

交互作用叢書 ①  
(美國國民中學新科教)

# 物質與能量

(新理化)

戚啓勳 編譯  
陳文典 校閱

李富出版社印行

交互作用叢書 ①

( 美國國民中學新科教 )

# 物質 與 能量

( 新理化 )

戚啓勳 編譯

陳文典 校閱

李富出版社印行

物 質 與 能 量

編 譯：戚 啓 勳

出版者：季 風 出 版 社

發行人：戚 樹 德

地 址：台北市南昌路一段 32 號三樓

電 話：3211003

郵 撥：110848

總經銷：自然科學文化事業股份有限公司

地 址：台北市濟南路三段 25 號

長青大廈二樓

電 話：7312955 • 7214900

郵 撥：109757

定 價：新 台 幣 900 元

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

民國 67 年 8 月出版

版權所有 • 禁止翻印

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

新聞局局版台業字第 1586 號

# 編譯者序

沒有一個人能夠否認，台灣目前的教育已經到了非徹底改革不可的地步。基本上當然是因為升學主義的氾濫成災，大家想擠進「大學」這道窄門，尤其是少數有名的大學，於是聯考的競爭空前激烈。聯招會為了避免評分有伸縮餘地，致遭指摘，命題幾乎全部採用選擇法，後果是惡性補習，老師印發大量模擬試題，要學生死背，升學指導書充斥，粗製濫造，錯誤百出。學生不再運用思想，一旦僥倖進入大學，幾乎全都成了廢物。教育演變到如此境地，實在令人痛心。對科學教育來說，後果更加嚴重。

有識之士早已大聲疾呼，教育當局也已體念及此，可是具體行動遲遲未見實行。從國外引進新的科學教育內容及方法自屬迫不及待。美國近十年來為了改革科學教育，集中了無數專家學者，發展了一系列「相互關係科學課程計劃」(Interaction Science Curriculum Project)，內容分為三組：一組為「物質與能量」，也就是「新理化」；第二組是「地球與時間」，亦即「新地球科學」；第三組「生物與人類」，可說是「新生物」。大致適合這裡的國中高年級和高中低年級程度。每組都包含學生用的教科書，教師用的教學指引，教師用的各種測驗南針，全套教具，學生用的實習記事本等等，可謂設想周到，應有盡有。

這一本「物質與能量」是學生用的教科書，我們的教育當局已選用為科教改革的起步，正在實驗之中。季風出版社既以倡導基本科學教育為宗旨，所以特地先行將此書推出，原書有很多彩色圖片，但由於成本關係，只能選用其中的一部分。這本書倘能受到中學老師們的普遍歡迎，將會另行編譯教師指引以供參考。至於「地球與時間」和「生物與人類」則將繼本書之後出版。

本書的重點在於闡明科學與應用技術學問的關係。從實驗啟發科學思想，強調科學內部的相關本質；引進許多化學及物理的新觀念，作為進一步研習的基礎。學生們經由問題探討，了解科學模型的本質與應用，啟發觀察和推理的技巧，可望奠定物理科學的根基。

本書編譯完成後，承蒙國立師範大學物理系陳文典教授精心校閱，相信必能更配合實際教育需要。教科書的編印本來是國立編譯館的職責，本書的先行推出，無非是讓關心科教改革者以先睹為快的心情去悉心研讀，照書中的內容去做去想，相信你會產生無窮樂趣！對科教改革揭開嶄新的第一頁！

戚啓勳 於台北

# 前言

目前科學教育正在進行重大的革新。最顯着的一個現象就是富有經驗的教師和大學內擔任研究的科學家，成立小組，在一起工作，研究新的教材。這些小組設計出來的教材，不僅是兒童們應該得到的知識，也是將來發展必須奠定的基礎。

這種新趨勢的另一方面，就是在新教材正式公布實施之前，拿到真正的教室內徹底試驗。經由此項步驟，許多教師在各種教室情況下，將教材的實驗課本先試教一學年，或者更長的時間。因此，在最後公布實施之前，教材已經進行了一種重大改革和發展的真正實驗計劃。

物質與能量的交互作用就是這樣產生的。作者們組成了一個寫作小組，歷時數年，針對這一套教材，準備實驗教本，在全國很多教室內應用。此項試驗計劃對教材的修正大有幫助，最後才成為現在這種形式。我認為這是製作學校教材最好的方法。

另外一個要點是：物質與能量的交互作用特別設計來配合新的中等科學教育計劃，該項計劃得到聯邦政府的支持，最近已經被普遍採用。寫作小組對新數學和科學課程非常精通。當然，有些委員曾經參與過這種科學計畫，經驗很豐富。

物質與能量的交互作用由簡單而複雜，它能啓發學生的好奇心和研究心，改變很快的問題，並不提供直截了當的答案，這本書對我們國民中學的學生都會理解，並且感到興趣。

我們每一個人都有責任幫助現代學生了解科學的態度，過程和目標，光是精通傳統性的內容是不夠的。好在現在能用的科學教學材料遠較以往為多。某一學生用了這本書之後能否成為科學家，問題並不

重要，最要緊的一點在於所有學生用了這本書後，都會體認生活在這一時代必須了解科學。我敢斷言：物質與能量的交互作用非常適合於我們現在的學校水準。

格羅勃門 (Arnold B. Grobman)  
美國伊利諾大學副教務長

# 原書序

(對學生)

此刻你將開始學習一門新的科學——物質與能量的交互作用。你在教室內的大部時間將化費在實驗上：舉行實習，蒐集和解釋資料，並且得到最後的結論，都完全要靠你自己。換句話說，大部分時間你將舉行某種物理科學的實習，而不是光靠閱讀或者聽取老師告訴你其他人所作的試驗和研究。你的做法很像一個科學家。你還得不斷地學習和研究，設法尋求問題的答案。如果科學上所有的問題都找到了答案，當然不再需要從事科學上的研究了。但究竟會不會有這樣一天，卻很值得懷疑。

科學教育正面臨一項重大的改變，簡直可以說是一次革命，我們也要你也參加進來。你將學習化學和物理的很多方面，這些教材以往都留給十一或十二級（相當於我們高中一、二年級）再教，像原子和分子的行為，元素的週期表，物理學的許多基本定律，以及物理學對生命本身的重要性等等。

你將會了解科學並不單是蒐集事實。科學是繼續不斷地尋求真理，如果一個人不曾受過觀察的訓練，小心而志願運用他自己的想像力和技巧，很容易會誤入歧途。

科學是一種創造性的活動。因此，你將要在實驗室內工作，讓你儘可能去創造，避免接受人云亦云的事實。請記住只不過八、九十年前，有人提出飛行的構想被人指為癡人說夢。幾年前，人類竟然能登陸月球再回返到地球上。這難道是夢嗎？你在這本書內也許能得到一些啓示。

科學家和技藝家（應用科學知識者）正在計劃探測最深的海域，並且探求其他行星上有無生命存在的可能。科技知識目前運用在和每一個人都有密切關係的污染問題上。新的能源也正在尋求，希望能夠



代替天然燃料。想要這些進展得到成功，主要還得靠物理科學，包括：化學、物理學、地質學和天文學。整個這一門課，我們要你了解物理科學的基本原理，讓你能適應科技進展萬分迅速的這一代。

保持小心而詳細的實驗記錄對學習本課程非常重要。在一次實驗或組合並記錄資料時，我們經常要你寫下摘要。從你的筆記中，你一定能解釋一次實習的結果，並預測以某種方式進行另一次實驗將會產生什麼結果。科學家稱此種預測為假說。構成假說並且在實驗室內加以試驗（有時候也可以在家裡）是許多科學技巧中你將應用的一種。最後，作者希望你能對本課程發生興趣，在你學習物質與能量的交互作用期間，倘有任何建議，至表歡迎。

作 者

# 目 錄

## 編譯者序

## 前言

## 原書序

## 第一章 從史前的壁畫說起

|               |   |
|---------------|---|
| 科學的定義是什麼？     | 2 |
| 科學要從那裏着手？     | 4 |
| 提出問題——為什麼會這樣？ | 5 |
| 近代科學團體        | 5 |

## 第二章 物質的結構：一種模型

|              |    |
|--------------|----|
| 觀察和推理        | 9  |
| 物質的性能        | 14 |
| 實驗2·1：估計大小   | 14 |
| 粒子的運動        | 15 |
| 氣泡、液滴和薄膜     | 16 |
| 實驗2·2：液滴的性質  | 17 |
| 實驗2·3：薄膜的性質  | 19 |
| 自己做：解答兩個問題   | 21 |
| 物質的成分        | 23 |
| 實驗2·4：一顆色斑   | 23 |
| 自己做：混合物的研究   | 24 |
| 實驗2·5：再看一下大小 | 25 |
| 一個終點和一個起點    | 27 |

### 第三章 元素的分類：原子的結構

|                     |    |
|---------------------|----|
| 根據元素的外觀來分類          | 29 |
| 根據元素的結構和性能來分類       | 30 |
| 實驗 3 · 1：觀察電荷的效應    | 30 |
| 拉塞福的工作              | 32 |
| 粒子的發現               | 33 |
| 原子的電荷               | 35 |
| 原子結構的變動模型           | 36 |
| 實驗 3 · 2：溶液中的荷電粒子   | 39 |
| 實驗 3 · 3：溶液內荷電粒子的性能 | 41 |

### 第四章 元素的分類：一種模型的修正

|          |    |
|----------|----|
| 元素的分類    | 46 |
| 門德雷夫的工作  | 53 |
| 元素的週期表   | 54 |
| 莫耳觀念（任選） | 55 |

### 第五章 研究各化學族的性質

|                     |    |
|---------------------|----|
| 電離反應                | 57 |
| 共享電子                | 59 |
| 實驗 5 · 1：溶液的導電性     | 60 |
| 酸和鹼                 | 62 |
| 實驗 5 · 2：酸和鹼的試驗     | 64 |
| 自己做：酸性呢還是鹼性？        | 65 |
| 實驗 5 · 3：一種酸和一種鹼的混合 | 65 |
| 鹽的形成：中和反應           | 67 |
| 實驗 5 · 4：沉澱反應       | 68 |
| 化學平衡方程              | 69 |
| 碳的化合物               | 71 |
| 生物體內的碳化物            | 73 |

## 第六章 研究一種化合物

|                   |    |
|-------------------|----|
| 實驗 6 · 1：分析的觀念    | 78 |
| 實驗 6 · 2：獲得進一步的證據 | 81 |
| 實驗 6 · 3：顏色問題     | 83 |
| 實驗 6 · 4：能量的地位    | 84 |
| 自己做：藍石內水的莫耳       | 85 |

## 第七章 量度意義的發展

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 數覺                      | 87  |
| 實驗 7 · 1：製造一根腕尺         | 88  |
| 從古代到近代的量度               | 90  |
| 自己做：量一顆樹的高度             | 92  |
| 實驗 7 · 2：公分和吋           | 93  |
| 實驗 7 · 3：長、寬和面積的量度      | 94  |
| 自己做：發明一種量度工具            | 94  |
| 實驗 7 · 4：定出固體的容積        | 95  |
| 自己做：溢出多少？               | 99  |
| 實驗 7 · 5：水的質量和容積        | 99  |
| 實驗 7 · 6：其他液體的質量和容積     | 101 |
| 實驗 7 · 7：決定各種物體的密度（光學法） | 102 |
| 自己做：金屬能浮起嗎？             | 104 |

## 第八章 運動的分析

|                  |     |
|------------------|-----|
| 實驗 8 · 1：落體      | 107 |
| 運動和靜止            | 109 |
| 實驗 8 · 2：物體的自然情況 | 109 |
| 時間的量度            | 111 |
| 自己做：發明一種計時工具     | 113 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 實驗 8 · 3 : 速率        | 113 |
| 自己做: 測定速率            | 115 |
| 力的認識                 | 115 |
| 實驗 8 · 4 : 力和彎曲 (任選) | 115 |
| 自己做: 設計一種量度速率的方法     | 117 |
| 實驗 8 · 5 : 力和伸張 (任選) | 117 |
| 實驗 8 · 6 : 摩擦        | 119 |
| 關於摩擦力的問答             | 123 |
| 重力                   | 125 |
| 實驗 8 · 7 : 運動和重力     | 126 |
| 加速率                  | 128 |
| 實驗 8 · 8 : 測定改變中的速率  | 128 |
| 實驗 8 · 9 : 質量        | 130 |
| 自己做: 另外兩個問題          | 132 |

## 第九章 運動和能量

|                  |     |
|------------------|-----|
| 動量的意義            | 134 |
| 實驗 9 · 1 : 動量的分析 | 135 |
| 自己做: 方向的猜測       | 136 |
| 實驗 9 · 2 : 運動的能  | 137 |
| 自己做: 眼睛看到的可靠嗎?   | 143 |
| 能的轉換             | 143 |
| 實驗 9 · 3 : 擺的研究  | 145 |

## 第十章 物質的相

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 實驗 10 · 1 : 溫度表的標度   | 149 |
| 水分子結構                | 152 |
| 實驗 10 · 2 : 水和水      | 155 |
| 實驗 10 · 3 : 冰、鹽、糖和酒精 | 156 |
| 自己做: 研究溫度。           | 158 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 實驗 10·4：物質在低溫的性能（任選） | 158 |
| 熱的性質：一個習題            | 159 |

## 第十一章 熱能

|                |     |
|----------------|-----|
| 實驗 11·1：能的轉換   | 162 |
| 自己做：動能的轉換      | 163 |
| 實驗 11·2：熱的貯存   | 164 |
| 自己做：分子動量？      | 165 |
| 實驗 11·3：熱和溫度   | 165 |
| 實驗 11·4：熱和容積   | 167 |
| 實驗 11·5：熱和分子引力 | 169 |
| 實驗 11·6：熱流     | 170 |
| 實驗 11·7：顏色和熱   | 172 |

## 第十二章 觀察光的性能

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 實驗 12·1：觀察一束光       | 174 |
| 實驗 12·2：鏡子的一些性質     | 176 |
| 實驗 12·3：鏡子的反射       | 177 |
| 實驗 12·4：鏡“後”的一個像    | 179 |
| 實驗 12·5：比較光的反射角與入射角 | 180 |
| 自己做：鏡面反射的補充         | 182 |
| 實驗 12·6：光穿越不同物質的行為  | 184 |
| 一種光線模型的進一步審視        | 187 |
| 觀察波的性質              | 187 |
| 實驗 12·7：鏡子和波浪運動     | 187 |
| 實驗 12·8：改變波浪進行的方向   | 188 |
| 實驗 12·9：水波的干涉       | 189 |
| 實驗 12·10：穿越小孔看光     | 190 |

## 第十三章 能的轉換

|                  |     |
|------------------|-----|
| 實驗 13·1：顏色的反射和吸收 | 192 |
| 自己做：顏色的改變        | 195 |
| 實驗 13·2：顏色和化學品   | 196 |
| 能量轉換和電           | 198 |
| 實驗 13·3：電和光      | 198 |
| 自己做：測量有顏色的光      | 199 |
| 實驗 13·4：熱和電      | 199 |
| 實驗 13·5：化學位能     | 200 |
| 電磁能              | 202 |

## 第十四章 科學與人生

|     |          |
|-----|----------|
| 附錄一 | 完整之元素週期表 |
|-----|----------|

|     |         |
|-----|---------|
| 附錄二 | 量度單位換算表 |
|-----|---------|

## 第一章

# 從史前的壁畫說起

法國拉斯卡（Lascaux）和西班牙阿塔米拉（Altamira）附近的古代洞穴壁畫，顯示早年穴居先民曾經記錄下一些觀察和經驗（圖 1・1，彩色）。這些壁畫也許能代表最早的科學觀察紀錄。

我們不妨想像大約在兩萬五千年以前，有一克羅馬郎人（Cro-Magnon）將一次狩獵的經驗告訴族中的孩子們，他可以用一些畫來說明殺死一條奔馳中野牛的最好方法是：獵人將他的矛投在野牛前方一定距離，這樣就能使野牛和矛在同一時刻到達同一點。

最初克羅馬郎人也許試過無數次而且也失敗過無數次，但是不能將野牛殺死，他們就只好挨餓，因此他們不斷的嘗試錯誤，終於學到這種成功的狩獵方法。飢餓逼迫他們不得不改進狩獵的技巧。想要成功，狩獵人知道必須把目標放在奔馳中野牛的前面，擲出他的矛要指向當時並沒有一個目標的地方，如果目標不準確，矛擲不中野牛或者只能讓它受一點小傷。任何一種情況都會讓野牛逃走。

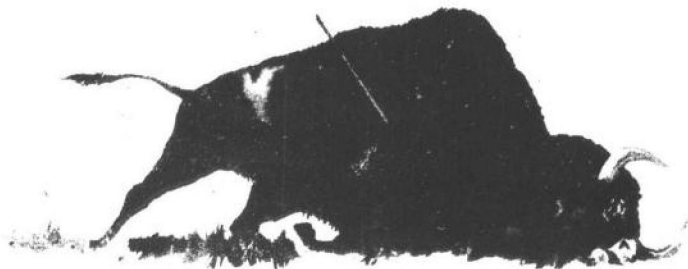


圖 1・2 矛刺野牛前胸可以致死。



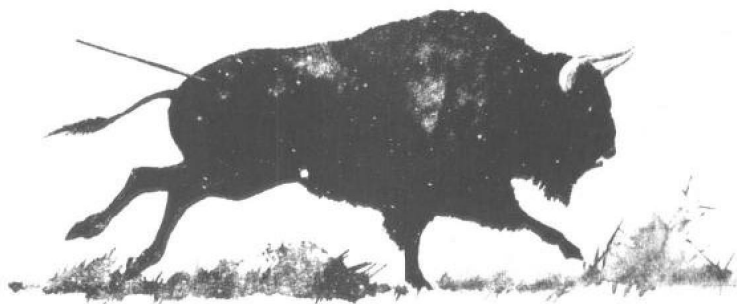


圖 1 · 3 矛刺入野牛後臀只受輕傷。

也許獵人利用洞穴內的岩壁作為他的筆記本來記錄他的經驗。而後他的學生可能會提出問題：為什麼矛刺中野牛臀部時常會被它脫逃？為什麼矛尖穿入它前身時即可把它射死？野牛的前胸何以會如此重要？生命是否僅在這一點？回答這些問題當然要另外畫一些圖解釋。一幅圖說不定表示一支矛穿入前胸（圖 1 · 2），另外一幅圖（圖 1 · 3）表示刺入它後臀。這些圖可能由一個人完成，但觀察則很可能由許多獵人得到的經驗。

當然，這個故事只不過是許多可能的解釋之一。克羅馬郎人也許並未利用他們的畫作為教育之用。有些研究人員設想洞穴畫無非用作巫術和儀式而已。這些畫的真正目的沒有一個人能夠知道，因為我們的推理沒有文字歷史可以作為依據。

話雖如此，古代洞穴的岩壁上確有繪畫，也許這是人類祖先用它來作一種“科學研究”。假定他想要解釋何以一支矛刺中野牛的前胸（近心臟處）比較中它後面更易於致死，我們可以說他的行為很像一個科學家。

## 科學的定義是什麼？

沒有一個人知道科學是什麼時候開始的，縱然我們能找到人類活動的最早記載，距離科學的開始仍有一段遙遠的年代。人類開始觀測和冥想周圍環境，經歷了許許多多年才會書寫和記錄。但是因為科學