Sc., and Math.*, 2: 75-82, 139-48, April, May, 1902. 將美國學校教授化學之事件——歷史之評論。

#### HISTORY AND BIOGRAPHY.

##### 歷史與傳記

Bauer, Hugo: *A History of Chemistry*, Longmans, N. Y., 1907, 232 pp., \$1.00.

Davy, Sir H.: *The Elementary Nature of Chlorine*, University of Chicago Press, Chicago, Alenbic Club Reprints, 78 pp., 54 cts.

Martin Geography: *Triumphs and Wonders of Modern Chemistry*, Van Nostrand, N. Y., 1911, 358 pp., \$2.00.

Meyer, Ernst von: *History of Chemistry*, Tr. by McGowan, Geo. MacMillan, N. Y., 1891, 544 pp., \$4.50. 英文書中之化學史，當以此為最完全。

Muir, M. M. Pattison: *Heroes of Science Chemists*, S. P. C. K. London, Gorham, N. Y., 1891, 350 pp., \$1.00.

- Muir, M. M. Pattison: *The Story of Alchemy*, Appleton, N. Y., 1903, 35 cts.
- Phillip, J. C.: *The Romance of Modern Chemistry*, Lippincott, Philadelphia, 348 pp., illus. \$1.50.
- Priestley, Joseph: *The Discoverer of Oxygen, 1775*, University of Chicago Press, Chicago, *Alambic Club Reprints*, 56 pp., 44 cts.
- Ramsay, Sir W.: *Gases of the Atmosphere*, MacMillan N. Y., 240 pp., \$2.00. 作歷史的敘述, 作者并述其如何發明氫氣。
- Ramsay, Sir, W.: *Essays, Biographical and Chemical* Dutton, N. Y., 1909, \$2.50.
- Rodwell, George Farrer: *The Birth of Chemistry*, MacMillan, N. Y., 1874, 135 pp., \$1.00.
- Roscoe, H. E.: *John Dalton and the Rise of Modern Chemistry*, MacMillan, N. Y., 1895, 216 pp., \$1.25.
- Scheele, Kart Wilhelm: *The Discovery of Oxygen, 1777*, University of Chicago Press, Chicago, 46 pp., 44 cts, *Alambic Club Reprints*, *The Early History of Chlorine*, *Ibid.* 48 pp., 44 cts.
- Thorpe, Sir T. E.: *Essay in Historical Chemistry*, MacMillan, N. Y., 1894, 381 pp., \$2.50, *Biographies of eleven famous chemists.*
- Thorpe, Sir T. E.: *A History of Chemistry* Putnam, N. Y., 2 vols., 182 and 185 pp. + bibliographies, 75 cts. each.
- Thorpe, Sir T. E.: *Joseph Priestley*, Dutton, N. Y., 1906, 228 pp., \$1.00.

Tilden, W. A.: A Short History of the Progress of Chemistry in Our Own Times, Longmans, London and N. Y., 1899, 276 pp., \$2.25.

Tilden, W. A.: Mendeleeff's Life and Work; the Career of a Great Chemist Scientific, American Supplement, 69: 250-51, 270-71, April 16, 23, 1910.

Yenable, F. P.: A Short History of Chemistry, Heath, Boston, 1901, 163 pp., \$1.00.

Wiechmann, F. G.: Science Sketches, Chemistry, Its Evolutions and Achievements, Jenkins, N. Y., 1899, 176 pp., \$1.00. 極佳而可讀之書。

#### ELEMENTARY TEXTBOOKS.

#### 簡單教科書

Blanchard, A. A., and Wade, G. B.: Foundation of Chemistry, American Book Co., 1914, 436 pp., \$1.25.

Bradbury, R. H.: An Inductive Chemistry, Appleton, N. Y., 1912, 415 pp., \$1.25. 此書之教法大概用歸納法及用數量的。其計劃與本書所提論之原理相合。惟其說理論處，每不與歸納之宗旨相符合。

Brownlee, R. B., and others: Practical Chemistry, Allyn & Bacon, Boston.

Brownlee, R. B., and others: First Principle of Chemistry, Allyn, 1915, Rev. Ed. 535 pp., \$1.25.

Brownlee, R. B., and others: Laboratory Exercise in Chemistry, Allyn 1910, 147 pp., 70 cts.

Brownlee, R. B., and others: Chemistry of Common Things, Allyn, 1914, 624 pp., \$1.50.

Brownlee, R. B., and others: Experiment in the Chemistry of Common Things, Allyn & Bacon, Boston, 1915, 140 pp., loose leaf, 45 cts.

- Godfrey, H.: *Elementary Chemistry*, Longmans, N. Y., 1909, Sanborn, Boston, 1902, 430 + 110 pp., \$1.25. 教科書與實驗本相并。
- Irvin, F. C., Rivett, B. J., and Tatlock, O.: *Elementary and Applied Chemistry*, Row, Peterson & Co., Chicago, 1915, \$1.25.
- Kahlenberg, Louis, and Hart, Edwin B.: *Chemistry and Its Relation to Daily Life*, MacMillan, N. Y., 1913, 379 pp., \$1.25. 中學校習農學及家政學之學生所用之課本。
- McPherson, W., and Henderson, W. B.: *First Course in Chemistry*, Ginn, Boston, 1915, 403 pp., \$1.25. 明白可喜, 用數量的與極為歸納之態度。
- Morgan, William Conger, and Lyman, James A.: *Chemistry, An Elementary Textbook*, MacMillan, N. Y., 1911, 429 pp., \$1.25. 附實習課程關於人生及工業方面俱極充足。且對於模範反應亦說明極佳。
- Newell, L. C.: *Descriptive Chemistry*, Heath, Boston, \$1.40.
- Noyes, W. A.: *Qualitative Chemical Analysis*, MacMillan, N. Y., 1899, 5th, Ed. 1916, \$1.50.
- Ostwald, Wilhelm, and Morse H. W.: *Elementary Modern Chemistry*, Ginn, Boston, 1909, 285 pp., \$1.00. 此書之計劃傾向於以問題入手。其態度為用數量的與歸納的。教師當詳細研究之。
- Smith, Alexander: *Elementary Chemistry*, Century Co., N. Y., 1914, 439 pp., \$1.25, 極為歸納的與用數量的, 文字明白簡單。
- Weed, Henry T.: *Laboratory Manual of Chemistry in Home*, Amer. Book Co., N. Y., 1916, 199 pp.

## 第二十一章 化學——實用指南

【教授化學之常識規則與原理】 就以上之討論觀之，可得數規則與原理。依此進行，能使教法有效。

(1) 由事實與實驗所觀察者入手。自始至終，皆不與之相離。凡事實之有定量關係，及用測量法所得者，則講時必提其數量，與測量之如何進行。凡不過於難懂者皆可稱述之。

(2) 若關於某定律之特別事實尚未充分研究及熟悉其關係以前，即不提該定律，留待後提，則學生方能認其為節省腦力之方法。

(3) 當某定律已曾提過之後，則凡遇特別例之與此定律有關者，即當要求學生將此事實與定律相聯，直待彼等俱養成此習慣。

(4) 待需要理論解說所觀察之事實時，方將該理論提出，不必急於傳授。蓋定律理論者，乃人功造就之物，以解說事實者也。吾人不可降貶事實，稱之為

某定律某理論施行之例。不知定律理論並不施行，不過言在某普通情形時，每有某普通事實進行而已。無論何時若確實發見定律不與事實相符，則必改正定律，以就事實也。

(5) 如學生對於事實及理論不能解悟，不必強其記憶，以求能諷誦上口。但與以具體之例，以增其經驗，則久之彼必能習得之，且必肯用以代事實之記憶。故能通曉事實，則概論極爲緊要，否則爲無用也。

(6) 定律與理論故必當學程進行時逐漸提出，而觀念之難解者，當置諸學程將終之處。凡最淺之教科書，大概皆能依此規則。且有數書，將極屬理論的材料，如原子論，分子論，亞伏辯德路定律，及關於原子價，游子化等，皆彙置於一章，以便教師依其判斷以決去取。且每次談至理論，即宜多用定量之實驗及舉例，以表示之。如化學理論不足以鼓動學生之興趣，清學生之見解，使其能爲簡單之預言，反使之生厭惡與擾亂，則必因學生之程度未至，或教法不佳，或二者皆有之。

(7) 凡宣言化學定律，其稱述之法，必使人瞭然於此乃由實驗得來之意。例如言定比例之定律，則曰取無論何化合之無論何部份分解之或合成之，皆見其所含各原質之重量有一定之比例。

(8) 定比例之定律，物質不變之定律，蓋魯薩化合體積之定律，俱為化學中極緊要之概論。若細心討論，則對於中學生俱尚不甚難解。簡單之倍數比例之定律亦可教之而有效。惟對於初學尚非為緊要，即略之亦無不可。化合量之定律，乃為以上二律之總宣言，頗為緊要，然頗為困難。欲學生之完全了解，固難期望也。

【模範反應】 在化學研究，能使學者得一模範之觀念，頗為可欲之事。當遇一化學反應，每可視之為模範，指明其他反應與之相類者頗多。例如由氧化汞或氯酸鉀取氧，教師每可藉此事實，因聲明多數化合物之含氧者，如  $\text{BaO}_2$ 、 $\text{PbO}_2$ 、 $\text{KNO}_3$ 、 $\text{MnO}_2$  等遇高溫時，亦能分解而放氧。是  $\text{H}_2\text{O}$  與  $\text{KClO}_3$  乃其餘反應之模範也。例如以鋅排鹽酸則得氫氣，今可藉此說明鋅遇其他非氧化性酸，亦能起同等反應。

故此反應不但成爲預備氫氣之反應，乃爲非氧化性酸及電化活潑度在氫以上各原質相遇所起反應之模範矣。又至於自礦取金屬之法，及討論週期律中同原質性遞差之理，皆可利用此模範的觀念。若教師注重此點，令學生彙聚相似之反應，令注意於大同小異之點，則不但可節省時間，且無意中與各學生以溫習之機會。且同時能激生興趣，及養成組織化學觀念之習慣焉。由此進行，使學生練習在一定限度中作爲概論，且在該限度中貫注其思想，誠科學所賜之大訓練也。多數教科書尙未能注意及此。苟能注重於反應之模範，則其佈置必更合於教育原理的。如是則較簡之反應，可彙聚於一模範之下而先授。其複雜者可彙聚而後授焉。例如反應先後之布置，或將有下列之次序，合成與分解，可逆反應（前兩種均有此），加水作用，替換作用與雙分解。至於作用之與氧化及還原有關，且原子價改變（如硝酸與金屬之作用），則當留至較後之處教授。

【實地應用】 凡遇新題目，其入手討論時，如皆欲用家庭及工業之化學應用爲之引導，則每多窒礙難行之處。惟其化學反應極簡單者，則可偶一爲之。若採用工



業之事與方法爲學生完全所未習見者，或所關之化學原理頗爲複雜而尙未研究者，若以此開始，則謬誤也。以教育原理言，莫拙於此。又中學中每有所謂工業化學或應用化學者，每要求學生記憶一複雜之手續。其應用何化學原理之處，既非顯然易見，因此可得何化學觀念之處，亦不易明。此舉亦爲錯誤。此皆由於誤解將化學與日用生活相聯絡之一語使然。例如作者曾見一教室中，討論各種皮革之如何製法，作者與學生俱聽之生厭。學生中既未曾一至製革廠，及在實驗室中親自製革，教室中及講檯上，亦無有欲藉此以說明某化學原理之表示。又有某實用化學內，舉去污點及洗油漬之法約二十種，而未一言及所用溶劑與溶液之性質。如是種種，皆屬無用。但反而言之，若果能選數個實驗之問題，爲如何真去油漬，考求何種顏色不易洗濯，何謂乾燥去污法，如何用碳酸鈉使硬水柔軟等事，則未嘗不可用之以爲入手研究溶液之助也。又如漂白殺蟲等問題，亦可用爲研究二氧化硫及氯氣之引導。然此入手之法，未必即勝於依學生以前所習者爲根據而逐漸進行之法。總而言之，入手之方法頗多。教師皆須嘗試之，然後擇其最自然與真有興趣者而用之可也。

雖工業應用每包含複雜之化學與不常見之物質，然其中亦有簡而易明，可一考驗者。故教師當就近調查，遇有可與化學事實或原理相聯絡者，即可於研究至此事此理時一論及之。化學物件及作用之常見緊要而尚簡單者頗多，學者不可不知。例如工業中如何用副產物以免耗費；火燄，及製麪包餅乾之化學；呼吸，消化，衛生；發酵，油漆之乾燥，水泥，三合土之變硬；玻璃，肥皂，煤氣，家用鋸，汽水，炸裂品，墨水，顏料之製造；酒精，醋，油，煤油，揮發油，炭水化合物，脂肪，蛋白質，纖維等食物，及土壤，肥料，殺蟲劑之性質與來源，皆是也。

此種材料在課程中應佔若干之地位，視教師之學識與見解何如，觀察之便利與否，學生之興味濃否，與學程本部之關係何如，及其他種種情形，惟教師能決之。或則可由參觀而得，或則可由個人之實驗與報告，或則但由教師偶一解說，或圖示之。但將該種子播諸學生，其發芽與否，一任其自然。若教師見聞廣博，討論熱心，必有數個學生受薰陶。有時其影響可及全部，如是，則化學在學校中，人人將視為有實用而所共好之學程矣。

實地應用之時間 如欲節省時間，則原質與化合物之不常見者，俱可略去。且關於理論較深之一部，亦由教師詳細說明及表示之，然後由全班非正式討論之，而不必求其熟習。據作者及多數大學化學教師之觀察，理論部分能熟習者極少。且欲學生對於學程之各部俱有同等之了解，亦為無意識之事。所謂求精者，固不在此。在教法中所謂精者，其緊要原素，為能判斷各智識之緊要與否，而選擇與己之目的有關係者，澈底研究之。學生之必須熟知者，為化學原理與事實與其將來之生活與讀書有關係者，乃化學之方法與邏輯，如如何能計劃布置實驗以備徹底解決所搜求之關係，如何翻閱化學書籍，以求所欲得之智識。吾人之目的固不在製造學生，使成一能走動之化學詞典也。

學程進行之指導 實驗與講壇表示當常用之。昔法拉第 (Faraday) 向兒童講演時，如言及引力，則使物落地，使彼等得具體之觀念。故當教師言及硫酸銅或氫氧化鈉時，不妨取實物以示，使直接所見之物與所講之事實，可互相聯絡。且名稱與符號，亦可藉以有聯絡焉。

對於學生所習知之物，舉其化學性質，使彼有興趣。物之完全未知者，即無興趣，無興趣即無注意。對於生疏之物，欲其有興味，必有意義，欲有意義，必其與習見或有價值之物有可尋之關係。遇學習新事實或新原理之時，若行之而無勉強造作之弊，即可表明其用途與其對於其他問題有何對照而可互相發明之處。

純粹之定性分析，乃一專門之學問，不宜用以佔真正化學之地位。蓋當學生化學之智識無多時，以分析法授之，亦不過與以強記之訣竅，純屬機械的而已。惟當研究溶液時，藉以說明金屬分析之原理，及實驗室中如何檢查金屬或酸根之數個緊要原則，頗為有益也。略授乾燥檢查法，尤為有益。學生每可藉此得證明其所研究之物為某物而非他物焉。

化學為求量之科學，故須常用數量之說法，以示之。即當言事實與定律時，多舉簡易而有數目關係的問題。與人生有關係者，則用磅噸等單位，與實驗室有關者，則用克等單位。例如言在攝氏表零度，氣壓表三十吋壓時，欲將四千立方尺之氣球裝滿，則須用鋅與硫酸若干磅。但不可將此等問題使人習之成厭。其數目關係，則宜時

常注意。

化學之學問不易。如學生對於困難處不能解悟，教師莫因之而失望，當思本身當時學習時，亦有此等困難，而加以忍耐。不時溫習即能明晰。如種子之抽根發芽，與以相當之時間，使之化生。如教師不能忍耐而過於苛求，則不妨試自行研究一新問題，或一試讀德文之近世化學研究，則必廢然而反，忍耐心生而苛求心減矣。

#### 關於第二十一章可研究之問題

- (1) 本章所舉之常識規則與原理八則，汝見其是否有可疑之點？試辨論之。
- (2) 試選化學教科書數本，觀其對於理論方面，是否待充分事實已學習後方提出？因此評定其甲乙。

(3) 復就此等書之對於日用及社會價值之注意，而評定其甲乙。

(4) 復就其對於科學方法於解決問題方面，評定其甲乙。

(5) 依以上三條件而總評論其甲乙。每書與以平均之數目，爲之序次。平均最低者最前列。

(6) 研究所謂模範反應之後，再調查各教科書，觀其是否利用此原理。又將緊要反應之應教授者試開列一單，依照該原理之分類法而排置之。

(7) 依第六問所提議者進行之後，於是說明汝個人之意見，以爲依本章所論之研究反應法是否可行？

(8) 就汝所在之地點而言，能應用若干之化學原理應用於家庭及工業者，以作教授之材料？

(9) 復考查各化學教科書，觀其中所論列者，有若干可刪去，而仍無傷於簡單之化學智識及解悟者。試將此等材料開列一單。

(10) 汝對於作者所論，言關於化學理論較難之部分但須非正式的講解而不加追問與考試，以爲何如？

(11) 就汝所知之化學課程而言，其中材料若用法拉第法以實物講解之，使學生有具體之觀念，汝以爲何如？是否覺其可以不必？又是是否見有數種事實若用此法則更爲有效之處？

關於內容，方法，教科書之參考，參看第二十章之末及附錄之圖書館書目單。

## 第二十二章 化學設備

【需費之各項】 關於化學之設備，其費用較大者，當推傢具與鉛管。關於高等儀器，當推天秤。惟善於構思利用者，每能設法減少以上物件之價值。而在較小之學校，仍能藉以教授良好之化學課程。至於大部分之玻璃儀器及其餘用品，比較價賤，可酌收實驗費以補充之。夫學生有機會親身實驗，則繳納小費，當亦所樂為。作者前曾計劃一化學室，為學生二十四人所用，但費美金二百五十元，即置有實驗檯及其他器具，可用以為有益之工作。室中置一水槽，以備公用。檯由本地木廠製成。學生各納款半元以補充玻璃器具及藥品。但昔日之物價頗賤，不可與目下同日語也。

【學生實驗檯】 工作需要之第一條件，即為工作之地。每學生應有之工作之空間，至少當佔三尺與十八寸互乘之面積。檯面之下，應置有抽屜及鎖櫃，以便學生

可將需用之儀器鎖置其中，各自負責管理。此法可養成學生謹慎之習慣，且可節省教師之時間與精神極巨。每四學生應有一水池及二水活門，惟每人應有一煤氣活門，及裝橡皮管用之接管，以便通煤氣及爲燃燒之用。凡水管氣管及廢水管，當在檯之中間，自一端通至他端。若此等管安於地平下，亦當與地平架之木平行。然所有之管，以能在地面上爲佳。如是則易於檢查修理。且實驗檯亦以就其縱長分爲兩半爲佳，以便於其中置管或修管。通廢水之總管，可以生鐵鑄成，其中塗以地瀝青油。開口之槽較諸管更爲合用。如用開口槽，則槽可通至檯端之漏斗。此漏斗須大足以容各水池流來之水。在廢水溝離實驗室之處，可裝置一防臭瓣。若省定法律或市政規定裝管章程主張多用，則亦當多置。

若實驗檯上欲裝架以置藥水瓶，則架宜低，庶教師能見各檯面而無阻礙。惟學校中既無定性分析，則藥水瓶無多，檯面固可不必有架，而置瓶於櫥中。若以木製盤，內襯鉛片，以置瓶，頗爲便利。此種盤皆可自製。

每水池俱有直管。取氣體時即可利用該水池，可不須另用水槽，以收聚氣體。每



學生所佔之檯面，下俱指定抽屜一個，爲各生個人之用。復於各組工作之處，有公用抽屜，以備置每組公用之物。又檯下應有隙地，以置瓦罇。每兩工作地點，應有一罇，以便置酸及他廢物。教師當訓練學生，令其除水外不當置他廢物於水池。如但於檯之兩端置水池各一，則可省去數池。惟所省之金錢不多，而學生耗費時間則更多矣。如每檯上俱有接電之機關，以便作通電實驗固佳，否則缺亦無妨。如學校所用以燃燈之電爲110伏脫電位之直流，則可用相當之電阻，使其電位降至八伏脫或十伏脫。或則用110伏脫之電動機以轉動10伏脫之發電機。如所用之電爲交流，則可用諾東電瓣 (Nodon valve) 或電解整流器 (electrolytic rectifier) 以改正電流，且減少其電位。

【講演表示用之設備】對於講演檯大概應有之設備，吾已於第十章言之，此處但加數語。關於講演及表示化學，在教師演講檯之後，牆壁之上，應有架一，以置不時需用之藥劑。且附近亦必備有置燒杯，試筒，燒瓶等物，以備急需。且在相當地點，應有通風櫥一個，既爲教師之用，又便於學生之視察。其適宜之地點，當推講檯之後，佔

壁之中央，在教室與實驗室之間，或在教室與用品室之間。兩面有窗，與二室相通。二室間傳遞儀器，可由此出入。惟欲於此地點仍置粉板，則可裝一活動可推之粉板於通風櫥玻璃門之前。

如置櫃之地點寬裕，則教師可將每表演實驗所需之儀器，分別安排裝置以待用。當在演講用過後，即行潔淨手續，安置原處，待第二次需用時，即可由櫃中直接移至講檯。此種習慣大可節省教師之時間。無須每次裝置儀器，隨手即可應用。此時間俱可增進教師之學問。其所得利益，較諸學校多費金錢多購不急儀器，不更多多耶。

【通風櫥】 實驗檯之最佳者，由特別廠家所製造。其上皆置有通風筭，狀如覆蓋之漏斗。每學生有一個。又有極大者，一以備講演檯之用。此等裝置，皆極便利。惟必有良善之通風機關，及強猛之引力，方能有效。否則不能進行。如無此等設備，則牆上應置通風櫥。每學生六人置櫥一個。靠牆通風櫥如欲其合用，必注意下列數點。即建造完固而不漏氣，不宜太大，須與氣筭之橫斷面積成比例。氣筭須寬而直，少彎曲處。當應用通風櫥時，應置一燃着之燈於氣筭中。櫥之邊宜用玻璃，其前面當有大玻璃

門，或則可推而向上，或則用鉸鏈可提之使向上。櫥底應有小孔，以備空氣之入。其高與實驗檯之高約相等。

可代煤氣之設備 用酒精燈不能行滿意之工作，揮發油燈若非細心應用，又每發生困難，而耗費時間。惟無煤氣，則不能不用此二者以代。在鄉村中無煤氣之處，則學校可自設一揮發油氣廠。其如何安置設備，五金店之爲多營業者皆能言之。休亞克教授 (Professor Schoch) 曾著有手冊，言製揮發油氣之小機器之製造法。

【天秤與法碼】 如須多作定量之實驗，則每學生二十四個，應有四個至六個之天秤，另置於一室中，以免受實驗室猛毒氣體之侵蝕。適宜於學生之最佳天秤，當推鉢克公司 (Becker) 所製者。其價爲連法碼 (自五十克至一克釐) 值美金二十元。至於初級之學程，則吾前章所言之德製手提天秤亦已合用。惟學生及教師當爲之製一木櫥有玻璃門者以貯之。學校中如有手工班，即可令其製造此櫥，亦設計教育之一法也。

【蒸餾器】 凡化學實驗室俱應有一良善蒸餾器，學校中冬令之用熱汽管以

取暖者，則接一長管於此熱汽爐即成蒸餾器。此管若外套一大管，以作冷水套固佳。但此舉可以不必。因若熱汽爐之活瓣但開少許，則蒸氣之通過長管必緩，而空氣即能使之冷卻而凝結成蒸餾水矣。如實驗室有煤氣及流水，則可購 *Peerless* 及 *Tewell* 等自能進行之蒸餾器。否則用賴爾思登 (*Ralston*) 蒸餾器。即由銅曲頸甌與螺旋管式之冷卻器而成。可用藍色火焰之油燈熱之。

【鐵圈架】在最佳之實驗室，皆不用鐵圈架，而用鍍鎳之鐵棍。此棍當欲用之時，即可立於檯上之有螺旋孔之薄片上。此法之優點，即為鐵棍直立時極為安定，無傾覆之危。取下後則一棍所佔之地極少，且不似鐵架之常須加漆。惟有一缺點，即其在檯面之位置有定，不能移動，有時頗覺不便。但實驗室置普通鐵圈架數個，即可免去此弊。

如有六尺乘三尺之面積以供學生四人之用，其中間有水池一個，則安置該螺旋孔片及煤氣活門最佳之地點在檯面之中直線間，及每人所佔三尺地之中央。每一鐵圈架應置鐵圈三個，小者直徑二吋，大者三吋。且置一滴管鉢。滴管鉢效用極多，

當多爲購置焉。

個人應有之儀器 每學生應有至少而不可再減之儀器，卽本生燈一；橡皮煤氣管18吋；魚尾式燈頭一，以燒灣玻璃管；鐵圈架及滴管鈹砂盤一，或方石棉板一；試筒架一；試筒六個；試筒夾一；試筒刷一；細錶面玻璃一；2吋玻璃漏斗一；3吋磁蒸發皿一；小磁坩堝及蓋一；泥罩磁三角一，以載坩堝；坩堝鈹一；硬玻璃試筒二；八盎斯大之廣口瓶四，以爲取氣體之用；木塞及四方玻璃片各四，以便塞閉瓶口之用；燒勺一；三角銼一；有孔橡皮塞一，以裝置試筒；橡皮接管 $\phi$ 吋，與玻璃管相合者，內直徑爲 $\frac{1}{4}$ 或 $\frac{1}{2}$ 吋；直徑濾紙一包；細口吹管一；淨瓶一。

【其他儀器】 每學如復有下列儀器則甚善，卽玻璃塞之滴管二枝；(50或100 c.c.之容量)；燒杯一組(其容量爲500, 250, 100及50 c.c.)；波喜門 (Bühman) 燒瓶二(500及250 c.c.容量，以平底者爲佳)；配有二孔之橡皮塞各一；長頸漏斗二；量筒一(容量100 c.c.半)；玻璃質之乳鉢及杵一套(直徑 $2\frac{1}{2}$ 至3吋)；白金絲一 (B&S 規定之第28號，長1吋，裝於玻璃管上)；以爲試火焰及作硼砂珠之用。教師應教學生

如何將絲融着於玻璃柄之上示學生，且示以如何作淨瓶之法。

如學校中不得不力圖節省，則此等儀器可由教師保存儲用品室中，而於需要時取出。若實驗檯上無水池，則應有水槽，以便取氣。學生二人至少當有一個。又當有標準之藥水瓶一組（瓶上有吹成之簽字條及玻璃塞）。每組應有數瓶，以盛下列藥品：即濃  $H_2SO_4$ ,  $HCl$ ,  $HNO_3$ , 稀  $H_2SO_4$ ,  $HCl$ ,  $HNO_3$ ,  $NH_4OH$ ,  $NaOH$  每一學生有一組則更佳矣。

【普通儀器與用品】 欲行講演實驗及學生實驗，則普通用品必不可缺乏。例如寒暑表；玻璃管；橡皮管；橡皮塞（其大小須能與瓶及試筒等相合）；塞或有一孔，或有二孔；橡皮接管；穿孔器；大小玻璃棒；乾燥管；夾鉗；螺旋鋏之用以夾橡皮管者；鉛盆之所以試氫氣者；一坩，半坩，及四分之一坩容量之普通燒瓶與蒸餾瓶；一坩，半坩，及四分之一坩容量之量筒，用以混合溶液者；各種大小之蒸發皿，大者直徑八吋；各種大小之燒杯，大者容量一坩；各種大小之漏斗與濾紙；噴燈與風箱，以為玻璃工作之用；過濾唧筒，在水壓力較大之處，每可代風箱之用，以運用鼓風燈或噴燈。又實驗

室每需籐囊之玻璃瓶一，或大汽水瓶三個，以貯蒸餾水。

又試筒，燒杯，蒸發皿，坩堝等，每易破壞，又必多爲貯藏，以爲補充之用。

【藥品】 欲細舉每學程所需之化學藥品實可不必，因其需要視實驗之性質與學生之人數而異。但對於購置及貯藏略發數語，不爲無益。購藥品不宜在本地小藥房。因向可靠之大藥品公司購買，每價廉而物美。常用之藥品，以多購爲佳，以一磅至五磅爲度。在較大之學校，購酸當以巨罇計，如是則無中途缺乏之虞。且一觀藥品價目表，卽知如此則價較賤，至於藥品之等級，當求其純淨而非工業用者。

大概所有化學教科書及其附本，每將其各實驗所需之藥品開列一單，關於其所需最低之量，亦有紀載。教師可依此單爲根據，視學生人數之多寡而爲伸縮。教師且須立一購置單，見用品室中某種藥品有缺乏之虞，卽當紀錄，以免遺忘。第二學年所需之購物單，在暑假一二月之前，卽當完備寄去，則秋季所需之用品，於秋季始業時，卽可收到應用。凡能風化潮解之物，皆當妥爲封閉於瓶中。所用之木塞，先必浸於融蠟。偶須開瓶，用畢卽當以蠟重行封閉。封之之法，卽取拜拉芬蠟一小塊，置於木塞

之上，再以熱鐵絲與之接觸，蠟即化散於塞上而封之矣。橡皮器具及藥品之能受光作用者，皆當貯於抽屜及不見光之處。貯  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaOH}$  及  $\text{KOH}$  之瓶，其瓶塞皆當一浸於融蠟之中，或則用橡皮塞以代。

不費之設備 在極小之學校，如必求經濟，則仍可置不費之設備。例如取  $2 \times 4$  吋之木板，鑿孔於其上，更加木釘，即成試筒架。普通裝物之錫箔，每可用以代水槽。以粗銅絲繞海綿，或以海綿繞木棍，即成試筒刷。於試筒上裝置木塞及導氣管，即成一發氣體之器具。取石棉之長六寸寬四分之三寸者而彎曲之，即成一試筒夾。若以木爲之，亦頗易易。貯瓶用之鐵盤，每可以代沙盤。木塞之曾浸於融蠟者，可以代橡皮塞。泥烟筒頭，每時可用以代磁坩堝。舊電條之炭與銅絲相接，即成燒勺。舊磁茶杯托，亦偶可代蒸發皿。家用之貯果瓶，亦可用以取氣。用此等設備所節省之經費固不多，惟在對於科學不注意及不願爲之設備之社會中，則教師之有精神與能力者，每能藉此等設備以行良善之工作。且使執教育行政者，亦因之有感，而願謀設備之改良矣。

【尙可注意之各點】 教師對於醫藥常識及救急法宜有所知，以備於割傷、火



傷，或酸入目時，知臨時救治之法。

美國非拉特爾非亞城 (Philadelphia) 之衛陶及特當公司 (Whitall, Tatum & Co.) 所製之試筒，較他處爲貴，然頗耐久，故購用之仍較他貨爲經濟。該公司又製藥品瓶及其他化學玻璃器具。美國露雀斯脫城 (Rochester N. Y.) 之包須及卽鉢光學儀器公司 (Bausch and Lomb Optical Co.) 供給寒暑表及其他化學用品，價亦低廉。又紐約城之阿滿及亞孟公司 (Eimer and Amend) 聖魯意城 (St. Louis) 之亨利喜爾公司 (Henry Hiell) 亦極爲可靠。若購置多時，則價亦低也。

各學校實驗室之最大缺點，即爲用品室之不敷用。其地方須廣闊，且但有一窗，使牆壁之空間，俱可利用以爲安置多數抽屜木架櫥櫃之地。置玻璃化學儀器之架，不必若置物理儀器者之大深，不過八寸即可矣。

實驗室中尙應設小架於室旁，以便放置藥劑瓶。凡藥品之爲學生所公用而非各人專用者，皆置於此。架之高低，以便於學生移取爲標準。

至於額外所須之玻璃器具及寒暑表，但當於需用時付與個人。每次交出時學

生俱須簽名於取物券，如圖書館中所用之取書券然。待儀器用畢交還時，則將該券取消。

凡玻璃器具之有玻璃塞者，當不用時須將塞子取下，以繩或軟銅絲繫於該器之側。

【實驗室規則】關於潔淨安全，及實驗時之組系，儀器之留心，教師當定簡單及明瞭之規則數條，求學生之恭謹服從。有數事規則中當提及，而大多數學校每未注意及者，今爲列之如下：

凡水管氣管當未應用之時即當緊閉。

火柴木炭及化學藥品不宜置諸抽屜中。

水池中除水外不可棄置其他廢物。廢物當棄諸瓦罇中。

凡點本生噴燈時，手執火柴當離燈約三寸許。如火焰縮入燈中，發生青黃色，則當將氣管關好，及燈冷後，重新燃點之。

凡置物於試筒中加熱之時，則筒須斜執，不可向己或向人。且熱時極須細

心，將筒在火焰上移動。又置流體於玻璃器皿中加熱時，則火焰不可與流體水平面以上之玻璃相接觸。

當將玻璃管配入橡皮管或木塞之時，必先將玻璃管兩端火焰中燒圓。手執玻璃管處當與配入之端相近，用力時執管宜直，且加以旋轉之運動。否則有傷手之虞。以巾裹手，然後工作，亦佳。

不可用手指捉磷及鈉，必當用鉗。割磷當在水底爲之。凡在燒勺中燃磷，燃後當置諸本生燈上燒之，以冀所有磷皆燒去無餘，以免餘燼復燃之患。

當注意防火傷。玻璃管及他物必知其已冷後方可以手執之。

勿置藥水瓶之瓶塞於檯上，以免沾不淨之患。可夾之於第二手指及第三手指之第二節間。如此則手仍可用於傾倒藥物而無礙。

於實驗時，稱量藥品，必當依教案進行，不可多用。

實驗所得之結果，必當急紀載諸筆記本中，所書者必爲實在觀察來者，不可因所望之結果不同，而改變之。

以上所言者，皆化學實驗藝術中之初步。作者至各處視學時，見學生對於此等事實注意時，即知教師對於學生所授之化學訓練必有可觀。苟學生對於此點忽略，而教師亦即任其忽略者，則教師之爲何種化學家，固不待多所考查而知矣。

關於第二十二章可研究之問題

(1) 取實驗室傢具製造公司之貨品目錄觀之，(表見第十章末) 擇汝學校最合用之實驗檯一種，并擬一說明書，致汝學校中之辦事部，言明此檯之需要及汝選擇之原因。

(2) 若汝善作機械圖，可自行計劃一實驗檯，且畫圖以明之，以便在學校手工場中或本地木匠店造成之。一查木料價目單，乃計算每檯所需之費及裝管所需之費。

(3) 試作一圖以示汝化學室之佈置，并示表演所需之設備。

(4) 畫圖以明標準通風櫥之形式。

(5) 假定一班學生之人數，於是開單以明該班所需之藥品儀器，及其他用品。

## REFERENCES 參考

參看第十章末之儀器公司名單及二十章末之參考書目。其餘有興味之書籍足爲教師及學生之用者，見附錄A之書目。

## 第二十三章 混合科學(普通科學)之課程

【赫胥黎與科學入門】 將普通科學組織成一入門之學程，且將研究之科學方法及精神插入其中者，當推赫胥黎(Professor Thomas H. Huxley)爲第一人。彼於1869年，在倫敦之皇家學校，用圖畫講演以訓學生。其演講集以後編製成書，名曰地文學，其實則解說天然也。其組織所用之基礎，爲討論典斯河 (Thames) 河身之地質與地形，與倫敦附近居民活動之關係。其目的雖在增長常識，而不在科學訓練。但以大科學家言科學，科學之精神與方法，固完全畢露，足以感人幻想，引人興趣，激人思想。此種學程由教師如赫胥黎者授之，其價值之巨，固無疑問矣。今如有仿行之者，亦以本地之地形與地理爲討論之中心，然後取他科學之事實與原理，以明該地

居民與天然各勢力之關係，及在一種地形與他種地形居民之關係。苟教授與組織此課程者，其科學智識博而且精，足以應付此情形，則其價值亦必至巨無疑。但人才似赫胥黎者，固不多得。欲造成此種學程，談何容易。且各處之情形不同，學程之組織根據一處之地形者，必難適用於他處也。

故此書對於教師用之作爲組織科學入門各學程之參考，以觀其講演之方法，固極爲有用。若以爲課本，則不甚通行，且今已鮮有人知之矣。

赫胥黎學程之內容組織及方法，今將該書之章名羅列於下，藉此可以知其內容與組織之方法。

- (1) 典斯河，南與北。北極星與指南針。相交線，周圍線，與地圖。河身與分水。
- (2) 泉水。礦水。能滲透與不能滲透之地層。斷層。噴水井。
- (3) 雨與露。
- (4) 雪與冰。
- (5) 蒸發。
- (6) 大氣。
- (7) 淨水之化學組織。
- (8) 自然水之成份。
- (9) 雨及河流之工作。
- (10) 冰及其工作。
- (11) 海及其工作。
- (12) 地震與火山。
- (13) 陸地之緩動。
- (14) 生物及其影響。化石。

煤。(15)動物力造成之陸地。珊瑚島。(16)有孔蟲之陸地。(17)典斯河身之地質構造及其解說。(18)陸與水之分布。(19)地球之形狀。地圖之構造。(20)地球之運動。(21)太陽。

所可注意者，其邏輯的組織，以典斯河流域爲中心。其問題與目的，爲討論其來源，歷史，及對於人之功用。每次討論之起點，皆取較近之現象，直接與河身及河中之活動有關係者。若物之最遠最不熟悉及最抽象者，如地球形狀運動，太陽之類，皆在該學程最後一部份，待他物之可爲其先導者皆明瞭後方敘及也。且赫胥黎起首時，皆但敘簡單之事實，以繪畫地圖及實驗表示之。然後逐漸引入解說斷語與普通原理。

【現行方法與赫胥黎方法之比較】讀者若考查近世混合科學之課本或他專門科學之課本，則見其用此計劃者極少，且多與之相反。其入手也用抽象之普通原理，引數與之相符合之例，而去其不相符合者。或則用實驗以表示該原理。於是用抽繹法思維而敘述其應用。或則用此以解說新事實。近日中學科學教育結果之

不滿意，所以生中學校長與管理者之責言，或皆由於教科書及教師俱有此種趨向之故。

若教師之授混合科學者，或授特別科學者，已授者或未授者，能將現行之混合理科，物理，化學，地文等教科書，與此書一比較，乃極爲有益之事。彼可注意該書入手之用歸納法及敘述各題之簡明，至於現行教科書，則入手即用抽繹及抽象法，且敘述同一事實，即見其弱陋。教師可於授課時，一試赫胥黎之呈說法，而觀學生對待之興趣與勉力，較諸對待普通教科書用抽繹者何如。想略一試驗之後，彼無偏見之人，必認赫胥黎方法之是，而近世著作家之非矣。

【混合科學之目的】赫胥黎對於科學入門之學程，其主張最善，其書又非普通常見者，故吾爲摘錄其序言如下：

據赫胥黎所言，混合科學之目的，在將物質科學之原素紹介諸青年，使之對於天然現象，腦中存一清晰之圖形。自常見之事實與日用之經驗，逐步引至較遠之物與較難解悟之關係。彼又欲與學生以少許科學法之實地經驗，其說



法俱極精密，蓋科學與常識不同之點，即在精密，惟同時仍求使聽者無不能領會之困難。惟此赫胥黎之意，以為學生用此法所得之智識及科學方法之內容，不但其自身有價值，即將來研究專門科學，亦可藉此為升堂入室之階。彼極反對言學問者對於智識不擇而吞，毫無統系。彼欲青年學者對於天然現象因果之關係瞭然於胸。知欲略明極普通各物之理，亦必不可全無宇宙之智識。例如沙頭石子，彼兒童所跌踏者，苟非昔日之地球歷史某時期有一種情形，如過去所有者，則該石子必不具此形，亦必不在此地也。

彌爾 (Mill) 著天然區域 (Realm of Nature) 一書，亦對於混合科學文字有貢獻者也。其所發表之目的，亦與赫胥黎相同。惟彌爾所選材料之內容雖佳，而其表示之法，則教授青年以科學智識者，反當引以為戒，而不可蹈其覆轍。其組織之法，乃一極凝聚之討論。布置之法極合論理，然但宜於成年之人讀之。兒童心腦未受科學訓練者用之殊不相宜。故此書以之為參考及最後組織之用雖極相宜，若以為兒童之課本，則乏輔助及鼓動之功效。以為教師教授初學法之指導，亦乏可採之處也。

不幸近日混合科學之書，皆採用彌爾之成人論理式的組織與抽繹法之表演，而少用赫胥黎較合心理之歸納方法。

混合科學之目的，據近日著作家之意見，可列之如下。惟其中亦有爲作者個人之意見，而未必爲其餘著作家所言及者。

(1) 在中學之第一年，與學生以思想訓練與智識。此訓練與智識，爲各種專門科學之基本。凡將來在中學或大學研究科學而欲成功者，不可缺少。

(2) 以科學之眼光，告學生以有用與有興趣事實之關於常見之物者。凡學生之將來不入大學者，及在中學不能長久肄業者，對於此種學程，受益尤多。否則彼將見常見之物質與物力，而缺乏科學之見解與科學之處理法矣。

(3) 將各科學內容可引人入勝之景象指示與一年級學生，使彼能自察其所好與本身能力之所在，以便對於將來所授之各學程作較妥善之選擇。或能尋出某部學問爲彼離校後所欲閱讀，工作與研究者。某著作家曾言近日學校不能造成多數視科學爲娛樂之人，頗爲可惜。蓋一國中欲科學發

達，此種人物決不可少，因其爲保存社會中科學興趣之中堅人物。混合科學之學程，若以造成科學興趣爲目的，亦要事也。

(4) 凡教授混合科學之教師，每明白宣言彼已脫離爲學生求大學學分之欲望，並脫離於但將一種科學之「可思議的及聯絡的事實與原理」教授學生之行爲，故對於各學問之邏輯的界限，爲各專門家因便利之故所勉強設立者，彼皆可自由的不加以注意。教授混合科學者，於是能自由選擇事實之與學生興趣較近者，與其腦力經濟及社會的需要相合者，以作課程之材料。如是則可訓練青年使彼在一環境中能知如何設法以求智識，及用有統系之心思以研究與彼有關係之事理矣。

(5) 混合科學之學程，或謂其有表明各科學關係之功用。可以示自然界之有秩序與統一，可以示科學法之純一，且可以感動幻想，可以致腦力之平均發展，可以養成能解說事物之能力。凡此種種，讀分別專門科學者，未必能得之如讀混合科學之易也。

以上所述之目的，與赫胥黎四十年前在其地文學序文中所言者固無大區別也。

【較近之學程】 【其內容與組織】 較近出版之書，其內容皆有包括大氣與氣候的化學與物理之趨向。

有一作者擬將各特別科學之材料，作一同等之採集。其敘述法固無異於言特別科學教科書之敘述法。該書之結果，不過集物理，化學，生物學，生理學等小教科書為一本。其材料與表示法與普通教科書習用者無緊要不同之點。其如何組織以應一年級學生之興味及需要之處，皆不可見。

尚有一書，以其全部之組織言，亦缺乏一定教育之目的，且亦有用正式與訓誨式講演之趨向。然其中列舉書目甚多，頗便於學生自動的研究。若教師善於應用固佳，惟注重參考書而同時關於實驗及內容，則用正式與訓誨式之講演，且言理論每先於事實，其結果有造成書本科學之趨向。凡用此教科書之教師，能抗拒此趨向者，固極不多也。

第三作者所著之書其呈述法與以前兩書頗相同，但有頗明瞭之組織目的。其入手所論者，爲熱，燃燒，食物，烹飪，消化等等，以家庭科學問題爲中心，然後推而至於社會。惟由灌輸有用智識及造成科學習慣之思想言之，則此書之缺點與其餘二書相同。其所欲包羅之事實太多，以至目前之問題未能澈底，且亦不能表示科學解決問題之法。此等學程之危險，爲與學生以不能消化之事實，而未使之有親切之學問也。

尙有二書用兩種計劃，其計劃皆勝於以前所舉者。其中一書以地學爲學程之中心。遇地文學與他科學有關係之點，或言及地理控製必引他科學方能明瞭之處，則援引物理，化學，生物學，生理學，農學最有興趣最緊要之事實以明之。尙有一書則以學生與其最近環境之關係爲其組織之目的。就組織與內容言，及就呈述之方法言，此書較其餘各書爲優。因其材料皆就有關日用者而謹慎選擇之。對於緊要問題務求澈底而不零碎。不聯絡之智識皆刪去不留，不與其餘諸家相同。其入手之法亦常採歸納法，起於普通之經驗，及討論時所舉之其餘經驗，然後引至抽象與概論。有

時此書亦離去此合於心理之步驟，而流入抽繹與宣傳法之敘述。由此可知吾人欲脫離成人思想法，而爲幼年學者設身處地之不易矣。若著書者能於著第一年科學書時，完全拋棄原子分子各理論，則庶乎不陷此誤也。

【設計與問題方法】 主張混合科學者其中有二人，其計劃不可不一述之。美

國意大利諾愛省師範學科拜盤教授 (Professor Fred. D. Barber of Normal, Ill.)

曾著數冊之設計與問題，關於物理與化學之常識，用以達吾前所敘之各目的，極有成效。彼將此等設計問題製成大綱之形式，以供其師範學校學生之用。直至近日授該學程俱未用書本。其入手全用觀察與實驗。當其組織與表式原理，則全用口頭教授與劄記。對於此種學程如欲求其真有成效，吾人或必須用此方法進行。凡教授混合科學者各人當自編其課程，以適應各人學生之需要。且彼既不用教科書，則當不爲校外教科書及沿用之大綱所束縛。作者前有意見以爲教師之不能自編課程，必須用他人教科書及大綱以授課者，卽不應授混合科學。此意見至今未行放棄，觀於各校教授混合科學之法，益信此意見之不誤。多數學校教授混合科學，仍不過作書

本之研究，施教者之科學訓練未深且廣，既不能勝任愉快，而學校之時間與設備又公認其無相當之供給，可爲歸納教授法所需用。

尙有一計劃爲古命比亞大學師範院 (Teachers College, Columbia University) 伍德好 (Woodhull) 教授所創者，亦當於此述之。伍德好教授爲主張設計教育最著之人，對於如何編制相當設計，以爲第一年級科學之用，曾行多數之實驗與考查，而尤以關於物理及化學之常識爲然。今彼方被任爲全國中學改組委員會之混合科學分股委員會長，現正與其助手着手編制及搜集相當之設計材料，爲一年級混合科學之用。此委員會對於其方針何如，雖曾爲數次之報告，然特別設計，尙製定及出版無多。所望者關於此問題之詳細報告及模範之設計課程，由有經驗之教師曾經試驗而得者，將不久由該委員會源源而來。在此時期間凡讀者對於此點抱有興趣，而欲力行者，固可與伍德好教授通信與合作也。

今將該委員會在一千九百十六年所發表之意見書彙述如下：

#### 數個基本原理

美國全國學校改組委員會之混合科學委員會所宣布者

(1) 凡學校各級所有教授科學之基本目的爲養成真科學精神之發展

(2) 平常兒童皆有天賦之科學精神原素，故欲達科學教授之目的，最有效之法，即在上科學課時供給相當之環境，使科學精神自天然之兒童式者生長而成較完美及合於論理的成人式者。

(3) 科學精神有三緊要原素可以表示之：(1) 關於物之意義及其用途，欲知之較詳，於是對於物之意義及用途，引起多數問題之解釋。(2) 深信解決此問題爲有價值且屬可能。(3) 思維之方法可引導至最便利及最有用之結論。凡科學教授實施時，不能見及此三要素，皆爲不完備者。

(4) 所創設科學教授法之最有效力者，謂之用設計教授之方法，此法對於以上所述科學精神之三要素，皆加以相當之注意。

(5) 每一設計，亦有三緊要原素，與科學精神之三要素相對應。即爲：(1) 在學生方面對於某事實或現象或經驗，有知其意義與用途較詳善之欲望。如此則能引學生使之發問。(2) 對於問題中之事物，深信其有價值，且可以增進了解之程度。如此則能使學生具熱心以研究。(3) 由經驗書本及實驗搜尋必需之智識且應用之以解決目前之問題。如此則問題暫時完結矣。



(6) 凡無論何人所發之問，若有關於天然及生命之現象者，皆可作為設計之基礎。

(7) 設計與題目 (Topic) 不同之點有如下列者：(1) 設計者，由學生之發問而生，與成人有邏輯的意見不同。故其所包含者每不若題目之受限制於人為的科學分類之中，如物理學、生物學等等。凡此界限皆為便於成人之腦力而設也。(2) 設計進行時，當有學生活動的及有目的之參預，固不若討論題目之但用正式的訓誨，所有思想皆由教師為之，而學生但作被動之吸收。(3) 設計終了時，從未有得一絕對最後完全之結論。故不若討論題目之能使學生有已聞最後一語之感想，故能造成虛心之學生。

(8) 用設計方法者，其學程之大綱與背影，皆取諸科學精神。其目的即在養成此精神。其工作之組織，全仗教師之巧妙，與全班之熱心，故不必若討論題目者須受狹窄科學分類之束縛。此種分類，乃由研究高深科學之專家用以自便者也。

(9) 若設計教學法施行得當，則學生除得有組織有用之智識外，且生愛科學精神之心。此心，能導之使求更多之學識。用邏輯法與題目法之失敗，即在於不能養成此點也。

(10) 目前各學校之需要，在搜集多數用設計之模範方法，用以示教師，使彼在各種社會中，知如何計劃

與應用設計法，以教授各級之學生，而與學生之環境相適合。該委員會現方進行此事。若目前將中等學校之時間復如舊例之分爲片段，如一年生物，一年物理等等，則設計教學決難望其成功也。

【智識目的與設計目的之比較】 教授法中有專以給與智識爲目的者，其入

手亦卽用此法。亦有用設計方法者，如伍德好，拜盤，孟兒，奧爾 (Woodhull, Barber, Mann, Orr) 諸人之在物質科學，及亨脫兒，沙兒，潑，披報德，亨脫，及賓格魯 (Hunter, Sharpe, Peabody, Hunt, Bigelow) 諸人之在生物學。此二法之比較，以設計法爲佳。吾在本書之前章，俱曾言及之矣。夫抱純粹給與智識之眼光，告青年以科學之事實，及與彼環境有關之可實驗的，與可觀察的材料，對於傳授緊要智識及引起科學事物之興趣，固大有價值無疑。惟用此法之教師，若非極有才幹極有訓練，每不能使學生用思想，而有強行灌輸之趨向。以事實言之，由作者視察所得，教授此種課程之人，其能抵抗此種趨向者，固極少數也。

反而言之，如用設計與問題之方法，給學生以充分之時間，使之思想與研究，且得教師與同學之幫助以自行工作，則置彼於一地位，使之有一種強猛之目的，欲盡

力以求可得之智識，以便解決該問題，與完成該設計。

設計方法乃合於論理之方法。夫用設計法，則學生既得智識，復學得如何應用科學方法以搜求事實，及加以組織，以應付目前之問題，且用有統系之實驗法思維法及下斷語之方法。用此方法，則每一問題及設計皆自然成一中心，而得來之智識可於此加以合於論理的組織，正如農夫、機師、工程師、商業經理家、家政管理人之解決問題然，在此成人活動世界中能得種種之結果也。當進行設計之時，常常多費時間以整理所得來之智識。其排列之法，或依參考書所舉，或用大綱摘要之法。此種組織材料之工作，其自身即為一類之設計。若能巧為運用，大可鼓勵興趣。又教師若向學生說明記憶此種事實，對於將來解決問題大有利益，且引具體之舉例以明之，則學生必因欲將有價值之智識與有用之方法深印入腦中，以便記憶之故，而對於正式之訓練，亦樂於從事矣。

設計方法缺點之辨護。若問題方法巧為利用，其造就較諸以給與智識為目的之法，固毫無遜色。而此法之優長，在於同時能與學生以運用科學方法之智識。其

可反對之點，惟在教師方面必當有技巧與能自動，在學生方面其所得科學智識，或不如舊法之多。以上所舉之第一短點，固可承認。惟教師若有正當之眼光，及肯自己研究以增其訓練，則此困難即不存在。凡教師當爲學生時代對於學程曾爲正當的起首研究者，則此時自己研究，仍可得訓練。彼若用問題之方法，即可得必須之技巧。且時常習用問題之方法，即可得訓練矣。混合科學既無一定必修之材料，則教師亦無必須包括之範圍。此優點爲他種科學所無，故教師殊有自由練習之餘地也。

所舉之第二缺點亦可承認。但主張問題方法之人，亦可問與其多將事實灌注於學生，令之強記，而不能作思想的消化，孰若少與事實，而能久爲保留且與永遠之興趣相聯絡記憶，且因興趣之故，將來可以應用之爲愈。對於此問題雖今尙無實驗之考查。然吾人皆知中學校中學科學者，無不今年所習者，未到明年即已忘卻。則採取新法之理由，固不弱於保守舊法之理由也。

數個設計法之舉例 今將混合科學可用之設計與問題，略行拉雜舉例如下，聊以說明其如何用法耳。

(1) (a) 選擇材料以爲自製無火烹飪器之用。(b) 爲之畫圖以便製作。(c) 造成此烹飪器。(d) 將材料之價值與工價俱加入計算，以尋得該烹飪器之總價。

(2) 用無火烹飪器以烹煮二升之豆或燕麥或肉，與用普通爐竈烹煮之比較，而計算其燃料費。且尋出前者較後者節省若干。計算時將設置無火烹飪器之利息金與修理費亦加入。如用煤器爲燃料，則用煤氣表以測其所用量。如用煤則權其重量。

(3) 欲地氈潔淨者，或則用帚掃，或則於淨屋時或用棒擊，或則用真空電淨器。今試比較其價值，凡時間，工價之值，與電淨器之使用，上油，倒出等工作之時間，及修理費之利息，與掃帚費皆計算入之。

(4) 或烹肉於普通之烹鍋，或則烹肉於汽壓烹飪罐。(a) 今比較二者之時間費、工費、與燃料費。(b) 置羹骨於二鍋中而熬之，乃比較二鍋孰能由同量之骨中抽浸出較多之溶膠質與可溶鹽類。(欲定浸出物之多少，可於烹

煮之後，將骨乾燥後而權其所失去之重量。）

(5) 求得必須之智識，於是定數條規則，以明如何使用家庭之取暖汽爐，方能得最高效率。

(6) 用直筒洋燈罩、木塞、及木板，製成抽唧筒及壓唧筒。用橡皮片與鼻針製活門。

(7) 試將春間所見之花鳥開列一單，且將此等鳥及植物之滋養品及其習慣與應用，皆詳加考查，而列舉之。

(8) 自製一電報儀器，且自汝家中至學校及汝同學處立電線以通四五處往來之訊。

(9) 調查市上所出售之各式冰箱，而決定何者構造最佳，汝必詳細求得所有智識後，方可下斷語。若有他學生選擇他種冰箱，則汝當與之辨論，以明汝所擇者，何以較彼為優。

由設計所發生之緊要問題 此類設計每能提起甚多與之相輔之問題，足以

引起科學各方面與各關係之興趣與好奇心。當設計進行時，教師當喚起學生之注意，使之即取之爲設計以備解決。教師當輔導學生使之但選其緊要而有用之問題。例如上節所舉之首二設計，其所包括者，有非導體與輻射表面之性質，有傳播法輻射法吸收法各導熱之現象，有燃料之熱價值及其如何測定之法，有熱單位，煤氣表之工作法，火焰構造，及燃燒等等。一事實能引至他事實。故設計若能慎爲選擇，其所發生之問題，教師又巧爲之指導及組織，則此學程能包含極有需要極有意義之物，以備學生之學習矣。且激刺學生使彼學習此等事實，乃由彼自身有目前求知之意，而非由於因教師告其將來有用而命之學習之故。凡知兒童及心理學者，皆知前自動機較後一動機對於學生爲較有效力也。

【設備】 教混合科學所需之儀器用品及他表演材料，視該學程所包括之科學內容而定。若學校無充分之具體實物可爲觀察及實驗之用，且有校內與校外之實習機會者，則不必費力以授此學程。蓋無論教授何種科學，但用教科書及空談，而無材料以備親身之觀察者，則必無結果，不過爲科學訓練之形式而已。此點在較大

之學校第九級學生俱讀混合科學者，其辦事人多未加以相當之注意。且有數學校令教師之科學訓練有限或極簡單者擔任人數甚多之班次，又不爲之供給表演之材料與表演檯。教授鐘點亦未爲之妥爲排列，使彼得有時間可以布置第二日之課程與表演。

關於混合科學之設備問題，可有二法以解決之。第一法爲先詳細計畫課程之內容，決定欲行何種實驗與表演，然後開清單以列舉所須之儀器與材料。教師乃計畫如何購買、製造、貯藏，以便將來之用。當爲此計畫時，亦當注意及某種設備或向校內他系借用，某種設備可由學生從家庭攜來。其他種計畫，則自他端入手，即將設備先一調查，以觀何種說明之材料已具，乃由現有之材料而計畫學程。但無論由何處着手，若不能具體之物以作教材，則不必試教也。

【混合科學非萬應之學程】混合科學一語，今日在各處已成爲口頭禪，在多數人心中以爲所有缺點，皆由此補救。凡今日教授各特別科學，世人認爲有不滿意之點，得此皆可消除。讀者由本章以上所討論者觀之，卽知作者之意對於此事不



若他提倡者之自恃其主張。彼對於人之對於混合科學之學程，加以細心研究，且由各方面虛心而進行者，極抱同情，但對於人之討論此問題，具一種黨派之態度者，則頗厭之。在學校無相當訓練之教師，無相當設備與充分時間，將此課程加以詳細計畫與勤敏研究，則開設此項學程，是否智者所為，殊為疑問也。由作者觀察所得，見學校之授混合科學以替代生物學與地理學程者，仍用正式課本之方法，其改變實為有損無益。若果有精博之教師，真不滿意於教授生物及地理所得之結果，且對於其教授之問題抱有自動與實驗之態度，使此人試教混合科學，則或能成效可觀。而上所列舉之目的，或可全部的或局部的達到。但不授混合科學而授公民生物學或地文學，其在鄉村中等學校，則授農學入門，如其授課之精神與目光有若前節所舉者，則其科學教育之價值，或反勝於混合科學。當教授此等學程時，如欲徵引他科學之事實意見及表演以作設計，使本學程之材料較豐厚或較明白，固無物可止此事之進行。即使教授此課程時，其目的在於改良，不欲受各特別科學所束縛，使其對於較近之環境或全宇宙，皆得較廣之見解，亦不妨仍用此舊學程之大綱，惟將對於學

生有意義之材料逐漸加入，無意義者逐漸刪去，使逐漸發展而成混合科學之學程。如是用替換之法逐漸進行，且詳細考查，其結果，使改變成於進化而非成於改革，則庶可免多數之大錯誤矣。

【小學中之科學】對於混合科學之教授，其中有一緊要事件爲各提倡之人所未注意者，卽中學以下小學各級之簡單科學極有需要也。凡青年兒童對於天然過程之明瞭及簡單事實，無不受極強之吸引。且平常兒童皆爲觀察家及研究家，不過用幼稚的，與未成熟的方法耳。自幼稚園以至中學，各級課程中俱應有簡單科學，取材於各科學。其排列深淺以合於兒童之興趣與能力爲主。在低級所授者，必須極不正式的與極簡單，不當過難，使兒童失望，且覺其爲苦工。其難易必當妥爲排列，使其材料足以挑撥兒童之腦力，然不使之失敗或至於盲從教師及書本。每一課或數課當自成一統系。在七級八級以下，皆不當用成人之眼光，爲之行合於論理之組織。卽在此二級亦不當多爲之。

雖多數或全數小學校統系中俱試行此事，然作有統系及澈底之進行，或教育

小學教師，使之能正當的施行此教法者，尚不多見。近日著名生物學家爲自然研究之運動，故現已向正當方向進行。不過所搔及者尚屬表面。在物理、化學及觀察的天文學與地質，皆材料極豐可以採取，而今俱尚未一動。造成近世地理學課本諸名人之巨作亦不可輕視之，不幸大部份教師皆未受用觀察眼光及自動眼光以用此書本之訓練。又不知利用他科學之說明材料及實驗以與此等完美教科書所舉之文學材料相聯絡。今欲造就教授此緊要科學之師資，厥有二種動力。其一則爲近日文明的與進步的省立及市立之師範學校。此種學校之數目與效率俱已漸增。其中不乏熱心與才幹之教師。對於將來預備教學之學生能與以相當之教授，使之極適宜於將來編制小學科學課程之用焉。

科學教授之監察員 尚有一動力則目下不常見其作用。此種缺乏足以表明各城市學校管理法系統有不完全之處，亦表明國內科學領袖之不活潑。蓋科學領袖應對於學校管理人，負有指導傳布科學方針之責任也。此動力即指科學教授監察員是。此種監察員之職務爲何事，頗爲明瞭。該男女監察員當計劃中學以下之各

級科學學程，指示教師如何授課，且監察其工作，且須親身授課，以使用實驗法考查課程之優劣，及示教師以如何授法。監察員又應有權可以召集中等學校教師，以便與之商酌中小學課程互相聯接之處。此種會議極可互相輔助與激動，可以交換意見與智識，且可以促進與指導社會之科學興趣與活動焉。

【將來之趨向】 作者之意，以為目下試行初級中學之地，可於該中學第九級以下添混合科學之學程。其教法當不可如今日之正式的與書本式的，無論中學之組織將來如何，若對於混合科學抱有興趣之人，肯注意於各級科學教授，如以上所述者，且對於中學校所授之各特別科學亦注意其教授法，力求其合於心理學而非為書本式的，則科學教育之進步或將有可觀。今日以設計及問題為組織科學事實原理及方法之中心，必能得良好之結果，則固無疑義也。

關於第二十三章可研究之問題

(1) 在汝附近之處，有何種現象或活動，可取以為問題，而由此組織一入門學程，如赫胥黎之地文學然？試為此種學程之大綱。

(2) 本章所敘關於第一年中學科學學程之目的試考查之，乃依其緊要與價值之次序，而排列為先後之次序。

(3) 將以上所述之目的討論之如下，(1) 欲達此目的，以授混合科學為優乎？

(2) 或仍以授各特別科學而用正當之教法為優乎？

(4) 考查現行之混合科學課本，採取其中之科學智識與解決問題之方法而批評比較之，然後列舉原因，指出某書教法最善，可以達到目的。

(5) 預備一為混合科學用之設計，且將其課程計畫作成。在此計畫中說明目的及在教室如何進行之法。且將科學之材料與方法可歸入此學程者皆總述之。於是請汝同學加以評論，整理後可寄與伍德好教授。

(6) 對於伍德好教授及其委員會對於設計教法之宣言試加以討論。

(7) 對於設計教法乃合於論理的一語汝以為何如？試舉汝贊成與反對之原因。

(8) 對於反對設計之辯護汝以為有理與可信否？如不以為然，試辨駁之。

(9) 對於學校添設混合科學之學程，本章言用進化法不用推翻改革法，汝以爲何如？

(10) 對於學校第九級以下採用簡單科學如作者所言之法。汝之意見何如？試爲大綱說明之。

(11) 試簡單討論下問題，『初級中學之科學，』汝之討論，以汝自身之信據爲主，而不必以作者之意見爲根據。

REFERENCES 考 參

Armstrong, Henry E.: *The Teaching of the Scientific Method*, MacMillan, N. Y., 1910, 504 pp., \$1.75. 其中所包含材料頗富，且對於混合科學之教師頗多有價值之提議。

Barber, F. D., and others: *First Course in General Science*, Holt, N. Y., 1916, 7 + 588 pp., \$1.25.

Barber, F. D.: *The Physical Sciences in Our Public Schools*, *The Normal School Quarterly*, Series 12, No. 49, Normal, Ill., October, 1913.

Barber, F. D.: *The Present Status and Real Meaning of General Science*, *School Review*, Chicago,

Vol. XXIII, No. 1, January, 1914, pp. 9-24.

- Barber, F. D.: *Tendencies of General Science Courses*, Proc. N. E. A. 1914, pp. 758-764.
- Briggs, Thomas H.: *General Science in Secondary Schools*, Teachers College Record, Jan., 1916, Vol. XVII, No. 1.
- Caldwell, O. W., and Eikenbury, W. L.: *General Science*, Ginn, Boston, 1914, 302 pp., 85 cts.
- Clark, Bertha M.: *An Introduction to Science*, American Book Co., 1915, 479 pp., \$1.20.
- Coulter, John M.: *The Mission of Science in Education*, University of Michigan, 1900, Also same title, Schow Review, Vol. XXIII, Jan., 1915, pp. 1-8, and *School Science and Mathematics*, Vol. XV, pp. 93-100.
- Coulter, John M.: *What the University Expects the Secondary Schools*, Science, N. Y., N. S., Vol. XLI, pp., 232-235.
- Eikenbury, W. L.: *Some Facts About the General Science Situation*, School Review, Chicago, Vol. XXIII, No. 3, March, 1913, pp. 181-191.
- Eikenbury, W. L.: *Further Discussion of General Science*, School and Society, N. Y., Vol. 1, No. 12, March 20, 1915, pp. 417-420.
- Fleener, Abraham: *A Modern School*, Publication of the General Education Board, Occasional Papers, No. 3, N. Y., 1916.

Hartman, Carl: *The General Science Situation in Texas, School Science and Mathematics*, Vol. XVII, No. 2, pp. 141-146, February, 1917.

Hummel, W. G., and B. R.: *Material and Methods in High School Agriculture*, MacMillan, N. Y., 1913, 385 pp., \$1.25.

Hunter, G. W.: *Civic Biology Presented in Problems*, American Book Co., N. Y., 1916, 281 pp., (with bibliologies) 80 cts.

Ivins, Lester S., and Merrill, Frederick A.: *Practical Lessons in Agriculture*, Amer. Book Co., N. Y., 1915, 225 pp., 84 cts. 其中所載者多可為混合科學學程之有價值材料。且有書目及材料單，皆可不須納價取得。

Morrison, Adelbert H.: *Applied Science, and Its Relation to the Rest of the Work in an Up-to-date Technical High School*, Proc. N. E. A. 1914, pp., 764-771 (Discuss by Comr. P. P. Claxton.)

Randall, John A.: *Project Teaching*, Proc. N. E. A. 1915, pp., 1009-1012.

Richards, Ellen H.: *Sanitation and Daily Life*, Whitecomb and Barrows, 1907, 60 cts.

Sharp, R. W.: *A Laboratory Manual for the Solution of Problems in Biology*, Amer. Book Co., N. Y., 1911, 352 pp., 75 cts.

Snyder, William H.: *The First Year of Science*, Allyn & Bacon Boston, 1914, and later, 493 pp., \$1.10.



- Timble, William H.: *Tendencies of General Science Courses*, Proc. N. E. A. 1914, pp. 752-758.
- Woodhull, John F.: *Projects in Science*. Teachers College Record, January, 1916, Vol. XVII, No. 1.
- Woodhull, John F.: *The Natural Method*. School and Society, Vol. III, No. 54, January 8, 1916, pp. 64-65.
- Woodhull, John F.: *Chairman, Report of Committee on Practical Chemistry to New York Science Teachers Association*. School Science and Mathematics, Vol. XIII, 1913, pp. 294-258.
- Woodhull, John F.: *Chairman, The Committee on General Science of the National Education Association*. Science, N. S. Vol. XL, No. 1034, October 23, 1914, pp. 601-602.
- Woodhull, John F.: *What Specialization has done for Physic Teaching Science*, N. S. Vol. XXXI, No. 802, May 13, 1910, pp. 729-731.
- Woodhull, John F.: *How the Public Will Solve Our Problems of Science Teaching*, Wisconsin State Teachers Association. November 12, 1908, Issued by C. P. Cary, State Supt. Madison, Wis., 21 pp.
- Woodhull, John F., and Van Arsdale, M. B.: *Physical Nature Study Library: Home-made*

apparatus; Simple Experiments in Chemistry; Simple Experiments in Physics—Mechanics, Heat and Fluids; Simple Experiments in Physics—Sound, Light and Electricity, Barnes N. Y., Each 128 pp., 65 cts.

Books of Information to Accompany Simple Experiment in Physics, American Book Co., N. Y., 2 vols. 關於初級中學及中學改組之參考書，可參看第十一章末之目錄。

## 第二十四章 考試與測驗

【教師對於每日工作之估量】 以上各章所述者，為科學工作之性質及教學之方法。本章將對於測定學生受教能力以觀成效之辦法，加以批評之分析。以廣義及要義言，則當教室及實驗室各課進行及成功時，學生固每日受教師之測量與考驗。彼須口述各題目，應答各問題，參與教室之辨論。且教師當教授時，觀察其所言與所行者，與理想之滿意的答覆及工作標準相比較，而估量其能力與成工，或記之於心，或誌之於成績簿，以數目或字母代表分數之等級。其最高級或代表教師之所謂

最完美者，或代表學生最高能力之所及，其最低級則代表無進步或失敗，而其餘各級，則視離最完美程度之遠近而定。

至於學生實驗工作之優劣，實驗報告之良否，參考書誦讀之勤否與良否，皆可以此法定其甲乙。

此種估量法皆足以大概測定學生每日每週之進步。固甚有價值。然吾人皆公認其有附屬之缺點，即此估量法皆純屬主觀者也。彼俱根據於個人之判斷，而其價值實在意義之表示，各精明之觀察家必不能一致。

【教師估量之不同——集中之趨向】 假設一教師在教室中與學生問答地理之課程，而令二十五他教師在旁評定，用○至∞之數目，定每學生作業之優劣。則各教師對於一學生所與之分數等級，其相差之遠，每頗可驚異。或有與以甚高之級，或有與以甚低之級，但大多數所與之級，皆離一級不遠，此級可命之曰集中之趨向。集中趨向之數目價值，可以下三法求之。

(1) 將一學生所得之二十五分數加成總數，乃以二十五除之，即得此數。蓋即二十五教師所與分數之

平均數也。學生工作之真價值，雖此數較諸其餘各數爲近。

(2) 將二十二個分數，依其數目之大小而先後排列，或最高數居前，或最低數居前，於是取其居中之數。此數可稱爲二十五教師給與分數之中數 (median)。

(3) 取分數之爲多數教師所給與者。此分數亦可稱爲各分數之體裁數 (mode)。例如二十五教師中給與 75 分者共十人，其餘十五教師所給之分數，則在 75 分以上，或以下，但無十人共給一種他分數者，則 75 遂爲體裁數。換言之，即體裁數爲最常遇之數。有時有數個體裁數。是則觀察之結果有一羣一羣之不同也。同羣之標準相同，而與異羣者不相同。

相差之測定 今取每個分數之較平均分數高者，以平均分數減之，則所得之相差數，名曰正相差數 (positive deviation)。若取每個分數較平均分數低者而以平均分數減之，相差數名曰負相差數 (negative deviation)。用此法亦可求與中數及體裁數之相差數，然後可求相差數之平均數。如是則可測定各分數與集中趨向相差之程度。由平均得來者謂之平均相差數，自中數得來者謂之中數相差數。中數相差數或稱之謂乖誤之或是率 (probable error)。

今試行此實驗，則見各教師給與學生之分數，每離平均數極遠。於是可見教師對於分數意見之不同。例如同一分數，或爲二十分之十五，或爲百分之七十五，或爲A, B, C, D, E中之O。由一教師觀之有一定之意義，由他一教師觀之亦有一定之意義，惟其意義則完全不同耳。故一教師之估量乃爲主觀之判斷，或個人之意見，而非客觀之估量。對於客觀之估量，應人人相同。例如以平秤及標準之法碼稱木塊之重，以實驗室中之尺量其長，及以鐘錶量時間是也。

分配表 (distribution table) —— 平常分配 (normal distribution) 今若給與分數之二十五教師，皆平均才幹之教師，則其所給與分數之平均數或中數或體裁數相去不遠，則無論採其平均數或中數或體裁數，皆頗可靠。普通學校中之習慣，皆用平均數爲集中趨向，或取一教師所給與一班學生分數之平均數，或取一學生關於各工作所得分數之平均數。所以爲此者，皆因假設其餘造成此平均數之數目，對於該平均數，必相稱的分布。惟不幸有時諸數目不如此分布。如此，則平均數不能代表集中趨向，不如中數與體裁數爲然。例如多數分數皆略低，而數個極高分數，即

能移動其平均。遇此等情形時，爲統計之研究者，須有三種數目價值，以示集中趨向。此三價值，卽爲平均數、中數、及體裁數，且并舉每數與平均差數之相差。

凡爲統計研究者，俱須造表以明各數之分布。蓋求相差數與測定集中趨向，皆須有此等數。欲解說各數目之意義，必用以上各方法。

今試復舉二十五教師給與分數之實驗，如二十五個分數，排列爲分布表，如下所列，則有：

教師給與學生之分數	給與一種分數之人數
2	1
3	2
4	5
6	8
7	4
8	3

9

1

10

1

以上所舉之數，不過聊借以爲說明之用。

以上之平均數，乃由將一個2，兩個3，五個4，八個6，四個7，三個8，一個9，一個10加成總數，而以二十五除之，即 $147 \div 25$ 爲5.88也。諸數之體裁數爲6，因遇見6之次數最多。6亦爲中數，因若將二十五個分數按其高低排列之，則其中有一6居各數之當中。由以上所舉之數觀之，其平均數中數與體裁數皆相差不遠而爲6。因各數對於6成相稱的分布。且與之相近者多，相遠者少。凡數目分布完全相稱者，謂之平常分配。遇平常分配則平均數中數與體裁數完全相同，不但相近而已。

有此種分配表在手，則吾人或能公認分數之足以真代表該學生之能力，乃爲自0起至20止中之6，而6或較其餘各數爲較近於客觀之測量。由以上之舉例觀之，欲得較近客觀之能力估量法，吾人須將能勝任觀察之人所得之多數估量數目而取其集中之趨向。且此集中趨向欲其可靠，必估量之數目極其多，而每數之均差

數又低方可也。

【真客觀測量之舉例】今設有人以尺測量一直線上之兩點，若其所用之尺爲標準量尺，測量之人既有訓練，復極細心，則其數次測量所得之數目，必相去不遠。若尺之刻度極細，量時極謹慎，且估量至一單位之分數，則相差必愈多，但其平均數其中數與體裁數則必愈相近，而其離集中趨向亦愈微。若測量不止一人，有多數才幹相等者爲之，且用相同或準確相等之尺，則其準確程必更增。由此方法所得測量數之集中趨向，可謂客觀之測量，其可靠程度亦高。凡才幹之人，對於其意義何如，準確若何，皆能得同意。

故欲裁判學生之成績，則教師學生及教育專家，必用測量法之較準確而近客觀者，使各知用以表示成績之字母及數目的意義所在，而能有同意。

【考試】由以上所言者觀之，則用一人之力，以裁判學生在學校工作之成績，必極不可靠。惟較之完全無估量爲佳耳。吾人又知若一教師對於一學生不但測量其一種工作之成績，乃測量多種工作之成績，則其結果雖仍屬主觀的，然已較爲公



允與可靠。若一學生之成績由多數教師估量之，則其集中趨向已達客觀的其準確可靠程度頗高矣。

但後者之法，在普通學校情形中，不便實施。因此之故，學校中之習慣，俱有筆試之舉，以補充教師估量之不足。

普通舉行考試之方法 教師出問題或算題約十個，令學生寫其答案，於是由教師估量其答案之價值，而給與以主觀的分數值。例如10代表其意中所謂完全者，自0以至10之其餘各數，代表其去完全程度之遠近。每卷各答案之總分數，乃代表總考試之成績，而以百分數表示之。

用考試分數測量能力之缺點 用此方法時，吾人皆假設每問之價值相等，十問中所包含之材料可為學生對某種學問有若干智識及技能之相均的表示。例如一學生於考試時得八十分，則吾人因其在考試時能作百分八十之成績，則彼對於某學問在其研究範圍之內者，亦必有百分八十之智識。然除非各問題之難易完全相等，且其程度與課程所邀求諸學生者有相稱之難易與分量，則考試分數與學生

真能力之距離必相去甚遠。以上所論者，尙就教師給與分數極其準確者而言。不過即同類之問題，其難易尙不能一律。若其性質愈不同，則其難易愈不能一律。且學生對於答問題時之感覺困難與否，不但視問題本身之困難程度，且視其平時對於答此題是否有練習，對於該問題有關之原理是曾加以溫習。若久無溫習之機會，則其困難必增。且學生亦有平時對於某原理知之極詳，且能用以解決問題，惟至考試時則反不能記憶。吾人所謂『待己未公者』是也。優良之學生遇考試每有即失敗者，其原因在於考試情形與平常不同。且因有得失之心，至腦力受牽制之影響。女子中尤多在考試時不能爲沉靜之思想者。故每見其唇白面紅，蹙眉搔首，皆足以明其心思之不寧。此種缺點尙不難追其原因，而加以補救。如欲學生慣於考試之情形，可時常練習爲筆答之事，如每週考試每月考試之類。

未考試以前，先爲溫習之討論，則不至有原理生疏不能記憶之弊。

對於功課優良之學生免其考試，則可寬其畏考與得失之心。如是且可鼓勵平時勤勉以求得免考試之趨向。但反而言之，則須過考之人，俱將認考試爲一種責罰。

於是勤謹才短之學生其心腦非但不能因之鎮靜，且益增其擾亂。而才高性懶之學生，雖其平時成績不及格者，反不難於考試用強記之功以得於學期終了時升級。欲補救此弊，可將大考分數，但作爲總成績之一小部分。從前多數學校皆以考試分數爲測量學生成績及其升級之惟一標準。今日學校中有用平均分者，即取平日積分與大考分之總數而以二除之也。或則有取平日積分及半學期考試與學期終考試之半數加之，然後再以二除之，以得均分。作者之意，以爲欲得較爲平允之分數，可將平日積分，大考分數及月考，每週測驗之平均分數三者相加，然後以三除之。但無論如何，教師不當用大考爲恫嚇學生使之工作之器具。

考試尙有一普通錯誤，即所出問題過難是也。教師之意，每以爲多數問題全部學生皆能對答無誤，故棄而不用。其所問者，皆彼疑學生所未詳知之點。如此進行，雖每證明其所疑之不誤，但不足以測度學生智識進步之狀況。因其所問者不足以代表該課程適中之舉例。教師如欲糾正此趨向，可於平日聚集多數問題可爲考試測驗之用者，書之於紙片之上，而分類貯藏之。每紙片上書二三個相同之問題。每題下

可註該題所測驗者爲何種智識，及其難易之程度。當教授進行時，此種問題紙片日積月聚，考試時即可就之採集。可不必於月底年終時臨時草率命題矣。如是則評判成績之結果，亦必較優於倉猝從事者。又有一法，亦足以稍補救問題難易不均之弊，即將問題之價值及重量，妥爲分配。例如一題之難者可抵數題之易者。若一難題作十單位計算，則可將五易題合爲一題，而每小題皆以二單位計算焉。

專爲考試而教授 尙有數種學校，其考試問題不由教師發出，而由外部之某有權力機關命題。例如或由學校監察員命題，或由省政府之教育部命題，如美國紐約省然，或則如美國中部各省及瑪麗蘭 (Maryland) 省然，各中學校教師之程度，每由大學入學考試部考試其學生而決定之。以上之辦法，皆足使辦學者過分重視考試，每認之爲教育之目的，而不認之爲方法。其流弊卽爲教師所以授學生者，皆但求其能考試及格，而忽略所以教育學生之緊要材料焉。

假令各管理考試者，其所出題目俱能該括學生所當習知，而與其將來問世有密切關係者，則專爲考試而教授，亦不妨謂之職業教育中之最有效率者。但科學教

育之目的，乃在使學生遇各種情形，凡與科學原理有關者，皆能思想清晰，進行便利。此則專爲考試而設之教法，縱令有時極爲有用，但在教授之計劃中，仍當佔次要之地位也。因善於應試者，巧爲強記。此種能力在文官考試及律師背誦檔案時，固不爲無用。學者亦當略加以注意，以得此特別之訓練。雖然，教師當力避以考試爲目的。其教授之宗旨，皆在使學生能應付其環境，或爲目前日用之環境，或則爲其將來爲成丁國民時所處之境遇。

考試分數乃主觀的而不可靠。考試尙有一缺點，卽教師對於答案之評判，每屬主觀的，而比較的難於可靠。多數教師對於一學生在教室中之工作，其評判成績之高低，每不能一律，吾已述之如前。對於考試之評判，其弊亦復相同。司太齊(Starobin)及伊利奧脫(Hilbert)教授曾爲一實驗，將一考幾何學之試卷，分送於北部中央協會所承認之中學校一百八十個，而命其有名之數學教師加以評判。此中如命加以評判而寄還者凡一百二十八人，其所給之分數，以百分爲標準，自25分以至於90分皆有之。其中數爲70，其與中數之平均差爲75，其體裁數爲75，但分數非照常分布，而

會聚於 60, 65, 80, 85 諸分數。蓋學校之以 70 爲及格分數者，其教師似喜用 50, 65, 70 與 75 諸分數，若以 75 爲及格分數者，則其教師又喜用 60, 65, 75 與 79 諸分數焉。

司太齊及伊利奧脫之實驗，足以推翻吾人所共有之意見。此意見卽爲數學試卷之分數每屬可靠，因其考試之材料乃有關於數目字的，故每教師所給與之分數，必與客觀者相近。不知考試及教師之估量欲其評判之近於客觀與可靠，惟有取多數有材幹教師之評判而取其集中趨向以爲憑。且卽用此法，與普通最簡單之測量，如以尺度者以秤稱者，其準確程度尙相去遠甚。雖然，直至今日凡教師之可用以測度學生之造就者，除考試外，尙無良法，且有固勝於無也。

其如何製置教育測量之標準，及如何用之而使測量者公認其有相同之意義，此則教育專家之責也。

【以名次法估量學生之程度】由以上所言者觀之，則吾人但言某學生某學程之分數爲百分之八十七，其無一定之意義明甚。因給與分數之人其意何居，吾人

固不知也。雖然，若除分數之外，吾人并知在該班五十人中，該學生之名次居第五，其平均學生所得之分數爲78，及格分數爲65，則此學生之程度何如，吾人之意見方可漸趨一致。若吾人又知此學生來自何校，該校之宗旨標準何如，其教法之性質何如，則意義必愈明瞭。若吾人同時有一分配表及其他學生之成績，則所謂百分之八十七者，其意義更不致誤矣。故教師如遇緊要時期給與學生分數之時，皆能將各分數製成分配表，則其測量學生程度之結果，頗易於互相了解，效率亦高，且態度亦較近客觀的與科學的。又因有此分配表，學生亦可藉以知其自身之等級，是否在平均以上，或在平均以下。關於升級及學校中各學程成績之互相比較，用此法者較諸但用分數及字母制者，其意義較爲勻一，可以糾正教師給分過高或過低之弊，以便易於比較。凡學生之轉學與升學者，得此則關於給與學分之事俱易接洽定妥。今試舉一例以明此說。提兒滂 (Dearborn) 教授曾爲統計之研究而得下事實。學生四百七十七人，自中學校八個而來。其中學時居前列二十五名中，及入威斯康辛大學 (Wisconsin) 之後，在大學一年級仍居前列二十五名中者，凡百分之六十二。其居前列之一

半者，則佔百分之八十一。其在中學時名次列於第二部（即第二個四分之一）第三部第四部及入大學一年級仍居第二部第三部及第四部者，其所佔成數爲百分之四十，百分之三十一，及百分之四十六焉。學生在中學校之名次與在大學之名次，其相符合之程度，依提兒滂教授計算之法計算，以『皮兒蓀之相互係數』（Pearson's Coefficient of Correlation）表示之，當爲 $+1.00$ 。凡不相符合則以 $0$ 表示之，完全相符合則以 $+1$ 表示之。今相互之數爲 $+0.80$ ，可以表明學生在大學之名次與在中學之名次每相同。其餘調查之結果，皆證實提兒滂之結果。故吾人欲斷定某學生是否能作大學之工作，觀其在中學時名次何在，即可預告。較諸觀其每門課程所得之分數與等級爲更爲可靠也。

【評判答案較良之方法】上文已言若有分數之分配表，以表明平均分數之所在，及其均差之多少，則用以測量學生之能力時，其結果較爲可靠，亦較爲客觀的。吾人并知如吾人知一班之平均分數及其均差，或知該班學生人數之多寡及該生名次之高低，則當一提起該生之分數時，其成績何如，即瞭然明白矣。



尙有一法亦能使考試之分數較爲近客觀的，與科學的，即將問題之各答案分別品題，而不籠統混合，但給一總分數。

【可用分點評判法之問題】 欲用分點評判法，其普通原理，卽爲將所出之問題，可使之分成數部，而每部但有一說法，但容一個答案。

此事頗不易行，有時竟不能行。惟遇可行時，必極力行之。如是，則每問題中每部之答案，或爲全對，或爲全誤。若此部之難易緊要與他部大約相等，則此部卽算一點。用此法以評判答案，則雖評判之教師不同，其結果之相差不若用他法之甚。且用此法評判手續亦較易而速。吾人必承認問題之可用此簡單客觀方法評判者，大概皆爲論純粹事實之問題。若問題需要學生用評判力與思想力者，卽不易分爲數部分而仍使各部之緊要價值相等。卽使能分成小單位，亦不易斷其答案爲全對或爲全誤。雖然，若吾人時常決定將問題分爲部分而估量其價值，則對於學生之能力愈能得較近客觀之測量矣。

可分點評判的問題之舉例 今試舉例以明問題可用分點評判者之種類：

(1) 試舉三種珊瑚島。 3點

(2) 有四種不同方法能使岸線整齊，試詳舉之。 4點

(3) 作圖以示浪割成之平臺及浪造成之平臺二者之不同。 2點

(4) 在美國簡明地圖上指明兩緊要海港之所在，且將其名寫出，此海港屬於何州。 4點

以上所舉之問題皆屬地理學者，然讀者不難見在他科學亦可用此相同之法發問。此種問題記分俱極快便，且頗確當，對於每一答案應給幾點，亦易一致。雖然，上文所舉之第一題較諸他題其價值為低，因其所要求者但為名稱，故對於該名稱無觀念的智識者，仍能舉之而無誤也。

以下所舉之問題與以上所舉者悉相反，蓋下所舉者其記分頗不易，因評判該答案之價值時，有多數原素皆須顧及。

(1) 討論海港之經濟價值。

(2) 「水面線」對於牛英蘭 (New England) 各城市之發展有何影響？

(3) 海岸平原有何特性？

答此類問題者學生之智識必較廣，且須有思想力。各教師評判之結果亦必相差頗遠。因教師對於學生所舉者之當否，及其所包括之事實與關係之多寡，其意見亦必大不相同也。

【補足之測驗法 (Completion Tests)】此法雖不足與學生以表示其組織能力之機會，但足以測驗其智識與思想力。且記分亦易。此法由艾賓好 (Ebbinghaus) 最先提議，例如欲問南牛英蘭 (New England) 之地形，可用下法發問：

凡下節有空白處，均用單字填入，使該節完全成一完美及準確之地理紀載。

南牛英蘭爲一：山：由剝蝕而成：爲數個分散之：所凌駕。其後曾經：乃傾斜向：於是遂有：且其侵蝕作用已達：階級。在較近之地質時代，全部分曾經極行：其結果爲多數河流俱改變其舊：而成新者。且有多數已被塞住。於是在山中成多數：

空白處應填之字有如下列所載，每字皆可作一點計算，故極易記分：

老，區域，子原，高邱，升起，東南，新河流，成熟，冰川之淹沒，道，湖。

【聯合之測驗法 (Association Tests)】 尚有一種測驗法，為心理學家所常用。科學教師亦可偶一用之，以輔佐以前所述各法，今述此法之舉例如下。

觀下載各字使汝能想起何種事實、原理、與定律。依汝所想到者，列舉出之：

- (1) 壓，
- (2) 靡張，
- (3) 沉，
- (4) 係數，
- (5) 工作，
- (6) 密度，
- (7) 彈性，
- (8) 流，
- (9) 浮，
- (10) 浮力。

此種測驗對於表露學生胸中所有之智識頗為有用。教學者應知其價值而為之推廣利用。記分之法，凡物理學中與該字有關聯之事實，若曾被舉起一件，即算一點。如於每字問學生何以能想起某種事實，則該測驗更為活動。在心理學測驗普通用此法時，由測驗者將每字依次讀出。讀一字後，由被測驗者將其所想到之字口頭說出。一問一答之間，用錶定其時間。凡應答遲緩者，每足以表示被測驗者之感想心理。因其思想與該字有聯合作用，行測驗者由此每知被測驗者對於何物彼有不願說之意。行測驗時可用多數字其中有一半與被測驗者之心思無關係，其一半則與之有關係二者互相參雜，使被測驗者不疑行測驗者有偵探其心理之意。

此種測驗法如教師用以診察學生興趣之所在極爲有用。當教師用問題問學生興趣之所在，每不能得可靠之結果。因學生遇此等問題時，復揣摩教師心中所欲得之答語，改其所答者，爲滿足教師之心意起見，不足以表示其由衷之自由意見也。故果欲查察學生緊要興趣所在，可用五十或一百字，其中有一半或四分之三似與學生之興趣有關者，而其餘皆爲參雜之字，而與興趣無關係。測驗時或將每個學生分別考查，令其口答，或將測驗之字向全班宣讀，而命其寫答案於紙條之上。分析其答語時，每能發見每個學生興趣之所在。如欲證明此結果，可再編一新字單，其中有一半之字與學生之興趣有關，用以測驗前次所表示之興趣是否真實，而其餘一半字，則與此特別興趣無關係。如二次得有結果後，復隨以非正式之談話，則學生興趣之所在，愈可以確定的發現矣。

用可見材料之聯合測驗法 將此測驗法可稍加以有興趣及有用的改變，即所以示學生者，不用字而用圖畫。此種圖畫可選其足以引起各項之科學興味者。雜誌之廣告中，每多此種材量，爲青年之所好。至於百貨店、機器廠、農具廠、育種家、畜牧

場等之貨物價目一覽等書，其中關於科學興趣之圖畫，最爲豐富。鐵路公司與地產公司所出之手冊，亦多此項圖畫。當將圖示學生時，或則用硬紙裱背，逐一取出表示，或則製成影燈片，同時以示全班。除此以外，其餘手續與用字測驗之法相同，其功用皆在激刺思想也。

【認別之測驗】 尙有一善法足以測驗科學興趣者，卽將圖畫多個以示學生。例如第一次用圖二十五個示學生，第二次雜以他圖與之相似者二十五個，復以之示學生。教師當第二次表示時，用紙記載兩行數目。第一行數目字表明第二次表示各圖之次序，第二行數目字，乃載各圖畫背後所記之數目，以便查認。且於第二次表示時，每學生亦各有紙一張，紙上亦有數目字一行，載圖畫表示之次序。學生當見一圖時，卽於第一行數目字之對面作正負之記號。如該圖爲第一次所曾見者則作十號，如彼以爲第一次未曾見者，則作一號。卽彼不能決定，亦當命之猜度。待事畢後，教師取此紙而分析觀察之，卽知某圖於第二次表示時，學生能認別之，某圖於第二次表示時，學生不能認別之。就各種圖認別百分數之不同，卽可規學生對於某種學問

興味之比較強弱。例如某學生對於五圖之表示電學器械者，皆能認別之，而對於其他門類但能認別一兩個。此結果足以表示該學生對於電學之興趣比他學問濃厚。如欲證明此結果之確否，則可再行測驗。此時與彼興趣有關之圖畫可較前次多用。凡圖畫或字之用以測驗興趣者，必不可用曾經在教授普通學程用過者。在無論何種之聯合測驗法，每可用儀器、地圖、生物標本等，以代圖畫。且極爲便利有益。卽至於科學雜誌中新聞紙中通俗文字之有總述標題者，亦可用爲材料也。

【考試卷批分之辦法】 當着手批評一組考卷之時，先取最佳學生之卷二三本，及最劣學生之卷二三本，及中等者二三本，急速看過，以使知學生對於該問題大概進行何如。及批分之時，則將所有各卷之一問題批畢後再閱他問題。

當閱一問題時，將所有各卷依次排列而批評之。如是乃變易普通所用臆度及不可靠的絕對標準法，使成比較等級的批分法。第二法較爲容易準確，因吾人決定某甲之答案較佳於某乙惟不若某丙之佳，實易於決定某甲之答案當在10分中得6分或7分或8分也。若遇答案之不可分爲細部以便分別記分。而必據其全部之

美惡以評判者，則以上所說之難易更爲可見。當一問題已經批閱後，可分成數堆，每堆之卷，其分數高低大概相近。如是則凡答案之成績相近者甚易取而比較。有時可將各分數重行斟酌加減。用此種批分數之法，教師先用八九本卷練習給與分數。以求對於各問題得公允判斷之能力，然後用以批閱其餘各卷，則其速度與準確程度，皆必有增無減矣。

關於第二十四章可研究之問題

(1) 命班中之人及教師於學生作問答時，每人各記分數，然後將此分數對衆宣讀，使各人記下成一單子。然後命各人將所有分數製成一分配表，并計算其平均數、中數、與體裁數。於是比較各數值之集中趨向，而觀其大小。

(2) 令班中每人俱用上題所得之分配表，尋出每分數與平均數之相差數，與中數之相差數，及與體裁數之相差數。然後命班中每人將與平均之相差數製成一分配表。於是由平均數計算平均差及中數差。

(3) 用相同方法命每人從中數與體裁數計算平均差及中數差。



- (4) 由以上之觀察。汝對於一教師記分之可靠程度以爲何如？
- (5) 凡定學生之等級者，記分數次數以愈多爲妙，但須不太分教師教授之心  
思可耳。其次可在？
- (6) 以考試法測量學校之成績，其主要缺點何在？

REFERENCES 參考

- Ayres, L. P.: Child Accounting in the Public Schools, Cleve. Ed. Survey Reports, Cleveland Foundation, Cleveland, O., 1916, 68 pp., 25 cts.
- Ayres, L. P.: The Measurement of Educational Process and Products, Russell Sage Foundation, N. Y., 1912, 9 pp.
- Brinton, W. C.: Graphic Methods of Presenting Facts, Published by The Engineering Magazine, N. Y., 1914, 371 pp., illus. \$4.00. 此書討論用圖表法解說統計，舉例頗多。且評論現行之方法。
- Cattell, J. McKeen: Examination Grades, and Credits, Popular Science Monthly, Vol. 66, pp. 367-378.
- Dearborn, W. F.: The Relative Standing of Pupils in the High School and in the University, Bull. Univ. of Wisconsin, No. 312, Madison, 1909, 44 pp.
- Dearborn, W. F.: School and University Grades, Bull. Univ. of Wisconsin, No. 368, Madison, 1910, 59 pp.

Fullerton, G. S., and Cattell, J. McK.: On the Perception of Small Differences, Pub. Univ. of Pa., Phil. Series No. 2, May, 1892, Univ. of Pennsylvania Press, Phila.

Judd, C. H.: Measuring the Work of the Public Schools, Cleve. Ed., Survey Reports, Cleveland Foundation, Cleveland, O., 1916, 50 cts.

Kelly, F. J.: Teachers' Marks, Their Variability and Standardization, Teachers College, Columbia Univ., N. Y., 1914, 137 pp. 此書將分數、標準、測驗，作緊要之評論與研究，又有一極完全之參考書目。

Meyer Max: The Grading of Students, Science, Vol. 28, pp. 243-252.

Starch, Daniel: Educational Measurements, MacMillan, N. Y., 1916, vii+202 pp., \$1.25. 此書由極有研究之人將此問題作簡單普通之評論，且有豐富之參考書目。

Starch, D., and Elliott, E. C.: Reliability of Grading High School Work in English School Review, Chicago, Vol. 21, pp., 254-259.

Terman, Lewis M.: The Measurement of Intelligence, Houghton, Mifflin & Co., Boston, 1916, 358 pp., \$1.50. 此書解說及指導改訂之 Binet Simon 標準智慧測驗法之用法。

Thorndike, E. L.: An Introduction to the Theory of Mental and Social Measurements, 2d Ed., Teachers College, Columbia Univ., N. Y., 1913, 271 pp., \$2.50. 關於解說統計方法以備習教育學之人所用者，當以此書為最佳。

Whipple, Guy M.: Manual of Mental and Physical Tests, Warwick & York, Baltimore, Md., 2 vols., 1914, 678 pp., \$2.25 and \$2.00, Chapter I gives a brief explanation of statistical methods.

## APPENDIX A

### A SELECTED LIST OF SCIENCE BOOKS FOR THE HIGH SCHOOL LIBRARY

#### BIOLOGY

- AGASSIZ, LOUIS.** *Methods of Study in Natural History.* Houghton, Mifflin & Co., Boston. 18th Ed. 1887. 319 pp. \$1.50. In this famous book Agassiz gave his reasons for not accepting the evolution theory. It should be in every library, that teacher and pupils may learn something on the other side from "the greatest opponent of Darwinism."
- BERGEN, J. Y. and F. D.** *A Primer of Darwinism and Organic Evolution.* Lee & Shepard, Boston. New Ed. 1890. \$1.25.
- CLODD, EDWARD.** *Primer of Evolution.* Longmans, N. Y. 1895. 75 cents.
- CLODD, EDWARD.** *Story of Creation.* Longmans, N. Y. 128 pp. \$1.25.
- CLODD, EDWARD.** *Pioneers of Evolution, from Thales to Huxley.* Appleton, N. Y. 1897. With portraits. 274 pp. \$1.50. Clodd's books are remarkable for their simplicity and the charm of their appeal to young people.
- DARWIN, CHARLES.** *Vegetable Molds and Earthworms.* Appleton, N. Y. 1892. 326 pp. \$1.50.
- FRANKLAND, PERCY FARADAY.** *Our Secret Friends and Foes.* Society for the Promotion of Christian Knowledge, London, Eng. 1897. 238 pp. \$1.00. A good book on bacteriology for the general reader.
- OGDEN, HENRY N.** *Rural Hygiene.* Macmillan, N. Y. 1913. 425 pp. \$1.50.
- OSBORN, HENRY FAIRFIELD.** *From the Greeks to Darwin.* Macmillan, N. Y. 1899. 2d Ed. 1902. 259 pp. \$2.25.

- SEDGWICK, W. T. Principles of Sanitary Science and the Public Health. Macmillan, N. Y. 1902. 338 pp. \$3.00.
- THOMSON, J. ARTHUR. The Biology of the Seasons. Holt, N. Y. 1915. 379 pp. \$2.75.
- TOLMAN. Hygiene for the Worker. Am. Book Co., N. Y. and Cincinnati. 1912. 231 pp. 50 cents.
- WARDALL, RUTH A., and WHITE, EDNA N. A Study of Foods. Ginn, Boston. 1914. 169 pp. 70 cents.
- WARREN, G. F. Elements of Agriculture. Macmillan, N. Y. 1909. 434 pp. \$1.10. A standard textbook.

## BOTANY

- APGAR, A. C. Trees of the Northern United States. American Book Co., N. Y. 1892. 224 pp. \$1.00.
- ARTHUR, J. C., and MACDOUGAL, D. T. Living Plants and Their Properties. Baker & Taylor, N. Y. 1898. \$1.25.
- ATKINSON, G. F. Mushrooms, Edible, Poisonous, Etc. Holt & Co., N. Y. 1903. 275 pp. \$2.50.
- BAILEY, L. H. Plant Breeding. Macmillan, N. Y. 1915. 474 pp. \$2.00.
- BAILEY, L. H. Survival of the Unlike. Macmillan, N. Y. 1896. 515 pp. \$2.00.
- BEAL, W. J. Seed Dispersal. Ginn, Boston. 1898. 87 pp. 60 cents.
- CLUTE, W. N. Laboratory Botany for the High School. Ginn, Boston. 1909. 75 cents.
- CLUTE, W. N. Agronomy. Ginn. 1913. 296 pp. \$1.00. A practical course in gardening for high schools — with reference lists.
- CLUTE, W. N. Our Ferns in Their Haunts, a Guide to All the Native Species. F. A. Stokes Co., N. Y. 1901. \$2.00.
- CLUTE, W. N. The Fern Allies of North America, North of Mexico. Stokes, N. Y. 1905. \$2.00.
- CONN, H. W. Bacteria, Yeasts and Molds in the Home. Ginn, Boston. 1903. 293 pp. \$1.20.
- DARWIN, CHARLES. The Various Contrivances by Which Orchids Are Fertilized by Insects. \$1.75. The Effects

- of Cross and Self-Fertilization in the Vegetable Kingdom. \$2.00. Different Forms of Flowers on Plants of the Same Species. \$1.50. The Power of Movement in Plants. \$2.00. Insectivorous Plants. \$2.00. Movements and Habits of Climbing Plants. \$1.25. All published by Appleton, N. Y.
- DE CANDOLLE, ALPHONSE. Origin of Cultivated Plants. Appleton, N. Y. 1886. \$2.00.
- DE VRIES, HUGO. Plant Breeding. Comments on the Experiments of Nielson and Burbank. Open Court Publishing Co., Chicago. 1907. 360 pp. \$1.50.
- FERNOW, B. E. Economics of Forestry. Crowell, N. Y. 1902. 520 pp. \$1.50.
- FERNOW, B. E. The Care of Trees in Lawn, Street and Park. Holt, N. Y. 392 pp. \$2.00. Ill.
- GIBSON, W. H. Blossom Hosts and Insect Guests. Newson & Co., N. Y. 1901. 197 pp. 80 cents.
- GIBSON, W. H. Our Edible Toadstools and Mushrooms, and How to Distinguish Them. Harpers, N. Y. 1902. 337 pp. \$3.50. Illus. and colored plates.
- GROUT, A. J. Mosses with a Hand Lens (2d Ed. including the Hepatics). A. J. Grout, 360 Lennox Rd., Brooklyn, N. Y. 1905. 416 pp. \$1.75.
- HARWOOD, W. S. New Creations in Plant Life. Macmillan, N. Y. 1907. 430 pp. \$2.00. An account of the work of Luther Burbank.
- LUBBOCK, SIR JOHN. Lord Avebury. Flowers, Fruits and Leaves. Macmillan, N. Y. 1888. 147 pp. \$1.75.
- MACDOUGAL, D. T. Nature and Work of Plants. Macmillan, N. Y. 1900. 211 pp. 80 cents. (Out of print, 1917.)
- MACDOUGAL, D. T. Elementary Plant Physiology. Longmans, N. Y. 1902. \$1.20.
- NOYES, W. Wood and Forest. The Manual Arts Press, Peoria, Ill. \$3.00. Describes 67 species of woods with maps of the habitat, leaf drawings, life size photographs and microphotographs of sections. Profusely illustrated.
- OSTERHOUT, W. J. V. Experiments with Plants. Macmillan, N. Y. 1905. 492 pp. \$1.25.

- PINCHOT, GIFFORD. A Primer of Forestry. Supt. of Documents, Government Printing Office, Washington, D. C. 30 cents.
- SARGENT, F. L. Corn Plants. Houghton, Mifflin & Co. 1899. 106 pp. 75 cents.
- SPALDING, V. M. Guide to the Study of Common Plants. Heath, Boston. 1893. 246 pp. 90 cents.
- UNDERWOOD, L. M. Our Native Ferns and Their Allies. Holt, N. Y. 1908. 158 pp. \$1.00.
- UNDERWOOD, L. M. Molds, Mildews, and Mushrooms. Holt, N. Y. 1899. 236 pp. \$1.50.
- WARD, H. N. Disease in Plants. Macmillan, N. Y. 1901. 309 pp. \$2.00.

## ZOOLOGY

- BALLARD, J. P. Among the Moths and Butterflies. Putnam, N. Y. 1891. 34 + 237 pp. \$1.50.
- BLANCHAN, NELTJE. Bird Neighbors. Doubleday, Page & Co., N. Y. 1898. 234 pp. \$2.00.
- BLANCHAN, NELTJE. Birds that Hunt and Are Hunted. Doubleday, Page & Co., N. Y. 1899. 359 pp. \$2.00.
- CHAPMAN, F. M. Handbook of Birds of Eastern North America. Appleton, N. Y. 1895. 375 pp. \$3.00.
- CHAPMAN, F. M. Bird Life. Appleton, N. Y. Popular Edition. 1901. \$2.00. Contains colored plates and appendix for teachers.
- COMSTOCK, J. H. and A. B. Manual for the Study of Insects. Comstock Publishing Co., Ithaca, N. Y. 1909. 701 pp. \$3.75. Profusely illustrated.
- COMSTOCK, J. H. and A. B. Insect Life. Edition with colored plates. Appleton, N. Y. \$1.75.
- CRAGIN, B. S. Our Insect Friends and Foes. Putnam, N. Y. 1895. 374 pp. \$1.75.
- DEAN, B. Fishes, Living and Fossil. Macmillan, N. Y. 1895. 300 pp. \$2.50. (Out of print, 1917.)
- FRENCH, N. S. Animal Activities. Longmans, N. Y. 1901. 262 pp. \$1.20.

- HOLLAND, W. J. *The Butterfly Book*. Doubleday, Page & Co., N. Y. 1898. \$3.00.
- HOLLAND, W. J. *The Moth Book*. Doubleday, Page & Co. 1903. \$4.00.
- HORNADAY, W. J. *The American Natural History*. Scribner, N. Y. 1904. \$3.50.
- HOWARD, L. O. *The Insect Book*. Doubleday, Page & Co., N. Y. 1902. 27 + 429 pp. \$3.00.
- HYATT, ALPHEUS, and others. *Guides for Science Teaching. Commercial and other Sponges, Corals and Echinoderms, Mollusca, Worms and Crustacea*. D. C. Heath & Co., Boston. 20-25 cents each.
- JORDAN, D. S., and EVERMAN, D. W. *American Food and Game Fishes*. Doubleday, Page & Co., N. Y. 1903. 573 pp. \$4.00.
- KELLOGG, V. L. *Elementary Zoölogy*. Holt, N. Y. 1901. 492 pp. \$1.20.
- MERRIAM, F. A. *Birds of Village and Field*. Houghton, Mifflin & Co. Boston. 1898. 398 pp. \$2.00.
- MIALL, L. C. *Injurious and Useful Insects, an Introduction to the Study of Economic Entomology*. Macmillan, N. Y. 1911. 256 pp. \$1.00.
- MORGAN, C. L. *Animal Behavior. An introduction to animal psychology*. Longmans, N. Y. 1908. 344 pp. \$3.50.
- NEEDHAM, J. G. *Lessons in Zoölogy*. American Book Co. 1895. 302 pp. 90 cents.
- NEEDHAM, J. G. *Outdoor Studies*. American Book Co. 1898. 90 pp. 40 cents.
- SHALER, N. S. *Domesticated Animals, their Relation to Man and to his Advancement in Civilization*. Scribner's, N. Y. 1895. 267 pp. \$2.50.
- SHARP, D. L. *Wild Life Near Home*. Century Co., N. Y. 357 pp. \$2.00.
- STONE, W., and CRAM, W. E. *American Animals*. Doubleday, Page & Co., N. Y. 1902. 318 pp. \$3.00.
- WRIGHT, M. O. *Four-footed Americans*. Macmillan, N. Y. 1898. 413 pp. \$1.50. Contains key to the animals of North America.

## NATURE STUDY

- BAILEY, L. H. *The Nature Study Idea*. Macmillan, N. Y. 4th Ed. 1909. 159 pp. \$1.25.
- BIRD, R. M. *Modern Science Reader*. Macmillan, N. Y. 1911. 323 pp. \$1.10.
- BUCKLEY, A. B. *Life and Her Children. Glimpses of Animal Life from Amœba to Insects*. Appleton, N. Y. \$1.50.
- BUCKLEY, A. B. (Mrs. Fisher.) *Winners in Life's Race, or The Great Backboned Family*. Appleton, N. Y. \$1.50.
- BURROUGHS, JOHN. *Squirrels and Other Fur-bearers*. Houghton Mifflin Co., Boston. 1900. \$1.00.
- BURROUGHS, JOHN. *Wake Robin, A Year in the Fields, Locusts and Wild Honey, Signs and Seasons, etc.* Houghton Mifflin Co., Boston. \$1.25 per volume.
- COULTER, J. M., and J. G. and PATTERSON, ALICE J. *Practical Nature Study and Elementary Agriculture*. Appleton, N. Y. 1909. \$1.35.
- DAVENPORT, EUGENE. *Domesticated Animals and Plants*. Ginn, Boston. 1910. 14 + 316 pp. \$1.25.
- FERNOW, B. E. *The Care of Trees in Lawn, Street and Park*. Holt, N. Y. 1911. 392 pp. \$2.00.
- GIBSON, W. H. *Eye Spy*. Harper, N. Y. \$2.50.
- GIBSON, W. H. *Sharp Eyes*. Harper, N. Y. \$2.50.
- GRAY, ASA. *How Plants Behave*. American Book Co., N. Y. 1875. 54 cents.
- HODGE, D. F. *Nature Study and Life*. Ginn, Boston. 1902. 514 pp. \$1.50. One of the best books on nature study and how to conduct it.
- HOLDER, C. F., and JORDAN, D. S. *Fish Stories Alleged and Experienced, with a Little History, Natural and Unnatural*. Holt, N. Y. 1909. \$1.75.
- HOLTZ, F. L. *Nature Study*. Scribner, N. Y. 1908. \$1.50. Manual for teachers and students.
- INGERSOLL, E. *Nature's Calendar*. Harper, N. Y. 1900. 270 pp. \$1.50



- INGERSOLL, E. Wild Neighbors. Outdoor Studies in the United States. Macmillan, N. Y. 1897. 301 pp. \$1.50.
- KELLOGG, V. L. Insect Stories. Holt, N. Y. 1908. \$1.50.
- KELLOGG, V. L. American Insects. Holt, N. Y. 1908. 649 pp. \$5.00.
- THOREAU, HENRY D. Walden. Houghton Mifflin Co., Boston. 1893. 522 pp. Cambridge Classics. 90 cents. Riverside Aldine Series. 2 vol. \$1.00.
- WEED, C. M. Seed Travellers. Ginn, Boston. 1898. 25 cents.
- WEED, C. M. Stories of Insect Life. 1st series, Spring and early Summer. Ginn. 25 cents. 2d, Summer and Autumn. Muhrfeldt, M. E., and Weed, C. M. Ginn. 30 cents.

## GEOGRAPHY

- AVEBURY, LORD. (Sir John Lubbock.) The Scenery of England. Macmillan, N. Y. 1902. 534 pp. (Out of print, 1917.)
- BALL, SIR R. S. The Earth's Beginning. Appleton, N. Y. 384 pp. \$1.80.
- BARTON, GEORGE H. Elementary Lithology. Boston.
- BRIGHAM, A. P. Geographic Influences in American History. Ginn. Boston. 1903. 366 pp. \$1.25.
- BRIGHAM, A. P. Commercial Geography. Ginn. 1911. 469 pp. \$1.30. Attractive high school text on very original and suggestive plan. Worth careful study by every thoughtful teacher and pupil.
- BRIGHAM, A. P. From Trail to Railway. Through the Appalachians. Ginn, Boston. 188 pp. Maps and illustrations. 50 cents.
- COMSTOCK, GEORGE C. A Textbook of Astronomy. Appleton, N. Y. 1901. 8 + 391 pp. \$1.30.
- COULTER, J. M. Plant Relations. Appleton, N. Y. 1905. 264 pp. \$1.10.
- COX, HAROLD. The United Kingdom and Its Trade. Harper, N. Y. \$1.25.
- CROSBY, W. O. Common Minerals and Rocks. Heath, Boston. 1893. 205 pp. 60 cents.

- DABNEY, CHARLES. The Cotton Plant. Bull. No. 33. U. S. Dept. Agr., Office of Exp. Sta. Washington, D. C. Free.
- DANA, EDWARD S. Minerals and How to Study Them. Wiley, N. Y. 380 pp. \$1.50.
- DANA, J. D. The Geological Story Briefly Told. Amer. Book Co., N. Y. 1903. 263 pp. \$1.15.
- DARWIN, CHARLES. The Origin of Species. Appleton, N. Y. 1898. 2 vol. \$2.00.
- DARWIN, G. H. The Tides. Houghton Mifflin Co., Boston. 1898. 378 pp. \$2.00.
- DAVIS, WILLIAM MORRIS. Physical Geography, and Elementary Physical Geography. Ginn, Boston. \$1.25 each. Standard high school texts. A Teacher's Guide is issued to accompany them, with material invaluable to teachers.
- DONDLINGER, P. T. The Book of Wheat. Orange Judd & Co., N. Y. 1912. 369 pp. \$2.00.
- DRYER, C. R. High School Geography. Amer. Book Co., N. Y. 1912. 518 pp. \$1.30. A recent standard text treating of physical and commercial geography with emphasis on human relations.
- DRYER, C. R. Elementary Economic Geography. Amer. Book Co., N. Y. 1916. 405 pp. \$1.28.
- DRYER, C. R. (Editor). Studies in Indiana Geography. The Inland Publishing Co., Terre Haute, Ind. 1905. \$1.25. Very useful as showing how studies in the geography of the home city and state can be carried out. (Out of print, 1917.)
- EDGAR, W. C. The Story of a Grain of Wheat. Appleton, N. Y. 1903. \$1.00.
- FAIRBANKS, H. W. Practical Physiography. Allyn & Bacon, Boston. 1906. 542 pp. \$1.60. Advanced high school textbook. Full of beautiful illustrations. Gives problematic questions.
- FISKE, JOHN. Old Virginia and Her Neighbors. Houghton Mifflin Co., Boston. 2 vol. \$2.00 each. Shows influences of geography on early history of Virginia.
- GEIKIE, A. The Scenery of Scotland. 3d Ed. Macmillan, N. Y. 1901. 481 pp. \$3.25.

- GEIKIE, A. *Elementary Lessons in Physical Geography*. Macmillan, N. Y. 1887. 375 pp. \$1.40.
- GEIKIE, JAMES. *The Great Ice Age*. 3d Ed. Appleton, N. Y. 1894. 850 pp. \$7.50.
- GEORGE, H. B. *The Relations of Geography and History*. Frowde, London. Clarendon Press, Oxford. 1910. 4s. 6d. \$1.10.
- GIFFORD, J. C. *Practical Forestry*. Appleton, N. Y. 1912. 284 pp. \$1.20.
- GILBERT, G. K., and BRIGHAM, A. P. *An Introduction to Physical Geography*. Appleton, N. Y. 1908. 16+380 pp. \$1.25. An attractive high school text. Rather easier than most of the other standard books.
- GILBERT, G. K. *Teacher's Guide to accompany their textbook*. With laboratory exercises, suggested field work, and many helpful suggestions about equipment and collateral readings. 8+99 pp.
- GUYOT, ARNOLD. *The Earth and Man*. Scribner, N. Y. 1899. 334 pp. \$1.75.
- HEILPRIN, ANGELO. *Geographical and Geological Distribution of Animals*. Appleton, N. Y. 1887. 455 pp. \$2.00.
- HERBERTSON, A. J. *Man and His Work*. Black, London. 1s. 6d. Macmillan, N. Y. 1899. 136 pp. 60 cents.
- HERBERTSON, A. J. *The Oxford Geographies, Junior, 60 cents, and Senior, 84 cents*. Clarendon Press, London. 1908.
- HERBERTSON, A. J. and F. D. *Descriptive Geographies from Original Sources*. N. Am., 90 cents, Asia, 30 cents, Central and South Am., 70 cents, Africa, 70 cents, Australia and Oceania, 80 cents, and Europe, 90 cents. Macmillan, N. Y.
- HERBERTSON, A. J. *Commercial Geography of the British Isles*. Macmillan, N. Y. 1910. 151 pp. 75 cents.
- HOPKINS, C. G. *Soil Fertility*. Ginn, Boston. 1910. 653 pp. \$2.25.
- HUXLEY, T. H. *Physiography*. Appleton, N. Y. Rev. by R. A. Gregory. 1904. 11+328 pp. 301 illus. \$1.10.

- JOHNSON, E. R. American Railway Transportation. Appleton, N. Y. 1908. 434 pp. \$1.50.
- JOHNSON, E. R. Elements of Transportation. Appleton. 1909. \$1.50.
- JOHNSON, E. R. Ocean and Inland Water Transportation. Appleton. 1906. 395 pp. \$1.50.
- KELTIE, J. S. Applied Geography. Geo. Philip & Son. London. 2s. 6d.
- KEMP, J. F. Handbook of Rocks. Van Nostrand N. Y. 1911. 248 pp. \$1.50.
- LUBBOCK, SIR JOHN. (Lord Avebury.) The Scenery of Switzerland. Macmillan, N. Y. 1896. 371 pp. \$1.50. (Out of print, 1917.)
- LUBBOCK, SIR JOHN. (Lord Avebury.) Prehistoric Times. Appleton, N. Y. 1900. 616 pp. \$5.00.
- LYDE, L. W. Man in Many Lands. Black, London. 2s. 6d. Macmillan, N. Y. 1910. 163 pp. 65 cents.
- LYDE, L. W. A Geography of the British Isles. Black, London. 3s. 6d. Macmillan, N. Y. 1900. 60 cents.
- MACKINDER, H. J. Britain and the British Seas. Appleton, N. Y. 1902. 377 pp. \$2.00.
- MARBUT, C. F. Physiography of Missouri, in Geol. Survey of Missouri. Vol. 10.
- MARR, JOHN E. The Scientific Study of Scenery. Methuen & Co., London. 1900. Crown 8vo. 6s.
- MARSH, G. P. The Earth as Modified by Human Action. Scribner, N. Y. 1898. 629 pp. \$3.50.
- MERRILL, GEO. P. Stones for Building and Decoration. Wiley, N. Y. 1903. 506 pp. \$5.00.
- MERRILL, G. P. Treatise on Rocks, Rock Weathering, and Soils. Macmillan, N. Y. 1906. 411 pp. \$4.00.
- MILL, H. R. The Realm of Nature. Scribner, N. Y. 1892. \$1.50.
- MOORE, W. L. Descriptive Meteorology. Appleton, N. Y. 1910. 344 pp. \$3.00.
- MUIR, JOHN. The Mountains of California. Century Co. 1911. 389 pp. \$1.50.
- MUIR, JOHN. Our National Parks. Houghton Mifflin Co., Boston. 382 pp. \$1.75. New Ed. \$3.00.

- MYRICK, HERBERT. *The American Sugar Industry*. Orange Judd & Co., N. Y. 1899. \$1.50.
- MYRICK, HERBERT. *The Book of Corn*. Orange Judd & Co., N. Y. 1904. 372 pp. \$1.50.
- National Parks Portfolio. Address The Secretary of the Interior, Washington, D. C. A portfolio of splendid views of our great national playgrounds, with maps.
- PEARY, R. S. *The North Pole*. Stokes, N. Y. 1910. 373 pp. \$4.80.
- Physiography of the United States, by various authors. Am. Book Co., N. Y. 1896. 345 pp. \$2.50. The National Geographic Monographs, now issued in one volume. Every high school library should have this important and fascinating collection.
- POGSEN, G. A. *Germany and Its Trade*. Harpers, N. Y. \$1.00.
- REDWAY, J. W. *Commercial Geography*. Scribner, N. Y. 1911. 423 pp. \$1.25. High school textbook.
- REYNOLDS, J. B. *Regional Geographies*. Black, London. 2s. each. British Isles, Europe and the Mediterranean Region, Asia, the Americas, Africa and Australia.
- ROBINSON, EDWARD VAN DYKE. *Commercial Geography*. Rand, McNally & Co., N. Y. 1910. 455 pp. \$1.25.
- ROOSEVELT, THEODORE. *Winning of the West*. G. P. Putnam, N. Y. 4 vol. \$10.00.
- RUSSELL, ISRAEL C. *Glaciers of North America*. Ginn, Boston. 1897. 210 pp. \$1.75.
- RUSSELL, ISRAEL C. *Rivers of North America*. Putnam's, N. Y. 1898. 327 pp. \$2.00.
- RUSSELL, ISRAEL C. *Volcanoes of North America*. Macmillan, N. Y. \$4.00.
- These three books are written in a charming style, and make a strong appeal on the literary side as well as the scientific. The first two at least should be in every high school library.
- SALISBURY, R. D. *Physical Geography of New Jersey*. Geol. Survey of N. J. Vol. 4. With map.
- SALISBURY, R. D., BARROWS, H. H., and TOWER, W. S.

- Elements of Geography. Holt, N. Y. 1912. 516 pp.  
\$1.50. An attractive high school textbook.
- SEMPLE, E. C. American History and Its Geographical  
Conditions. Houghton Mifflin Co., Boston. 1903.  
466 pp. \$3.00. Student's Ed. \$1.60.
- SEMPLE, E. C. Influences of Geographic Environment.  
Holt, N. Y. 1911. 683 pp. \$4.00.
- SERVISS, G. P. Other Worlds. Appleton, N. Y. 1912.  
282 pp. \$1.20.
- SERVISS, G. P. Pleasures of the Telescope. Appleton,  
N. Y. \$1.35.
- SERVISS, G. P. Astronomy with an Opera Glass. Appleton,  
N. Y. 1910. 158 pp. \$1.35.
- SHALER, N. S. The Story of Our Continent. Ginn, Boston.  
1892. 290 pp. 75 cents.
- SHALER, N. S. Aspects of the Earth. Scribner, N. Y. 1890.  
344 pp. \$2.50.
- SHALER, N. S. Nature and Man in America. Scribner,  
N. Y. 1915. 290 pp. \$1.50.
- SHALER, N. S. Sea and Land. Scribner, N. Y. 1894.  
252 pp. \$1.50.
- SMITH, J. R. The Ocean Carrier. Putnam, N. Y. 1908.  
\$1.50.
- SMITH, J. R. The Story of Iron and Steel. Appleton, N. Y.  
1908. 193 pp. 75 cents.
- STARR, FREDERICK. Some First Steps in Human Progress.  
Flood & Vincent, Meadville, Pa. 1910. 13+305 pp.  
\$1.00.
- SURFACE, G. T. The Story of Sugar. Appleton, N. Y.  
1910. \$1.00.
- SWEZEY, G. D. Practical Exercises in Astronomy. Appleton,  
N. Y. 1904. \$1.00.
- TARR, R. S. New Physical Geography. Macmillan, N. Y.  
1903. 457 pp. \$1.20. A standard high school text-  
book, containing more special suggestions for teachers  
and students than any other one book on the subject.
- TARR, R. S. Elementary Geology. Macmillan, N. Y.  
1906. 30+499 pp. \$1.40.

- TARR, R. S. *Physical Geography of New York State*. Macmillan, N. Y. 1902. 397 pp. \$3.50.
- THOREAU, HENRY D. *Cape Cod*. Houghton Mifflin Co., Boston. 1908. 252 pp. \$2.00. Tells about sand dunes and spits of the cape.
- TODD, DAVID P. *New Astronomy*. Am. Book Co., N. Y. 1897. 480 pp. \$1.30.
- TOWER, W. S. *The Story of Oil*. Appleton, N. Y. 1909. 270 pp. \$1.00.
- TYNDALL, JOHN. *The Forms of Water*. Appleton, N. Y. 1892. 196 pp. \$2.50.
- TYNDALL, JOHN. *Hours of Exercise in the Alps*. Appleton, N. Y. 1888. 473 pp. \$2.00.
- TYNDALL, JOHN. *Glaciers of the Alps*. Longmans, N. Y. \$1.50. Dutton, N. Y. 75 cents.
- U. S. Hydrographic Office, Washington. *Illustrated Cloud Forms*. Colored chart, with text. Address Supt. of Documents, Govt. Printing Office, Washington, D. C.
- U. S. Weather Bureau, Washington. *Instructions for Voluntary Observers*. 1899.
- VAN HISE, C. R. *The Conservation of the Natural Resources of the United States*. Macmillan, N. Y. 1914. 413 pp. \$2.00.
- WALDO, FRANK. *Elementary Meteorology*. American Book Co., N. Y. 1896. 373 pp. \$1.50.
- WALLACE, ALFRED RUSSEL. *Island Life*. Macmillan, N. Y. 1892. 522 pp. \$2.50.
- WARD, R. DE C. *Practical Exercises in Elementary Meteorology*. Ginn, Boston. 1899. 199 pp. \$1.12. An indispensable guide for teacher and pupils in weather work.
- WHITSON, A. R., and WALSTER, H. L. *Soils and Soil Fertility*. Webb Pub. Co., Minneapolis, Minn. 1912. 315 pp. \$1.25. Describes soils, fertilizers, erosion, underground water, how to lay drains, dry farming, etc. Simple and interesting.

## PHYSICS

- ADAMS, J. H. Harpers' Electricity Book for Boys. Farpe rs,  
N. Y. \$1.75.
- BAKER, RAY S. Boys' Book of Inventions, and Second Boys'  
Book of Inventions. Doubleday, Page & Co., N. Y.  
\$2.00 and \$1.60.
- BENJAMIN, PARK. Age of Electricity. Scribner, N. Y. 1892.  
8+381 pp. \$2.00.
- BLASERNA, P. Theory of Sound in Relation to Music.  
Appleton, N. Y. \$1.50.
- BONNEY, G. E. Electrical Experiments. Macmillan N. Y.  
80 cents.
- BONNEY, G. E. Electro-Plater's Handbook. Van Nostrand,  
N. Y. 221 pp. \$1.20.
- BOYS, C. V. Soap Bubbles and the Forces that Mould Them.  
S. P. C. K. London, Eng. 1900. 178 pp. 8 cents.
- CARHART, HENRY S. Primary Batteries. Allyn & Bacon,  
Boston. 1891. 183 pp. \$1.50.
- COLLINS, A. FREDERICK. Manual of Wireless Telegraphy.  
Wiley, N. Y. 1906. 216 pp. 2d Ed. 1909. \$1.50.
- DAVIDSON, J. B. Agricultural Engineering. Webb, St. Paul,  
Minn. 1913. 546 pp. \$1.50.
- DUNCAN, R. K. The New Knowledge. Barnes, N. Y. 1905.  
\$2. Popular account of the new theories of matter, in  
physics and chemistry.
- GIBSON, C. R. Electricity To-day—Its Work and Mysteries  
Described in Non-Technical Language. Lippincott,  
Philadelphia. \$1.50
- GIBSON, C. R. The Romance of Modern Electricity.  
Lippincott. \$1.50.
- GIBSON, C. R. Scientific Ideas of To-day. Lippincott.  
\$1.50. A non-technical account of the modern theories  
of matter.
- FLEMING, J. A. Waves and Ripples. S. P. C. K., London.  
Gorham, N. Y. 1902. 12+299 pp. \$1.75. A fasci-  
nating treatment for young people.
- FRANKLIN, BENJAMIN. Autobiography. Houghton Mifflin  
Co. Boston. School Ed. 1915. 50 cents.



- HOPKINS, G. M. *Experimental Science*. Munn & Co., N. Y. 2 vol. \$5.00. The best single collection of experiments for teacher and pupils.
- HOPKINS, G. M. *Home Mechanics for Amateurs*. Munn & Co., N. Y. 1907. 370 pp. \$1.50.
- HOUSTON, E. J. *The Wonderbook of Light*. Stokes, N. Y. \$1.50.
- ILES, G. *Flame, Electricity and the Camera*. Doubleday, Page & Co., Garden City, N. Y. \$2.00.
- ILES, G. *Inventors at Work*. With Chapters on Discovery. Doubleday, Page & Co., \$2.50.
- ILES, G. *Leading American Inventors*. H. Holt, N. Y. 1912. 447 pp. \$1.75.
- JACKSON, D. C. and J. P. *Elementary Electricity and Magnetism, and their Applications*. Macmillan, N. Y. 1913. 482 pp. \$1.40. One of the best books obtainable on the application of theory in modern practical electricity.
- JENKS, TUDOR. *Electricity for Young People*. Stokes, N. Y. \$1.50.
- JONES, D. E. *Elementary Lessons in Sound, Light and Heat*. Macmillan, N. Y. 16mo. 280 pp. 70 cents.
- KENNELLY, A. E. *Wireless Telegraphy and Telephony*. Moffat, Yard & Co., N. Y. 1910. 279 pp. \$1.00.
- KING, F. H. *A Text-book of the Physics of Agriculture*. Mrs. F. H. King, Madison, Wis. 1910. 604 pp. \$1.75.
- LUCKIESH, M. *Color and Its Applications*. Van Nostrand, N. Y. 360 pp. 129 ill. and 4 color plates. \$3.00 net.
- LUCKIESH, M. *Light and Shade and Their Applications*. Van Nostrand, N. Y. 277 pp. 135 ill. and 10 tables. \$2.50 net. For both \$5.00.
- MAXIM, SIR H. *Artificial and Natural Flight*. Macmillan, N. Y. 1908. \$1.75.
- MAYER, A. M. *Sound*. Appleton, N. Y. 1878. 181 pp. \$1.00. A fascinating little experiment treatise for boys and girls.
- MAYER, A. M., and BARNARD, C. *Light*. Appleton, N. Y. \$1.00. A similar treatment of light phenomena.

- MENDENHALL, T. C. *A Century of Electricity*. Houghton Mifflin Co., Boston. 1887. 229 pp. \$1.25. Vol. 1 of the Riverside Science Series. Simple, readable and authoritative.
- MILLER, C. M. *Kitecraft and Kite Tournament*. The Manual Arts Press, Peoria, Ill. 1916. \$1.00 Construction and flying of all kinds of kites. Making and using of kite accessories, air-planes, gliders, propellers, motors, etc. Illus.
- RAFFERTY, C. W. *An Introduction to the Science of Radioactivity*. Longmans, N. Y. \$1.25.
- RIGHI, AUGUSTO. *The Modern Theory of Physical Phenomena—Radioactivity, Ions, Electrons*. Macmillan, N. Y. 1904. 161 pp. With Bibliog. \$1.10.
- ROTCH, A. L. *Sounding the Ocean of Air*. S. P. C. K., London, Eng. Gorham, N. Y. 85 cents.
- STEWART, BALFOUR. *The Conservation of Energy*. Appleton, N. Y. 1890. 236 pp \$1.50.
- PERRY, JOHN. *Spinning Tops*. Gorham. Romance of Science Series. 1910. 136 pp. 85 cents. A popular lecture by a great physicist.
- SLOANE, T. O'C. *Electric Toy Making*. Henley, N. Y. \$1.00.
- SLOANE, T. O'C. *Liquid Air and the Liquefaction of Gases*. Henley, N. Y. \$2.00.
- ST. JOHN, T. M. *How Two Boys Made Their Own Electrical Apparatus*. T. M. St. John, N. Y. 1898. 141 pp. \$1.00.
- ST. JOHN, T. M. *Things a Boy Should Know about Electricity*. T. M. St. John, N. Y. \$1.00.
- THOMPSON, S. P. *Elementary Lessons in Electricity and Magnetism*. Macmillan, N. Y. 1899. 14+456 pp New and Rev. Ed. \$1.50.
- THOMPSON, S. P. *Light, Visible and Invisible*. Macmillan. 1910. 283 pp. One of the best recent books on light for teacher and ambitious pupils.
- THURSTON, R. H. *Heat as a Form of Energy*. Houghton Mifflin Co., Boston. \$1.25.

- TIDY, C. M. Story of a Tinder Box. S. P. C. K., London, Eng. Gorham, N. Y. 70 cents. Methods of getting fire—with experiments.
- TYNDALL, JOHN. Lessons in Electricity. Appleton, N. Y. 1895. 10+113 pp. \$1.00.
- TYNDALL, JOHN. Faraday as a Discoverer. Appleton, N. Y. 1894. 171 pp. \$1.00.
- WILLIAMS, ARCHIBALD. How It Works. T. Nelson & Sons, N. Y. 1911. 483 pp. \$1.25. Sully and Kleinteich, N. Y.
- WILLIAMS, ARCHIBALD. How It Is Done. Nelson, N. Y. 1908. \$1.25. Sully and Kleinteich, N. Y. 484 pp. 268 ill. \$1.20.
- WILLIAMS, ARCHIBALD. How It Is Made. Nelson, N. Y. 1908. \$1.25. Sully and Kleinteich, N. Y. 474 pp. Ill. \$1.20.
- WILLIAMS, ARCHIBALD. How to Make Things. Sully and Kleinteich, N. Y. Ill. \$1.20.
- WILLIAMS, ARCHIBALD. Another popular science series published by Lippincott, N. Y.
- WOODHULL, J. F. Manual of Home-made Apparatus. Barnes, N. Y. 1906. 65 cents.
- WORTHINGTON, A. M. Physical Laboratory Practice. Allyn & Bacon, Boston, 1891. 308 pp. Many experiments with simple apparatus.

## CHEMISTRY

- Alembic Club Reprints. Extracts from papers by great chemists on their researches. Edinburgh and London. The Univ. of Chicago Press, Chicago. Very readable and inspiring for teachers and specially interested pupils. Numbering 18. 44 cents to \$1.25 per copy.
- ALLYN, L. B. Elementary Applied Chemistry. Ginn, Boston. 60 cents.
- BAILEY, E. H. S. A Textbook of Sanitary and Applied Chemistry. Macmillan, N. Y. 1906. 345 pp. \$1.40.
- DUNCAN, ROBERT KENNEDY. The Chemistry of Commerce. Harper, N. Y. 1907. 262 pp. \$2.00.

- DUNCAN, ROBERT KENNEDY. *The New Knowledge*. Barnes, N. Y. 1905. \$2.00.
- CORNISH, VAUGHAN. *Practical Proofs of Chemical Laws*. Longmans, N. Y. 1895. 104 pp. 21 experiments. 75 cents.
- DOBBIN, LEONARD, and WALKER, JAMES. *Chemical Theory for Beginners*. Macmillan, N. Y. 1892. 236 pp. 80 cents.
- FARADAY, M. *The Liquefaction of Gases*. Univ. of Chicago Press, Chicago, Ill. Alembic Club Reprints. 80 pp. 54 cents.
- FARADAY, M. *Chemical History of a Candle*. Harper, N. Y. 1862 and later. 223 pp. \$1.00.
- FURNEAUX, WILLIAM S. *Elementary Chemistry*. Longmans, N. Y. 1894. 170 pp. 155 experiments. 8c cents. "A brief outline of the chemistry of common things."
- HARDIN, WILLETT LEPLEY. *The Rise and Development of the Liquefaction of Gases*. Macmillan, N. Y. 1899. 224 pp. \$1.50. Excellent for teacher and pupil.
- HATCH, KIRK L. *Simple Exercises Illustrating Some Applications of Chemistry to Agriculture*. U. S. Dept. of Agriculture, Office of Experiment Station. Bull. 195. Washington, D. C. 22 pp. Illus.
- JOHNSTON, JAMES F. W. *Chemistry of Common Life*. Appleton, N. Y. 1879. 592 pp. \$2.00.
- LASSAR-COHN, DR. Tr. by Muir. *Chemistry in Daily Life*. H. Grevel & Co., London, Eng. Lippincott, Philadelphia. 1898. 336 pp. \$1.75.
- MELDOLA, RAPHAEL. *The Chemistry of Photography*. Macmillan, N. Y. 1889. 382 pp. \$2.00.
- ORNDOFF, W. R. *Laboratory Manual of Organic Chemistry*. Heath, Boston. 1893. 40 cents. For pupils, to accompany Remsen.
- RICHARDS, ELLEN H., and ELLIOT, SOPHRONIA M. *Chemistry of Cooking and Cleaning*. Whitcomb & Barrows, Boston. 1907. \$1.00.
- SHERMAN, HENRY C. *The Chemistry of Food and Nutrition*. Macmillan, N. Y. 1911. 355 pp. \$1.50

- STADTLER, S. S. *The Chemistry of Familiar Things*. Lippincott, Philadelphia. 320 pp. \$1.75.
- STEWART, A. W. *Chemistry and Its Borderland*. Longmans, N. Y. \$1.50.
- THORNTON, ARTHUR, and PEARSON, MARCHANT. *Notes on Volumetric Analysis*. Longmans, N. Y. 1898. 83 pp. 75 cents. "Brief and accurate. Intended for pupils."
- THORP, F. H. *Outlines of Industrial Chemistry*. Macmillan, N. Y. 1899. 528 pp. \$3.75. Good for reference and library assignments.

## APPENDIX B

## BIBLIOGRAPHIES FOR SCIENCE TEACHERS

- Annual Reports of the Proceedings of the National Education Association. Ann Arbor, Mich. Consult the indices.
- Annual Reports of the United States Commissioner of Education. Consult the indices.
- CHUTE, H. N. *A High School Library for Physics. School Science and Math.*, 1: 126-30, May, 1901.
- DODGE, R. E., Editor, and Committee of the National Federation of Teachers of Mathematics and the Natural Sciences. *Bibliography of Science Teaching*. U. S. Bureau of Education. Bull. 1911. No. 1.
- MILL, R. H. *Guide to Geographical Books and Appliances*. Geo. Philip & Son, London, Eng. 1910. 5s. "Most complete bibliography of the kind in English."
- New England Association of Chemistry Teachers. *A list of books in Chemistry*. The L. E. Knott Apparatus Co., Boston. 32 pp.
- NOYES, F. K. *Teaching Material in Government Publications*. U. S. Bureau of Education. Bull. 1913. No. 47. Free. Address Commissioner of Education, Washington. D C

Price lists of United States Documents. Address Supt. of Documents, Washington, D. C. Free.

- 11 Food and Diets.
- 15 Geological Survey Publications.
- 18 Engineering, Mechanics, Electricity.
- 20 Lands. Publications of General Land Office, Conservation, Drainage, Forests, Irrigation.
- 21 Fishes.
- 24 Indians.
- 25 Transportation.
- 31 Education.
- 32 Non-Contiguous Territory,—Alaska, Canal Zone, etc.
- 35 Geography and Explorations. Geodetic Survey.
- 36 Periodicals by Bureaus.
- 38 Animal Industry.
- 40 Chemistry Bureau.
- 41 Insects.
- 42 Agricultural Experiment Stations.
- 43 Forestry.
- 44 Plant Life.
- 45 Public Roads.
- 46 Soils.
- 47 Crop Statistics.
- 48 Weather Bureau.
- 51 Health. Hygiene.
- 53 Maps by Various Bureaus.
- 55 National Museum Publications.
- 56 Smithsonian Reports.
- 58 Mines and Mining.

Report of Committee on United States Documents Usable in Secondary Schools. Proc. N. E. A., 1909, p. 802 ff.

School Science and Mathematics. Smith and Turton, 2059 E 72d Place; Chicago, Ill. Consult the annual indices.

State High School Inspectors, Ohio. A List of Library Books for High Schools. State of Ohio, Department of Public Instruction, Columbus. 1916. Free in Ohio.

University High School, Chicago.

A list of books suited to a high school library. U. S. Bureau of Education. Bull. 1913. No. 35. 104 pp. Free. Address the United States Commissioner of Education, Washington, D. C.

U. S. Bureau of Education.

Bibliography of Education 1909-1910. Bull. 1911. No. 10. Watch the lists of the publications of the Bureau for other bibliographies and titles touching science teaching. Later bulletins. Same title and subject.

U. S. Department of Agriculture.

Free lists of bulletins of interest to schools. Write request to the secretary, Washington, D. C.

## APPENDIX C

### SCIENTIFIC PERIODICALS

#### I. GENERAL

The General Science Quarterly. State Normal School, Salem, Mass. \$1.25 per yr. A journal especially devoted to the interests of "general science" teachers.

Nature. A weekly illustrated journal of science. English. Macmillan, London and N. Y. 6d. per copy. 1£ 8s. per yr.

Popular Science Monthly. 239 4th Ave., N. Y. 15 cents copy. \$1.50 per yr. Contains short, illustrated articles on all kinds of scientific subjects, especially electrical, mechanical, and industrial inventions and projects.

School Science and Mathematics. 2059 E. 72d Place, Chicago. 9 numbers per yr. \$2.00. Free to members of the Central Asso. of Teachers of Mathematics and the Natural Sciences, whose annual dues are \$2.50. Members are entitled also to the annual volume of proceedings, etc.

- Science. Garrison-on-Hudson, N. Y., or Substation 84, New York City. Weekly. \$5.00 per yr. Free to members of the American Asso. for the Advancement of Science, whose dues are \$3.00 per yr. L. O. Howard, Sec'y, Smithsonian Institution, Washington, D. C.
- The Mentor. 52 E. 19th St., New York City. Twice a month. Single copies 15 cents. \$3.00 per yr. "Established for the development of popular interest in Art, Literature, Science, Nature, and Travel."
- The Scientific American, and The Scientific American Supplement. Munn & Co., N. Y. Both weekly. \$4.00 and \$5.00 per yr. respectively. Very attractive to boys. The best periodicals on applied science.
- The Scientific Monthly (formerly entitled The Popular Science Monthly). Substation 84, New York City. \$3.00 per yr. Authoritative scientific articles of interest to the general reader, adult rather than juvenile.
- The World's Work. Doubleday, Page & Co., Garden City, N. Y. Monthly. \$3.00 per yr.

## II. BIOLOGICAL

- Bird Lore. Macmillan, N. Y. Bimonthly. \$1.00 per yr.
- The American Botanist. Willard N. Clute, Joliet, Ill. Quarterly. \$1.00 per yr.
- The American Naturalist. Ginn, Boston. Monthly. \$4.00 per yr.
- The Botanical Gazette. University of Chicago Press, Chicago, Ill. Monthly. \$7.00 per yr.
- The Nature Study Review. Ithaca, N. Y. Monthly. \$1.00 per yr.
- The Plant World. Tucson, Ariz. Monthly. \$1.00 per yr.
- Torrey. The Torrey Botanical Club, Columbia University, N. Y. \$1.00 per year.



## III. GEOGRAPHICAL

- The Geographical Review. American Geographical Society, Broadway and 156th St., New York City. Monthly. \$5.00 per yr.
- The Journal of Geography. Madison, Wis. Monthly. \$1.00 per yr. 10 months.
- The National Geographic Magazine. The National Geographic Society, Washington, D. C. Monthly. \$2.50. Profusely and magnificently illustrated. With occasional valuable and timely maps.
- Travel. Robert M. McBride & Co., Union Square, North, New York City. 25 cents per copy. \$3.00 per yr.

## IV. PHYSICAL AND MECHANICAL

- Everyday Mechanics. 33 W. 42d St., New York City. \$1.00 per yr.
- Popular Mechanics. 6 N. Michigan Ave., Chicago. \$1.00 per yr.
- Science Abstracts. Section A.—Physics. Spon and Chamberlain, New York. Monthly. \$4.50 per yr. The best single publication for keeping up with the progress of research and discovery in physics.
- The Electrical Experimenter. 233 Fulton St., New York City. 15 cents per copy. Illus. Short popular articles.
- The Physical Review. The American Physical Society, Ithaca, N. Y. Monthly. \$6.00 per yr. Research papers and news items.
- The Wireless Age. 42 Broad St., N. Y. Monthly. \$2.00 per yr.

## V. CHEMICAL

- Chemical Abstracts. Ohio State University, Columbus, O. \$6.00 per yr.
- The Journal of the American Chemical Society. Chemical Publishing Co., Easton, Pa. \$6.00 per yr. Reviews of chemical research, and chemical news items.

The Journal of Industrial and Engineering Chemistry. New York City. \$6.00 per yr.

These three journals are free to members of the American Chemical Society, whose dues are \$10.00 per year. Dr. Charles L. Parsons, Sec'y, Box 505, Washington, D. C.

Die Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht. Julius Springer, publisher, Link-Str. 23-24, Berlin W. 9. Six numbers per yr. 13.50 M per yr.

