



CHEM

化學全譯本

上冊

潘家寅編譯

東華書局印行



版權所有・翻印必究

中華民國五十五年十月初版

中華民國七十二年十二月十四版

CHEM 化學全譯本(全二冊)

上册 定價新台幣捌拾元整

(外埠酌加運費滙費)

編譯者 潘 家 寅

發行人 卓 鑫 森

出版者 臺灣東華書局股份有限公司
臺北市博愛路一〇五號
電話：3819470 郵撥：6481

印刷者 中 臺 印 刷 廠
臺中市公園路三十七號

行政院新聞局登記證 局版臺業字第零柒貳伍號
(55005)

前 言

本書在國家科學基金會輔助下，集各大學及中學教師之精力，歷時三年始克有成。編輯本書成立化學教材研究會 (Chemical Education Material Study 簡稱 CHEM Study)；發起並指導編輯本書，為一全國知名化學教師及科學家組成之指導委員會，該委會主席為曾獲諾貝爾獎金之席褒格 (Glenn T. Seaborg)，羅致全國最優秀之大學科學家及中學教師。參與其事之大學教授均依據其在科學上公認有卓越成就者。本書撰寫者已出版且為各大學普遍採用之教科書多達十餘冊。參與本書之全部編輯工作之優秀中學教師亦均係經同事鄭重推薦由委員會聘請者。故 CHEM Study 課程即此等教師之貢獻十五人一年以上之精心傑作。本書之成固應感謝國家科學基金會之支持，而就高中化學課本言，人才之濟濟堪稱空前。

本書：“化學——實驗的科學”為高中化學課程而編輯，為充實本書並另編一實驗手冊及一套適合教材之影片。為使教師更熟悉本課程之性質，又編一本完備之教師指引。本書及實驗手冊初版係 1960 年夏撰寫。1960 至 1961 年間曾經廿三所高中及一所專科學校約一千三百名學生試用。第一年中編輯人及試用本書教師每週均有接觸。根據教師之經驗，教材於 1961 年夏加以修正，同時撰寫教師指引。本書再版時有一百廿三所高中及三所專科學校共約一萬三千名學生採用，再根據實際教學經驗三次及最後一次修正始成定稿，而成本書現行本。1962-1963 年首在四十六州，五百六十所高中任選四萬五千名學生試用，其教學價值於焉確定。

書名：“化學——實驗的科學”顧名思義，說明其一年課程之主題矣。依化學家採用之明確而有效之步驟，慎審介紹及引用。由觀察及測定中導出統一性原理，然後以此等原理應用於聯繫衆多現象。本書著重實驗工作，如此則學生可直接由經驗中求得化學原理，不僅養成學生對

學原理具有正確而無權威性觀念；且有機會發現新事物，此乃科學活中最引人入勝者。爲配合實驗，更製若干影片，以說明若干特殊實驗程，由於危險、罕見、昂貴而不易在教室中進行者。

本書前數章及最初數實驗爲奠定本課程之基礎而編訂。科學活動要素，包括測不準性在內，均首先說明之。原子學說物質本性及摩爾念亦次第展呈。其餘部分則著重由實驗室經驗中汲取重要化學原則。等原則包括，能、反應率及化學反應之平衡特性，化學週期性，氣體、體及固體中之化學鍵合，等等。本書又引入若干章敘述化學（Description chemistry）以說明前述化學原則之應用性與有價值。

本書與傳統課本有若干不同處，最顯著者爲重點由敘述化學移至學原理，以說明近廿年來化學之轉變。誠然，在此徹底改革之課程中，書刪除陳舊名辭及過時之教材。不甚顯著然甚重要者乃實驗及學說之聯繫有加以系統化的發展。化學乃逐漸地及邏輯地闡揚，而非事、記載及規律之彙集。希望能使將來國民了解科學活動之重要性及希性，俾能和平而睿智地將技術之進步貢獻於社會。最後，吾人曾爲有繼續學習科學之學生，在高中與大學間致力於化學課程教材及教學有更密切之啣接。

確信 CHEM Study 能達成既定之目標，據經驗知本書對高中生生興趣，且能接受，而對稟賦穎異之學生尤具啓發及激勵之效。對預升大學之學生可提供良好基礎。或問：“本書確較傳統書籍優良或同適用否？”在比較測驗時尚無答案，使用 CHEM Study 之學生可能偏重記憶性之問題或使用舊名辭，而不重原理之測驗感覺困難。反，根據 CHEM Study 做成之測驗應用於使用傳統性課本之學生亦公允。故此問題不能完全“客觀”解決，因已涉及價值判斷問題。

EM Study 課程目標是否正確，方法是否合理，須在考慮教師之經報告以及編著者之信譽後方可決定。

化學教材研究會在設備、器材、工作人員及鼓勵方面多承加州大學 Harvey Mudd 大學協助；並蒙國家科學基金會之鼓勵與支持；此對所有參與化學教材研究會教材編輯工作同仁之熱心努力，及指導

委員會之指導，及各撰稿人所費之時間與精神，均在此一併致謝。應特別提出 Joseph Davis, Saul Geffner, Keith MacNab 諸先生，Margaret Nicholson 小姐及 Harley Sorensen 先生。每位不僅在教室中親自試用此書，且參與研究會工作，其修正意見使本書更利於教學。亦應感謝甚多使用本書試用本之教師，均仔細閱讀課文與實驗手冊，並提供有價值之修正意見，最好亦應感謝所有使用本書試用本之學生，其反應不論苦、樂、愛、憎與毀譽，均有助於本書之改進。

J. Arthur Campbell

化學教材研究會主任

Harvey Mudd College

George C. Pimentel

教科書總編輯

加州大學

Lloyd E. Malm

實驗手冊總編輯

University of Utah

A.L. Mc Clellan

教師手冊總編輯

California Research Corporation

David Ridgway

教育影片製片人

1963 年元月於加州 Berkeley

序

化學研究吾人周圍所有之質，亦研究質間變化。即此變化將冷酷孤寂無生命之星球與生機活潑有生命之地球分野。化學使吾人了解自然之奧密，且享受自然之賜予。

化學爲科學之一重要部門。日常生活無一不受科學活動成果之影響，故應了解何謂科學活動，科學活動所爲何事？如何進行？學習化學可領悟之。

“化學——實驗科學”爲合乎時代之化學。強調化學中最引人入勝者爲：實驗。在現代化學課程中，原理之發展與提供此發展基礎之實驗室工作相輔相成。洞悉此等廣泛應用之原理後，即不需再記憶紛紜複雜之化學事例。察見此等原則由實驗室中觀察而得，可對科學進展有一正確觀感。由此可著手科學活動，且可望亦成爲一科學家。

修完此課程，並不知曉所有之化學。只希望讀者能獲得足夠之化學及科學知識，以領悟未知之部分亦非神秘莫測者。或可使讀者體會科學方法之偉大力量；但亦可體會有其範疇。深望讀者養成習慣，隨時隨地注意觀察，評估事實，以及獲得結論。尤望讀者多以懷疑態度追究解答，而不盲目接受教條式之定論。盼讀者亦分享科學之刺激，且因新的發現而感覺極大樂趣。倘此等願望多數得以實現，則已藉化學而進入科學之堂奧。在科學範疇吾人之大時代中尙有何事在教育中占更重要位置耶？

喬治 C. 波門特

化學教材研究會總編輯

編譯者序

CHEM Study 課本爲優良高中化學教材已無庸推介，故民國五十三年教育部頒布化學教材編輯大綱以是書內容爲依據，良有以也。唯課程中除教科書外尚有教師指引、實驗手冊，頗稱完備，而稍嫌繁複。茲將教科書部分儘量保持原文形態不予更動，而教師指引部分則以簡馭繁，對授課進度及各細節均從略，在各章課文之後編成“本章討論”，以便教師就個人教學經驗及環境從容取捨，初無定規。

“本章討論”中分“新觀念”、“目標與步驟”及“教材研究”三部分，其中前二項簡列各點以明該章梗概，而最後一項“教材研究”多屬進一步之深究，頗與大學教材彷彿，故不僅教師，即專攻化學之大學生亦可參考，頗有裨益。經此整理後，篇幅尚稱適中。同時，如與鮑林近著大學化學（第三版）共同參閱必收融會貫通之效。

希望高中化學採用此種課本後，可以提高我國在化學課程上之水準。誠如原序所言：“希望了解科學活動之重要性，俾能和平而睿智地將技術之進步貢獻於社會”。

潘家寅於臺北

CHEM 化學全譯本

上册目次

第一章 化學：實驗科學	1-21
1-1 科學活動	1-2 科學中之測不準度
1-3 科學資料之遛遞	1-4 複習
第一章 討論	22-30
第二章 科學的模型：原子學說	31-55
2-1 科學模型之涵義及成長	2-2 分子與原子
2-3 質：元素與化合物	2-4 複習：原子學說
第二章 討論	56 69
第三章 化學反應	70 82
3-1 化學反應諸原則	3-2 化學反應方程式
第三章 討論	83 87
第四章 氣態：氣體動力論	88 108
4-1 一摩爾氣體所佔之體積	4-2 氣體動力論
4-3 複習	
第四章 討論	109 116
第五章 液體及固體：物質之凝相	117 141
5-1 純質	5-2 溶體
5-3 物質之電的本性	5-4 凝相之電性
第五章 討論	142 152
第六章 原子結構及週期表	153 181
6-1 原子結構	6-2 最簡單之元素族—鈍氣
6-3 鹼金屬	6-4 鹵素

6-5 氫—自成一族	6-6 第三列元素
6-7 週期表	
第六章 討論	182-187
第七章 化學反應中能量之效應	188-208
7-1 熱與化學反應	7-2 能量不滅律
7-3 分子中儲存之能量	7-4 核中儲存之能
第七章 討論	209-215
第八章 化學反應速率	216-236
8-1 影響反應率之因素	8-2 反應中能量之作用
第八章 討論	237-247
第九章 化學反應中之平衡	248-275
9-1 平衡之定性現象	9-2 平衡之定量研究
第九章 討論	276-286
第十章 溶解度平衡	287-307
10-1 溶解度：一種平衡	10-2 水溶液
第十章 討論	308-313
第十一章 酸與鹼之水溶液	314-341
11-1 強電解質及弱電解質	11-2 酸類與鹼類之實驗
11-3 酸類之強度	
第十一章 討論	342-354
第十二章 氧化—還原反應	355-387
12-1 電化學電池	12-2 電子轉移及預言反應
12-3 氧化—還原反應之均衡	12-4 電解
第十二章 討論	388-396
第十三章 化學計算	397-408
13-1 化學計量之方式	13-2 硫酸之製造
第十三章 討論	409-415

第一章

化學：實驗科學

“……凡未經實驗而產生之科學均屬空泛且充滿錯誤，故實驗為確實之母……”

達文西 (Leonardo da Vinci, 1452~1519)

曾以甚多語言及文字回答下列問題：

“何謂科學研究之本質？”

“何謂化學之本質？”

今在本課程中，即擬試為解答，不僅藉文字及言辭之助，且須輔以實際經驗。因無人能僅憑前者即可將生動而有趣之科學發見悉予表達；因此吾人將藉科學活動以期了解科學之本質，且著重化學家所感興趣之問題，以求了解化學之本質。

故寧以科學活動之事例為依據，而不以定義為基礎。茲將循此方式由熟知之領域從事科學活動，使科學進展之步驟更易明瞭，對問題知所解答。

1-1 科學活動

生物均以各種方式“感覺”其周圍事物，且為延續其生存而適應其環境。樹木經晨曦之照耀，全部葉面轉向陽光以適應之，俾多受照射，蓋陽光乃能量之泉源，使樹木行驚奇之化學營運，樹木於焉成長。

熊藉白晝漸短，落葉變色，或藉人類不懂之熊類曆書感覺夏季已逝，其適應之舉乃覓一隱密處冬眠，在此期間體溫及血壓均降低，消化停止，以最低能量維持生存。此事發生於覓食最困難之嚴冬季節，洵非

偶然。

生物界中以人類對其環境“感覺”及“適應”最為複雜，小貓更為好奇；藉其智慧運用感覺，較羚羊逃避猛獅之突襲更有效。人類發展之通訊系統實遠勝野鴨之驚叫，以喚起同羣警覺，或孤單麋鹿在清晨呦鳴以求偶。人類智慧及遭遇知識於其後代之才能，對環境之適應極為有利。“收集”其周圍環境之資料（Information）“整理”之，且尋求其中之“規律性”，探究此等規律性存在之原因，並將成果傳諸後世。故基本科學之活動為：

藉觀察（Observation）以收集（Accumulate）資料編組（Organize）資料，且尋求其中之規律性（Regularities）。探究（Wonder）此等規律性為何存在。

將所得成果傳諸後世。

故科學活動始於觀察，如觀察之條件可被仔細控制，則觀察最為有效。所謂控制條件，即該條件為固定的，已知的，且可依所企而變更的。控制宜在一特定地點（實驗室）施行。仔細控制下之觀察特稱為“實驗”。任何科學均奠基於實驗結果上。

1.1.1 觀察與記述

各人均自謂乃一優秀觀察者，然觀察不僅以“肉眼”觀看而已，須專心，洞察精微，有技巧及有耐性，且須實習。試就經驗考慮一事例，以熟知之“燃燭”而論，經仔細觀察——即仔細實驗後，可否寫出若干事項？即謂此項實驗在實驗室中進行，即在一可以控制觀察條件之場所中進行。然則如何得知何種條件須要控制？或將驚異有時重要條件難於發現。如下列若干條件對於其他場合或屬重要，但對此實驗則否：

實驗在二樓舉行；

實驗在白晝舉行；

室內燈光明亮。

而下列各條件或對此實驗重要：

實驗桌接近門口；

窗係敞開者；

實驗者過於靠近，呼吸可達燭端。

何以此等條件重要？其中有無共同性？因燭在風中燃燒不佳，此等條件之重要在於影響實驗結果，但重要條件往往不易發現。一優良實驗者對必須控制之條件須加以注意始可發現，其成功與否端視控制條件之本領大小。

複習諸君對燃燭所做之記述，再與本書附錄 I 中所載者比較，所列觀察項目中有若干項與附錄中者相同？有若干項缺少？易見仔細觀察，詳細記述“燃燭”一事，誠複雜而動人。



圖 1-1 科學家做慎重之觀察

1-1-2 尋求規律性

觀察必興起問題，其一即“有何規律性出現？”發現規律性可使觀察簡化，種種觀察並非單獨存在，可歸併之而更有效地應用。

尋求規律性時，須防陷誤。蓋尋求為一迂迴小路，時有誤入歧途之虞。尋求未知事項，並非步步坦途，但除非步步進行外，實無他途可循。如何進行尋求？試以一寓言為喻，由此明顯事例之進展，將有助於了解一科學家如何尋求規律性。

寓言：迷途幼童取暖

昔有一童，迷失路途，因天寒，擬搜集若干物料 (Materials) 以取暖。待生火時，始發覺其中有可燃者，亦有不可燃者。為避免搜集無用之物料，乃注意辨別可燃物及不可燃物 (編組其資料)。數經挫折，乃將所得資料分類如右表 1-I。

表 1-I 燃 燒 性

可	燃	不	燃
樹	枝	岩	石
帶	柄	黑	果
鉛	筆	漿	理
椅	腳	大	石
旗	桿	鎮	尺

此種資料之編組對於取暖頗有助益。但樹枝掃帚缺乏時，須尋求一種規律性以指引尋覓新的可燃物料。乃將一堆可燃物料，及一堆不可燃物料加以比較，發見一規律性，提出“通則”(Generalization)如下：

或者“圓柱形物料可燃”。



圖 1-2 圓柱形物料可燃

此種方法為基本邏輯思想法之一，科學資料便藉此加以系統化(Systematized)，稱為歸納推理(Inductive reasoning)，其意為集合若干個別觀察(或事實)構成一通則(General rule)。歸納法何用？乃記憶之一種有效方法。

翌日，該童欲尋覓可燃物料而未携其分類表，幸能記憶此通則，故拾回一樹枝，一舊手杖，三壘球棒(成功之推論)，尤其欣慰者：乃未携回其他物料，如汽車散熱器，一段鏈條及一扇大門，因以為此等物料既非圓柱形，當然不能燃燒。

無疑，諸君將謂此一通則不十分真實！全然相反！此通則被明一由全部觀察而發見之規律性，且觀察範圍未超出前表所列之物料，則此通則為可應用。在導致規律的實驗範圍以內，此通則為真實的。試觀表 1-I 所列各物料(包括手杖及壘球棒)，圓柱形物料之為可燃物一事確屬真實！

該童因推斷成功而信賴此通則。次日決意不携分類表，而藉通則之助拾回三鐵管，兩酒瓶及一舊車軸，而放棄一滿裝報紙之大紙盒。在此寒冷長夜，獲得結論如下：

1. 可燃物之圓柱形與其可燃性，或終無直接聯繫。

2. “圓柱形通則雖已無用”，但樹枝、帚柄、鉛筆及表 1-I 左列物料依然可以燃燒。

3. 明日以攜帶分類表為佳。

但思索更多物料後，又得一“新”規律性，能對表 1-I 所列物料適用，而對新獲得之資料亦復適用，此新規律性為：

或者：“木質物料可燃。”

依前此之挫折，則此通則甚完美矣。於是使該童拾回前二天所未取之大門，而未拾回鏈條，汽車散熱器，或滿裝報紙之大紙盒。

勿以詼諧視之，——科學確係如此！吾人做若干觀察，加以編組，並尋求其間之規律性，以助知識之有效應用。此種規律性以通則方式處理之，稱為學說(Theories)。一種學說如與已知自然事實一致，且有助於知識之系統化，即應保留，深信假以時日，今之所謂科學觀點，亦將似“圓柱形物體可燃”同樣荒誕不經。但應以當日之新觀點為榮。幸勿因該童尚未決定拾取此報紙盒而氣餒。該童為一科學家，其遲緩之步驟將引導其至報紙盒處；亦即此種步驟使吾人了解相對論，發現麻痺菌苗，及推進火箭至月球。

有關固體熔融之通則

經實驗已發現一有關固體行為之重要規律性：

“溫度充分升高，固體熔解為液體，該熔解溫度為固體特性。當熱液體冷卻時，即在此相同溫度凝固。”

此通則大有價值，乃完全根據已做之實驗而得，因此類實驗歷經千萬物質均屬成功。故此規律可以信賴。物質熔點為最常用以鑑別物質方法之一。由此使吾人欲知：溫度充分升高是否每種固體物料均得為液體，而溫度充分降低是否每種液體均得為固體。

若干術語 (Some terminology)

吾人已發現固體可藉加熱至其熔點或超過其熔點而成液體。後者因再冷卻而成固體。固體及液體在甚多方面相似，且易於互相變化，稱為同質(Substance)之不同相(Phases)。冰為水之固相，室溫時為液

相。固體熔解或液體凝固，稱為“相之變化”(Phase change)。

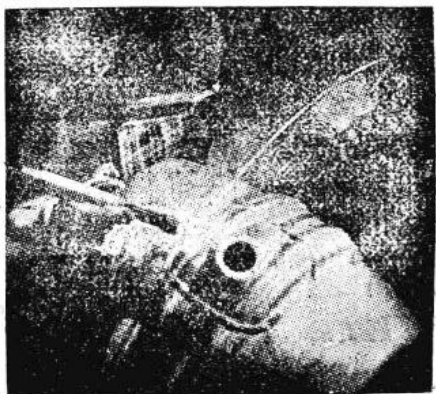
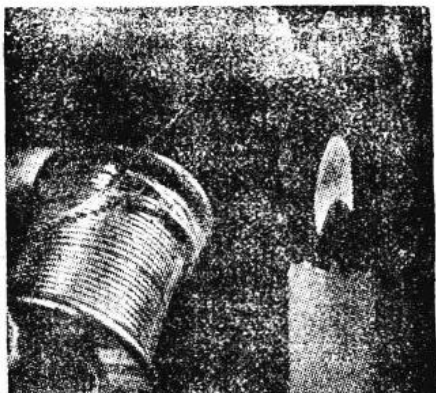


圖 1-3 固體在其特性溫度時熔解為液體

1-1.3 探究“為何”

吾人已經驗若干科學活動。首先在控制之環境下做仔細之觀察，繼將所得資料加以編組，最後尋求其間之規律性。此外更有一活動，猶如西餐中最後一道尾食(Dessert)，稱為“探究為何”。蓋不僅以“知其然”而滿足，尚須以“知其所以然”為極致。此種活動可能在科學中為最具建設性及最有收獲性之部分。何為此種活動過程？回答一個以“為何”為開始之問題，其意義何在？

解釋 (Explanations)

茲尋求解釋之意義。試觀兒童吹一氣球，一再吹氣則氣球膨脹且變“硬”。顯然氣體在氣球內“推壓”(Pushing)，而伸張其彈性的外壁。為何氣體逐漸推壓氣球外壁而逐漸膨脹？為何氣體繼續推壓而不疲乏或退縮？均為“探究為何如此”之問題。

試答此等問題有二途徑：其中之一已經學習，即密切觀察氣球，仔細記錄所見者，且尋求其中之規律性。另一途徑為不觀察氣球，而就吾人較更了解之其他情況中尋求類似之行徑。此舉或有助於用較了解之情況而構成對氣體壓力之解釋。有時一有用之解釋來自一全然未曾期待之方向。

試思考檯球之運動，用桿撞擊之後，此球即運動直至觸及桌邊而轉向，似未減小速度。如此繼續滾動六七次，彷彿此球並不疲倦，氣體在氣球中“不疲倦”之推壓，與檯球不疲倦之運動，其間有無聯繫？

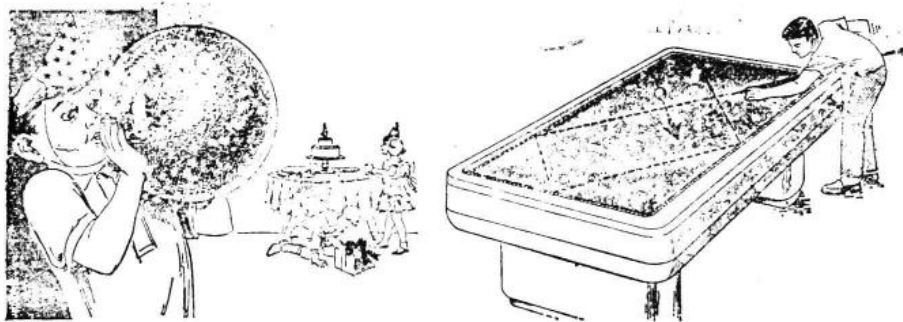


圖 1-4 檯球之回彈性聯想或可做氣體壓力之解釋

檯球之回彈性久已使閒暇而好奇之士困惑不解。發覺檯球運動經桌邊碰撞可視為完全彈性的(Perfectly elastic)。檯球撞桌邊，桌邊再推回檯球，檯球則未損速度而離去。故球之運動可依據彈性碰撞(Elastic collision)之假定而做合理預示。今氣體行為或亦可用此相同方式解釋之。假設將氣體描繪為一羣在容器中之粒子，其無休止撞擊器壁之情景肖似檯球之撞擊桌邊，即粒子每撞器壁一次，便“推壓”器壁而被撞

同一次，如粒子甚多則每秒有甚多之碰撞，便可解釋為氣體之壓力。故氣體吹入時粒子數增加，碰撞數亦增加，即氣體壓力亦增加。因此撞球可提供吾人問題之答案。

由上例可知解釋之意義，即肇始於“探究為何？”

問題：為何充氣時氣球膨脹？

可能答案：或因充入球中之氣體為一羣粒子組成，此等粒子被球壁撞回一如檯球之被桌邊撞回。氣體粒子由球壁撞回同時亦推壓球壁，粒子增加，每秒撞球壁之次數亦增加，故氣球膨脹。

此乃一“解釋”之範式，始於“為何”且問及一尚未了解之程序。例中，氣球內氣體壓力之來源即為欲明瞭之程序。感覺有氣體之存在亦甚困難。周圍之空氣無臭無味且目不能見（煙霧除外），若無風亦不能聽見或感覺。因此擬以檯球之行徑以說明氣體之性質。檯球為物體易見易感覺，其行徑已經研究且已了解。

探究一解釋，即探究所研究之系統與已研究之模式系統（Model system）間之類似性。有如下情形時，“解釋”可視為“良好”：

（一） 模式系統十分了解（即其規律性已充分探究）。

（二） 兩者間之聯繫十分有力（即研究系統與模式系統間有密切類似性）。

今此例即為一良好解釋，因：

（一） 檯球之回擊一事十分明瞭，可用精密之數學計算每次檯球撞桌邊時所生推力為若干。

（二） 與氣體壓力間有密切聯繫，如將氣體視為許多小粒之集合體，不斷運動且彈性碰撞球壁，則以數學同樣可以描述氣體壓力。故有關氣體壓力之此種解釋堪稱良好。

今已了解，回答“為何”乃探求規律性之一種高度矯變形式而已，氣體與檯球之有規律性乃二者共有之性質。在此規律性發現中，所顯示之特殊意義即其相似性並不明顯。能發見如此隱晦之相似性，自應受特殊收獲，即發見者能將所有積聚之經驗及知識（由已知之系統得來）更充