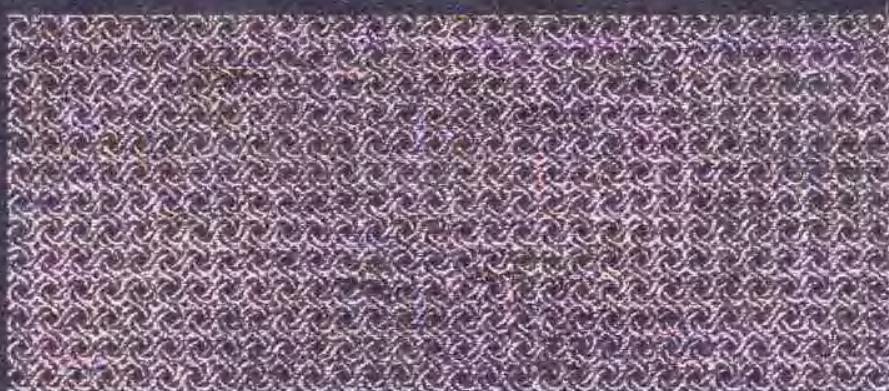


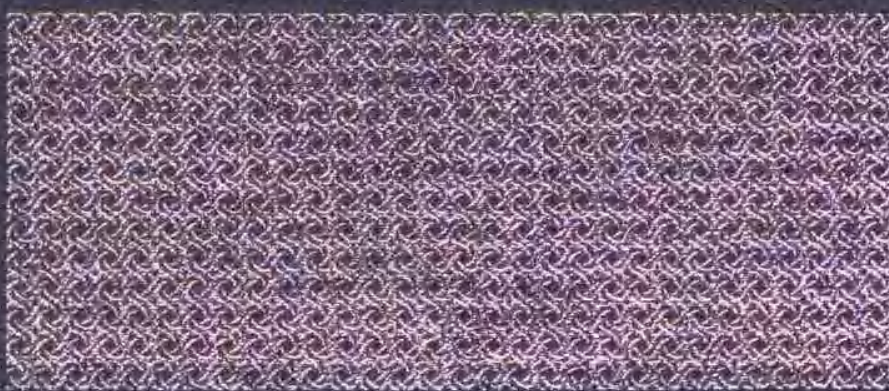


ENCYCLOPEDIA OF
YESTERDAY TODAY TOMORROW

光復彩色百科大典

5

基礎科學



光復彩色百科大典

5 基礎科學

中華民國七十二年十二月再版

發行人 林 春 輝

出版者 光復書局股份有限公司
台北市復興北路38號6F
郵政劃帳帳號第0003296-5號
電話：741-3222（代表）

登記證字號 行政院新聞局局版台業字第0262號

排 版 東和照相排版有限公司
台北市萬大路493巷58弄18號

紙 張 永豐餘造紙股份有限公司
台北市中華路十七號

印 刷 弘盛彩色印刷有限公司 304-8769

裝 訂 金氏裝釘廠

光復彩色百科大典

5 基礎科學

爲社會作一獻禮

辭書爲一般人治學應用的工具，而百科辭典則更是現代人日常參考的重要工具書。在知識爆炸的時代，人們對於一切新知識的追求，尤抱渴望，一部內容充實、印製精美的百科辭典，乃屬切需。光復書局有鑑及此乃聘請各大學有關教授及研究機關學者專家百人擔任監修，費時五年，耗資億萬，編印這一部「光復彩色百科大典」，誠爲出版界之一大盛事。

本書共計十冊。計分動物、植物與農藝、宇宙知識、生命與醫學、基礎科學、工業與交通、世界歷史I、世界歷史II、世界地理、文學與藝術等。內包括二千個大單元，一萬二千個項目，二萬八千幅彩色圖片。

過去歐美各國出版的百科全書，悉依字母按序排列，日本則照五十音順編排，我國則多按筆劃爲序。現代工商社會，生活緊張繁忙，爲省翻檢之勞，自以按分類項目別編排較爲理想。本部辭典係採分類項目別——雙頁翻閱式 (Area Spread) 編法，打破一般用字母、拼音或依筆劃排列的傳統方式，亦爲創舉。

本乎現代科學的觀點，每一事物現象的發生及變化，皆有其連貫性，本書不但以項目爲單元，且就每一事物本身或現象，以精簡的文字，配合圖片，作綜合連貫的敘述，具有系統性、教育性，和實用參考性的功能，更爲一大特色。

本年光復書局欣逢創立二十週年，出版此一鉅編，供讀者分享其努力的成果，在學術研究及知識傳佈上，爲社會作一獻禮，故特并數言以爲序。

吳大猷 謹識

中華民國七十一年二月

豐富的生命情節

——光復彩色百科大典前言

生命最豐富的情節，來自人類持續不斷的新傳。

作為一個知識份子，或者說，作為一個出版工作者，能夠使這些人類文明的精髓，不斷地超越時空和語言文字的隔閡，無盡的傳承下去，心中總有些和光同塵的怡然。而文化所展現的燦麗遠景，却也令我們終生孜孜於茲，衣帶漸寬而不悔。

雖然以我們個人的能力，不可能完成「永樂大典」一萬兩千冊的龐大文化整理工作；但是，世世代代中，總有一些敢於承擔的人，令我們重睹過去的精采，使我們敢於夢想未來的燦爛。

從事出版工作廿年，一直希望能夠編出一套新穎的百科全書，這個想法十多年來縈懷不去。百科全書的編輯方式，大都按字母或音標依序排列，中國文字沒有這種方便的處理方式，若以筆劃或注音符號來區別，繁瑣凌亂，查檢不易的毛病，已可想見。這些困擾使我們籌編百科全書，無法再進一步。

反覆思量，無法突破時，想及我國書籍的編輯方式，本來就已經有一套完美的設計。譬如永樂大典就是將全套書分類為經、史、子、集、天文、地志、陰陽、醫卜、僧道、技藝……編輯而成的，而不以筆劃來檢字。又觀近年來世界各先進國家，編輯百科全書的方式已有變革，「分類項目別」已取代以字母或筆劃別的分類方式。此乃與我國古籍原有之編輯型態不謀而合。因此，「分類項目別，雙頁翻閱式」的「光復彩色百科大典」於焉誕生。

這一套百科大典，係以項目為單元，就每一事物或現象，應用嶄新印刷技術，以彩色圖解方式，做綜合連貫的敘述；使讀者能循最快速便捷的方法，找到需要的答案。這樣讀來的知識和學問，不但有系統，而且清晰明白，脈絡分明。

中國以前傳道、授業、解惑的工作，全落在一個教師的身上。今天的教師，已不可能像以前一樣，是個萬能博士了，出版工作者有責任要分擔這一份工作。「光復彩色百科大典」的編輯方式，肯定了這種可能——百科全書不再是工具書，它也可能是一個循循善誘的教師，頭腦清晰，有問必答，而且，絕不厭倦。

「光復彩色百科大典」不但是一套綜合性的百科全書，而它的每一單冊均為該單項知識的百科全書。為此，必須動員許多具備專業知識的專家、學者，擔任編審、監修的工作；而編輯部的同仁更是不遺餘力地付出辛勞、血汗。此番盛情，於本書付梓之前，特文記之，深表感激之忱。

當然，「光復彩色百科大典」並不以目前十冊而自滿，期望日後能增加更廣泛更深入的內容，增為二十冊、三十冊……，使它成為傳世巨著，歷久不衰。

林春輝 謹識

中華民國七十一年二月

●本書編修



李維銘

美國喬治亞州亞特蘭大學化學研究所碩士
美國紐約州立大學化學研究所博士班研究生
現任國立交通大學化學副教授

● 凡例

編纂原則

本書爲使讀者對與人類日常生活息息相關的物理和化學等之現象，由認識、瞭解，進而發生興趣，特以簡明的圖解方式，配合深入淺出的文字敘述，俾供讀者在閱讀之餘，並做爲參考之用。

內容處理

本書計分物理、化學兩大部份。前者依序大致分爲科學家傳記、力學、電磁學、光學、電子與電機，以及物性學等七個單元；後者分爲科學家傳記、原子與次原子、化學原理、熱學、空氣及水、石油、礦物學、元素及化合物、電化學、核能與核化學等十個單元。

科學軌域，浩瀚無垠，本書內容取材儘量就其與人類生活具有密切關係的數個項目，以簡捷而扼要的敘述方式，避免抽象、艱深的理論解說，俾使讀者更易於瞭解科學的人生，從而享受它所帶給人類的福祉。

編輯方式

在物理篇、化學篇等兩大部份的標題頁後，均附有該篇所屬各個「中項目」的細目，每一中項目前面的數字即表示該項目所在之頁次。

書後附有專有名詞之索引。該索引係按筆劃別而編排，另附有英文名詞及出現之頁碼。在書口處並就各該項目配上不同顏色之色條，俾便讀者翻閱。

本書使用方法

※凡有「」或“”符號者，係表示重要的專有名詞或是特別強調的語句。

※舉凡文中出現的人名和地名，大都附有原名及生死年代，俾供查證。

※爲使讀者對於偉大的科學家有所認識，特介紹二十餘位著名的物理學家和化學家，各自成一單元。對每位科學家的生平及重要成就，皆有詳盡的敘述。使讀者對於物理學和化學的發展史，能够有所瞭解；並希望藉此激發讀者對這兩門學科的研究興趣。

※原子核的代表符號(核符號)表示法，是在元素符號的左下角註明該原子核內的核電荷數；在左上角註明原子核的質量數。其核電荷數等於質子數(也就是等於原子序)；原子核的質量數則等於核內的中子數和質子數之和。例如氧的核符號爲 $^{16}_8\text{O}$ ，此即表示氧的質子數爲8；而質量數爲16。

◎物理篇

9

著名的物理學家 11

- 阿基米德 12
- 托勒密 14
- 伽利略 15
- 哥白尼 18
- 克卜勒 19
- 托里拆利 20
- 牛頓 22
- 加凡尼 23
- 伏特 24
- 巴桑第 25
- 穆西 26
- 愛迪生 28
- 愛因斯坦 30
- 馬可尼 34
- 費爾米 35
- 居禮夫婦 38

力與運動 37

- 慣性和摩擦 36
- 力、功、能、功率 40
- 力的平行四邊形 42
- 重力和重量 43
- 等速度、平均速度、瞬時速度 44
- 等加速度與變加速度 46

電磁學及其應用 49

- 磁性 50
- 電磁鐵 52
- 電鈴 53
- 有線電廣播 54
- 無線電天文望遠鏡 55
- 無線電收音機 58
- 電話 60
- 電話服務 62
- 電磁波 64
- 電報及電報打字機 66
- 雷達 68

光學與光學儀器 69

- 光 70
- 光和顏色 74
- 雷射 76
- 光的反射和散射 80
- 光譜 81
- X射線光譜儀 82
- 氫原子的光譜系列 84
- 太陽能 86
- 透鏡 89
- 折射與反射望遠鏡 92
- 顯微鏡 94
- 攝影 96
- 立即顯像照相機 100

電子與電機 103

- 電 104
- 靜電 106
- 電池 107
- 發電機 108
- 水力發電 110
- 潮汐發電廠 112
- 直流電和交流電 114
- 高架上的電線 116
- 變壓器 118
- 電阻 119
- 電燈 120
- 電動馬達 121
- 霓虹燈 124
- 留聲機 130
- 錄音機 132
- 卡式錄音帶 135
- 自動點唱機 136
- 電冰箱 137
- 電視 138
- 彩色電視機 140
- 自動錄音錄影機 144
- 自動閱讀 147
- 資料銀行 148
- 電腦輔助教學系統 149
- 電子顯微鏡 152
- 電子學和電子儀器 153

- 家用電器 126
- 聲波 128

簡單機械與動力機械 171

- 槓桿 172
- 天平 174
- 滑輪 176
- 單擺和時鐘 178
- 內燃機 180

物性學 191

- 物體的物理性質 192
- 物質的三態 194
- 氣體的性質 195
- 氣壓計 196
- 氣體的各項定律 197
- 液體的性質 200
- 溶液與膠質 201
- 溶液濃度的表示法 202

- 電子計算機 158
- 電子計算機的應用 170

- 水渦輪 182
- 噴射引擎 184
- 幫浦 186
- 水閘和水路 188
- 液壓機 190

- 溶解度 204
- 非電解質溶液的性質 206
- 物質的分離與精製 208
- 比重 213
- 連通管和噴水池 214
- 浮體 216
- 物質的狀態圖 218
- 固體的性質 220

②化學篇

221

著名的化學家 223

- 拉瓦錫 224
- 普里斯里 225
- 門得列夫 226
- 道耳吞 228
- 給呂薩克 231
- 亞佛加厥 232
- 卡尼查洛 234

原子與次原子 235

- 原子是什麼 236
- 原子 238
- 原子—觀察原子的新技術 242
- 原子—新的知識和新的假說 246
- 次原子的發現(一)—電子 250
- 次原子的發現(二)—質子和中子 252
- 質譜儀 255

化學原理 257

- 電子組態 258
- 原子的結合(一)—離子鍵 262
- 原子的結合(二)—共價鍵 265
- 原子與化合物 269
- 分子與分子結構 270
- 氧化物、鹼和鹽 271
- 化學反應 272
- 燃燒 274
- 分析化學 276
- 有機物 278

熱與熱化學 279

- 熱量與溫度 280
- 溫度計 281
- 絕熱物質 282
- 熱與反應速率 284
- 化學反應之熱效應 286
- 熱與化學平衡 289

空氣及水的構成元素 291

- 空氣 292
- 氮 300

- 空氣污染 293
- 水 296
- 氫氣 298
- 氧氣 299

石油及其製品 307

- 天然氣(沼氣) 308
- 地球上的石油 310
- 石油 312
- 輸油管 315

礦物學 323

- 岩石和礦物 324
- 結晶體 327
- 幾種自然生成的礦物結晶體 328
- 建築用石材 330
- 煤礦 332

重要元素與化合物 341

- 元素的天然資源 342
- 金屬及其用途 343
- 鐵 344
- 鐵的用途 345
- 世界上的鐵 346
- 鐵和鋼 348
- 鋅 349
- 鋁 350
- 汞 352
- 錫 353
- 鉛 354
- 鎳和鉻 355
- 鈉·鉀·鎂 356
- 鉑 357

電化學及其應用 373

- 溶液的導電性 374
- 電解與電鍍 376

核能與核化學 383

- 原子放射線與核子放射線 384
- 原子爐 386
- 可控式的核子爆發 387
- 核融合反應 390
- 放射性元素 391

- 氫氣——未來的燃料 301
- 環狀珊瑚島計劃 302
- 水的淨化 304
- 二氧化碳 306

- 從石油中製取的新產物 316
- 從石油中製取蛋白質 319
- 柏油 322

- 煤和炭 334
- 煤炭和石油衍生物 336
- 煤炭的利用 338
- 煤氣 339
- 煉金術 340

- 金 358
- 銀 359
- 合金 360
- 銅 362
- 磷 363
- 鈣 364
- 矽 365
- 碳與其化合物 366
- 氟·氯·溴·碘 368
- 食鹽 369
- 硫酸 370
- 硫磺 371
- 乾冰 372

- 半導體 378
- 化學電池 380

- 核化學方程式 392
- 原子核的穩定性與放射性 394
- 原子之人工蛻變與加速器 396
- 超鈾元素 398

索引

401

第1章

物理篇

物理篇

11

著名的物理學家

- 12 阿基米德
- 14 托勒密
- 15 伽利略
- 18 哥白尼
- 19 克卜勒
- 20 托里拆利
- 22 牛頓
- 23 加丹尼
- 24 伏特
- 25 巴桑第
- 26 德西
- 28 富迪生
- 30 富瓦斯利
- 34 庫司尼
- 35 費爾米
- 36 居禮夫人

物理學

37

力與運動

- 38 慣性和空間
- 40 力、功、能、功率
- 42 力的平行四邊形
- 43 動力與重量
- 44 等速度、平均速度、即時速度
- 46 等加速度、變加速度
- 50 磁性
- 52 電磁鐵
- 53 電磁
- 54 有線電廣播
- 55 無線電大文電廣播
- 58 無線電收音機
- 60 電話
- 62 電話服務
- 64 電磁皮
- 66 電報及電報打字機
- 68 電燈
- 70 電
- 74 電和磁
- 76 電磁
- 80 光的反射和折射
- 81 光線
- 82 X射線、透視
- 84 光學中的光線、光線
- 86 太陽燈
- 89 透視
- 92 照相和投影望遠鏡
- 94 顯微鏡
- 96 攝影
- 100 望遠鏡、電、相機

49

電磁學及其應用

69

光學與光學儀器

103

電子與電機

171

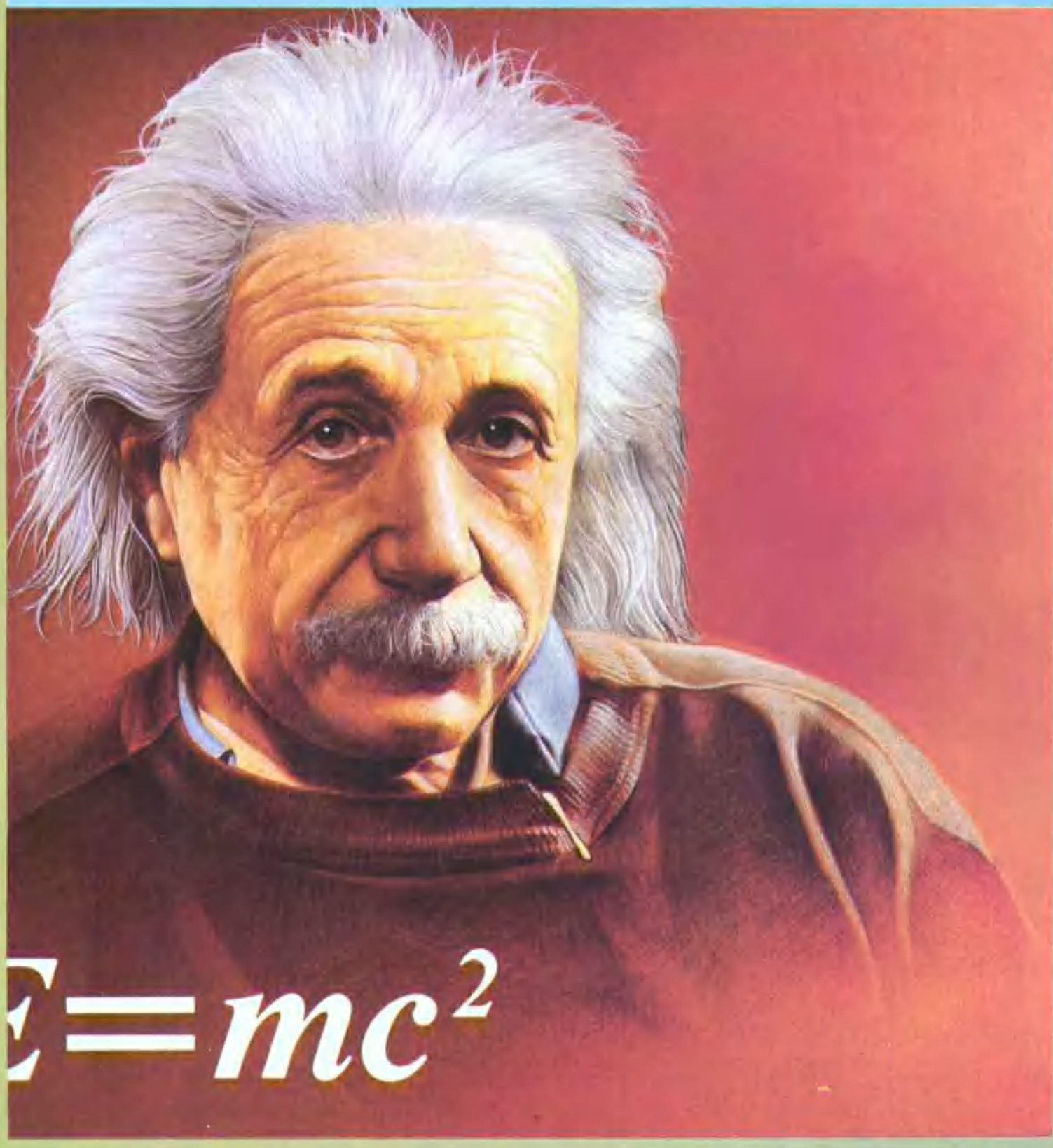
簡單機械與動力機械

191

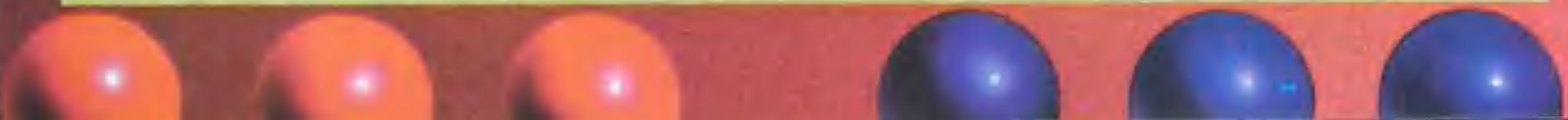
物性學

- 104 電
- 106 靜電
- 107 電也
- 108 發電機
- 110 水力發電
- 112 潮汐發電廠
- 114 直流電和交流電
- 116 電學上的電線
- 118 變壓器
- 119 電阻
- 120 電燈
- 121 電動機
- 124 電動機
- 126 家用電器
- 128 電燈
- 130 收音機
- 132 收音機
- 135 工業收音機
- 136 自動收音機
- 137 電冰箱
- 138 電風扇
- 140 彩色電視機
- 144 自動錄音機
- 147 自動開關
- 148 電報機
- 149 電腦輔助教學系統
- 152 電子顯微鏡
- 153 電子學和電子儀器
- 158 電子計算機
- 170 電子計算機的應用
- 172 物理
- 174 天平
- 176 磅秤
- 178 彈簧和彈簧
- 180 內燃機
- 182 水動機
- 184 噴射引擎
- 186 螺旋
- 188 水閘和水路
- 190 液壓機
- 192 物體的物理性質
- 194 物質的性質
- 195 氣體的特性
- 196 氣體計
- 197 氣體的各項定律
- 200 液體的性質
- 201 溶液與膠體
- 202 溶液濃度的表示法
- 204 溶解度
- 206 非平衡態下液體的性質
- 208 物質的各種狀態
- 213 比熱
- 214 通風管和噴水機
- 216 浮體
- 218 物質的狀態圖
- 220 固體的性質

著名的物理學家



$$E=mc^2$$



起船身東搖西晃，船身被震動得幾乎毀壞。羅馬人經此教訓，立即感受到阿基米德確是一位名不虛傳的發明家和工程師。

這隻鉗子是阿基米德所發明的一種武器，它所運用的是物理學上的槓桿和滑輪原理，也是這位老科學家最為專精的一部份。在鉗子伸出的同時，巨大的石弩炮發射出兩點般的長矛和石頭，攻擊離城較遠的船隻。船上的甲板、桅桿、軍隊，被擊得七零八落。當羅馬艦隊被趕至相當距離以外，夕拉古沙城內大批的工人和奴隸便在阿基米德的指導下，日以繼夜的在採石場上修造射程更遠的武器。

●阿基米德之死

羅馬人鋌而不捨地繼續圍攻，終於在西元前 212 年攻陷夕拉古沙城。羅馬軍隊進入該城並大肆劫掠的那一天，正是女神亞特米斯(Artemis)的祭典日。夕拉古沙城內掀起一片喧囂混亂。一名羅馬士兵衝進阿基米德的住所，阿基米德當時正全神貫注於幾何的演算，以至於連室外吵雜的馬蹄聲和軍隊的喊叫聲都未察覺出，更不理會有無他人進入室內。

那位士兵好奇地注視這位寂靜的老者，並繼續向前走了兩步。阿基米德彎身在地上畫了幾個圖形，不久才察覺身邊不遠處有兩隻著軍用草鞋的腳，正慢慢地向自己逼近。於是他嘆了一口氣，用拉丁語（羅馬士兵的語言）說：

「不要動我的圖形！」

另外一句話，也是他最後的一句話：

「我求你，千萬別破壞它！」

就在那一瞬間，那名士兵的內心究竟興起什麼念頭，誰也不知道，只知道他還是舉起刀子，將阿基米德殺死。

●阿基米德在數學上的貢獻

阿基米德死時，年僅 75 歲。他是古代最偉大的哲學家之一，其在科學上的專注和研究，全憑自己的一股熱勁。他在數學上的貢獻也很大，例如圓周率、拋物線等即由他推算出來的。此外又研究出橢圓形面積、幾何級數和開平方之法。幾何學以及目前高等數學中重要原理之一的積分學，都是阿基米德奠定基礎的。

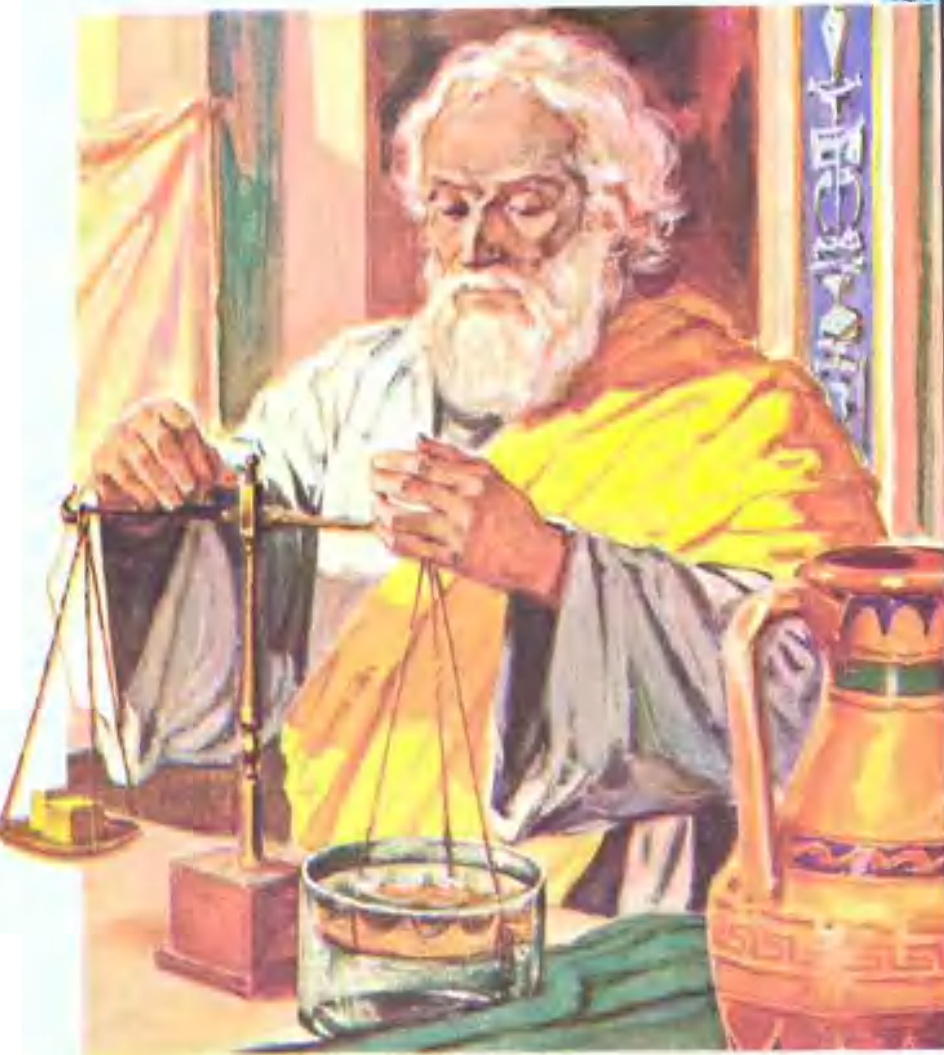
從他替夕拉古沙城設計的防禦武器來看，他也精通於科學原理的應用。只是這些才能對他而言是微不足道的，以至於在其論文中並未提

及。許多十七世紀時期偉大的數學家如巴斯噶(Pascal)、佛美特(Fermet)、休根(Huygens)均致力於研究阿基米德的數學原理，並運用他所發明的方法和原理做為從事數學研究的依據。在近代數學家的心目中，阿基米德被尊為「數學之父」。

許多物理學家如克卜勒(Kepler)、伽利略(Galilei)和托里拆利(Torricelli)也曾研究過阿基米德的各項學說，並應用於他們的研究工作中，且以學生對老師般的心情尊敬他。

●機械學、物理學和「阿基米德原理」

阿基米德發現了浮力原理。



阿基米德要求在他死後的事碑上，刻上一個內含一個球體的圓筒狀圖形，並且必須註明兩者之間的容積比例。



阿基米德還有一項偉大的貢獻，就是製造了起重機。他利用槓桿和滑輪的原理，將一般載重量大並設有三隻桅桿的巨型船隻放入水中；他還發明「壓水器」，將水提昇至高處位置上；此外他也從事於研究光的性質，利用鏡子的反射，俾充分利用陽光。而其最大的貢獻則是發現了「阿基米德原理」(Archimedes Principle)，即浸沒在水中的物體，其所排開的液體體積等於該物體的體積，而與該物體的重量無關。——一次夕拉古沙王海倫命阿基米德檢查一頂金冠，看它是否摻進白銀，且檢驗時不得損害到金冠的完整性。於是他就利用物體的比重，把王冠放進水裡，結果發現了物理學上頗重要的「浮力原理」，或稱為「阿基米德原理」。

據說這一天他正躺在浴缸內洗澡，突然注意到，當他進入浴缸時，缸內的水位立刻上升。他躺在浴缸內思考了半晌，而後猛然驚覺到黃金比白銀重，所以等重量的黃金在水中的排水量應該比白銀少；等重量的黃金和白銀所製成的合金，其排水量的大小應介於兩者之間。他遂從缸內一躍而起，光著身子，跑到大街上，邊跑邊喊：「我終於發現了！」「我終於發現了！」……

托勒密 Ptolemy

著名的物理學家



種顯示光的折射現象之實驗

托勒密，他的羅馬名字稱為 Claudius Ptolemaeus，是古代最偉大和聲名留傳最久的科學家之一。他對於天文學和地理學之貢獻，歷經數百年而不衰，且其持久的名氣並非只限於這些學科而已。托勒密是第一位發現光是依照某些規則性發生折射的人；由於如此，他必須常常示範左圖所顯示的實驗。

將一枚硬幣放置在一個碗底處，並使你的眼睛停在視線剛好被碗的邊緣所遮住，而看不到該枚硬幣的地方。現在再將水輕輕地倒入碗中，該硬幣又再度出現在你的眼簾上，這是因為光線照射在水面時會發生如上圖所示的偏折現象之故，有關這種實驗更進一步的說明請參閱本書第69頁起之光學與光學儀器。

在數學方面，托勒密曾計算出圓周率 π 值， π 是一圓的圓周長對其直徑的比值。托勒密所算出的 π 值為3.146，比任何其他人所算出的數值更為精確；這個數值非常接近近代所用的 π 值：3.14159……。

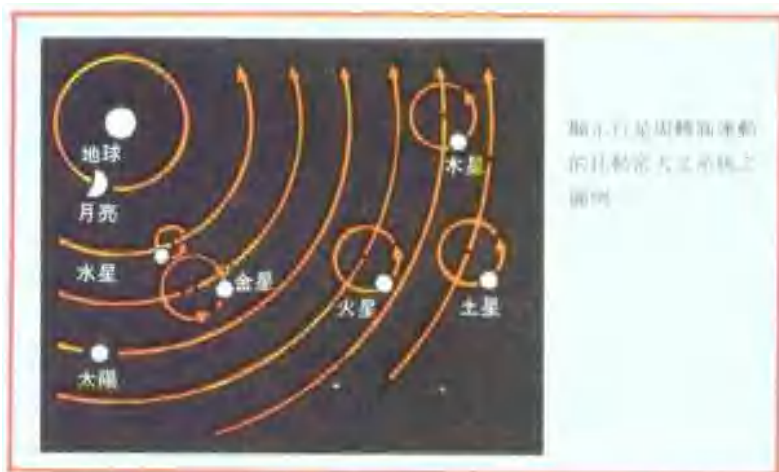
●托勒密的一生

大城市亞歷山大城 (Alexandria) 是西元前第四世紀由亞歷山大大帝 (Alexander the Great) 建造而成的，並且數世紀以來，亞歷山大城一直是希臘 (Hellenistic, 即現今之 Greek) 的文化中心。後雖約於西元前八十年時，列為羅馬的管轄區域，但亞歷山大城也一直是一個學習的中心。約在西元一百二十七年和西元一百四十五年之間，出生在希臘的科學家——托勒密，居留於此，並從事研究工作。很少人曉得托勒密的生平。有些人認為他是於西元90年出生在希臘的托勒麥·荷米夷 (Ptolemais Henmii)，而於西元168年去世。他最大的興趣是研究天文學、數學和地理學，但他對於光學的研究和音樂也有很卓越的貢獻。

●天文學家

我們認得托勒密的名字，主要是因為有一種天文系統 (Ptolemaic system) 是冠以他的名字。在托勒密宇宙 (天動說) 中，地球是位於中心點上而太陽、行星和繁星則是環繞地球運行。這種宇宙的觀念並非是他創始的，但托勒密將先前的這種觀念再加以改善，使它的論述範圍更形擴大，而可應用於當時所能觀察到的天體運動。但是人們經長期的觀察，發現除了太陽、月亮以外，其他各星的運行頗不規則，且發現當時所知的行星（如太陽、月亮、水、金、火、木和土星）較恒星為亮，且其亮度隨時日而改變，此

顯示出它們和地球的距離，時遠時近。為了解釋這種現象，托勒密認為各種的行星不是只沿着簡易的圓形軌道繞地球運行，而是如下圖所示，除了上述的簡易軌道外，還在這些軌道上做小圓形運動，這種運動稱為周轉圓



顯示行星周轉圓運動的托勒密大宇宙系統之圖例

運動 (Epicyclic motion)。

這種理論是完全的錯誤，但在十六世紀以前却適用於所觀察到的一些事實並且深入人心而牢不可破。除了這項著名的宇宙理論以外，托勒密也製作了一種列有1022個星球在天空中的位置之編目表。他的一本談論天文學的名著「天論」(The Almagest)，這是一位阿拉伯天文學家，在九世紀時所譯取的名字。

●地理學

托勒密所認知的世界地圖



托勒密的地圖顯示出當時羅馬人所認知的世界，它是由托勒密依羅馬的旅行家和商人所提供的消息和資料編成的。地中海區域的地圖非常正確，大部份的北非和歐洲地區也畫得不錯，其他更遠的地區則錯誤百出：他以為印度有一部份是由島嶼組成，以及印度洋是被南方和西方的大片土地圍住。這些是因為托勒密使用一種將地球圓周縮小30%的測量工具所引起的誤差之故。這種在十五世紀時一直使用的地圖，鼓勵哥倫布 (Columbus) 深信從歐洲經由西方海洋是唯一前往中國的最近航線。托勒密的地圖中，沒有容納美洲的空間。托勒密的著作「地理學指南」(Guide to Geography) 是完整的古代地理學書籍中唯一僅存的一本。

這本使用了數世紀之久的標準地理學教科書，是在西元1492年首次發行。雖然這本書提供許多有關地理位置的資料，但缺乏近代地理知識所需有關人民、氣候、動物以及其他事項的記載。

伽利略 Galilei

(一)生平

西元1589年，比薩(Pisa)大學最優秀的教師中，有一位年約二十五歲的年輕人，他就是伽利略(Galileo Galilei，西元1564~1642年)。數年前，他還是這所大學的學生。由於天資聰穎，他締造了傑出的研究生涯。

●第一項研究

伽利略的發現和科學上的發明，的確是很傑出的。他在未滿二十歲時，即因測量比薩教堂大吊燈的擺動，而發現單擺的等時性(isochronism；源自希臘語 isos-相等、chronos-時間)。

三年之後，即西元1586年，這位年輕科學家發明了水壓天平，因係將物體浸入水中稱重量而得名。他在比薩大學授課時，因為教法新穎，深受學生歡迎，故座無虛席。他為了讓學生能親自體會他所教授的物理定律之真實性，甚至毫不猶豫地走出課堂，做一些有實效的試驗。例如，為了尋求物體運動時的定律，伽利略從傾斜的比薩塔反覆地進行試驗。

如此一來，仰慕他的學生愈來愈多，因而很不幸地引起幾乎所有其他教授的嫉妒和不滿，並且暗地合力排擠他。於是，伽利略意識到比薩大學已不再是安心教學之所在，而於西元1592年接受威尼斯共和國的邀請，前往帕度亞(Padua)大學教數學。

●偉大的發明

在帕度亞，伽利略深受大家敬重，並得以重新開始他的研究工作，很快地，歐洲各地的許多學生，紛紛跑到帕度亞聽他的課。

在這期間，伽利略完成了許多重要的發明和發現。其中最重要的發明乃是「放大儀器」亦即望遠鏡(Telescope；源自希臘語Tele-很遠、Scope-觀察)。依照某些歷史學家的說法，望遠鏡是一位和伽利略同時代的荷蘭光學家發明的。但是並不重要，因為伽利略親自將它加以改良，成為當時可說是最完美的儀器。



西元1609年8月25日，伽利略興奮地在威尼斯總督面前，展示他的望遠鏡，每個人都期望利用該儀器，而使遙遠的物體呈現在眼前。

●天文學上的發現

伽利略以其完美的望遠鏡探討天空，而有許多驚人的發現。在此之前，銀河被認為是黑暗天空中的一種明亮煙霧，但實際上卻是由無數個星球組成的；月球以前被認為是會自行發光的天體，相反地它卻是與我們居住的地球一樣不會發光。

另外，伽利略還利用他的傑出儀器，證實波蘭天文學家哥白尼的地動說（認為地球是繞太陽運行）；古天文學家托勒密的天動說，則認為太陽是繞地球運行。

伽利略出版的兩本鉅著——西元1610年的「星球的訊息」和西元1632年的「對話」，可說是其許多研究和重大發現的結晶。

●未被瞭解

雖然有試驗為根據，但由於伽利略的科學理論委實偉大聽聞，以致無法馬上被大家接受。當時，伽利略甚至還因其學說而被審判。西元1633年，認為哥白尼理論觸犯了神聖教義的宗教法庭，因伽利略支持哥白尼的理論，而將他列為異教徒，加以折磨，並且強迫他放棄或收回他的學說。

西元1638年，這位偉大的科學家隱居在距離弗羅倫斯城(Florence)不遠的阿色特立(Arcetri)。很不幸地，他的眼睛失明；最先看到天空秘密的這一雙眼睛，再也看不到任何東西了。雖然如此，他仍繼續其研究工作。這時，伽利略發表了他所有關於「運動」的研究成果。

西元1642年一月，他死的時候，只有少數人體認到他在天文學上的發現是非常重要的。然而，真理終究還是勝利的。慢慢地，伽利略正確的理論在世界各地普遍被接受。如今，他已是享譽全球的偉大科學家了。

(二)研究工作

西元1589年，一大群人聚集在比薩斜塔的塔底下；當中有老師，也有學生，他們正在圍觀一位新來的數學教授從事一項不尋常且有點危險性的示範表演。

這位表演者就是年僅二十五歲的伽利略。他攜帶著一個半公斤重和一個5公斤重的鐵球，爬到斜塔上。當到達一個適當高度時，即將二個鐵球同時從陽臺的欄杆處放下；只見這兩個鐵球快速地向地面掉落，並同時撞擊在地面上。大部分觀眾雖然親眼目睹此一示範表演，但是對於不同重量的物體從同一高度自由落下時，會同時到達地面的理論卻始終不表贊同。

事實上，大部分旁觀者皆認為這種試驗毫無意義，因為重量愈大的物體，其下落速度愈快的亞里斯多德理論(Aristotle's theory)早已根深蒂固地牢記在這些人的心目中。

而且，這項試驗還有另一項更糟糕的後果，此即伽利略又增加了許多頑強的新反對者。



文藝復興時期的「偉大科學家伽利略」(位於圖中央處正指著一紙者)，有一個建成類似斜的長條木梁斜置於上，示範重力對一個圓球的效應。

●伽利略的天文學

西元1609年，當伽利略廣為早在數年前荷蘭人強倫(Zacharias Jansen)已發明一種望遠鏡時，即立刻著手製造類似的裝置，而在極短的時間內，完成數種有用的望遠鏡。之後，常在夜間利用這些望遠鏡觀察天空。

伽利略觀察的第一個天體是月球。他發現到一個與眾不同的事實，即月球表面並非平滑的，而是覆蓋深凹和山脈的粗糙表面。他又將目標轉向木星(Jupiter)，並發現該行星具有三個衛星；後來又發現另外兩個衛星。當時，伽利略非常讚美多斯加尼(Tuscan)朝廷，因此將木星的四個衛星命名為麥迪安星(Medicean Stars)，以及對執政的麥迪安家族的敬意。

伽利略旋即使用他的望遠鏡觀察土星(Saturn)。令他非常驚訝的是其所觀察到的土星竟然空無一物，只隱約地看到三個並排的球體，中間的一個比旁邊兩個大了很多。後來利用較進步的望遠鏡發現伽利略所看到的小行星，事實上是由無數個小質點所組成的雲狀物。毫無疑問地，伽利略是第一看到「土星環」的人。

●伽利略和顯微鏡

就像望遠鏡一樣，顯微鏡也是首先發明於荷蘭。事實上，這兩種儀器的性質很相近。因此，其中的一種發明，很快地

會導致另一種的發明。

西元1622年，一具新顯微鏡被做為振機主教禮品送達羅馬。惟該禮物中並未附上使用說明書，所以必須借助伽利略

的幫忙。伽利略研究一會兒，不僅洞悉該顯微鏡的製造原理，並發現改善的方法。隨後，他製造了一系列的顯微鏡，其品質和性能都遠勝於進口的舶來品。

●伽利略的著作

伽利略著作的主要思想是要使科技文化普及大眾，尤其要傳播哥白尼的天文理論；哥白尼認為地球並非宇宙的中心，但其本身也並非全然不動，它只不過是一個隨著太陽運行的行星。下面將介紹一些伽利略的著作：
天學論(西元1586年) 書中對伽利略所發明的水壓天平儀有詳盡的介紹。

量尺(西元1590年) 這是一篇論文，主要敘述伽利略所作的種種重量下的實驗。

機械學(西元1634年) 這些資料寫於西元1593—1599年，很可能是伽利略私人教學所用的，他以當時的看法解說某些機械問題，尤其是關於物體動態與靜態的種種問題。

獲得與軍事測量儀器的應用(西元1616年) 在這篇論文中，對伽利略所發明的計算尺之應用及功能特別加以解釋。

星環的訊息(西元1610年) 在這本書中，他記載了一些關於發現月球粗糙的表面、火星的四個衛星，以及太空中許多月球並非是單一星環而是一羣

星環等事實，並敘述一些可以支持哥白尼理論的發現。

度、科學與二世羅倫(西元1612年) 在這本語錄中討論到阿基米德的水壓原理。

太陽黑點、試驗現象及歷史研究(西元1613年) 本書內有二十封信討論太陽黑點的問題，在此伽利略公開表示他相信哥白尼的天文理論。

給巴里亞尼的一封信(西元1614年) 在當時，伽利略對空氣有了新的發現，信中他提及如何決定空氣的力量。

知識集錦(西元1623年) 這是伽利略的一系列論文集。書中論及他在天文上的新發現，同時還批評教會年輕對世界產生所面的解釋。

對話——兩種宇宙、兩種制度間的討論(西元1632年) 這是伽利略最重要的一部作品。係以哥白尼、托勒密兩位科學家的對話，討論宇宙結構的兩種制度。

關於新機械學兩個新發現所牽涉的問題及數字實驗(西元1638年) 這也是伽利略的傑作。書中，利用科學方法巧妙地解說物理現象。

●單擺

西元1581年，伽利略在比薩的一座教堂內發現輕動盪後的大吊燈。一被放開後，就開始連續地來回擺盪，且其幅度愈擺愈小。他利用鐘擺運動

的次數測量吊燈擺盪的時間，觀察到每個所花費的時間完全相同，且大吊燈剛放手時的大幅度擺盪，其所費時間並不比停擺前的小幅度擺盪的時間長。因此，他下了一個結論，單擺每經過一次所需的時間和幅度的大小無關，而和繩長有關。

據查，伽利略發明了一種單擺裝置——脈搏跳動計，利用它可以測定病人的脈搏速率。

數年後，伽利略再度著心研究單擺的問題。他利用單擺在某一恆速度之下轉動一連串的齒輪，並且在他自己的設計圖案上，加上一些裝置，使之成為一種單擺時鐘。



依照伽利略的設計，改變成的一種時鐘；利用單擺來控制時鐘的擺動。

的次數測量吊燈擺盪的時間，觀察到每個所花費的時間完全相同，且大吊燈剛放手時的大幅度擺盪，其所費時間並不比停擺前的小幅度擺盪的時間長。因此，他下了一個結論，單擺每經過一次所需的時間和幅度的大小無關，而和繩長有關。

據查，伽利略發明了一種單擺裝置——脈搏跳動計，利用它可以測定病人的脈搏速率。

數年後，伽利略再度著心研究單擺的問題。他利用單擺在某一恆速度之下轉動一連串的齒輪，並且在他自己的設計圖案上，加上一些裝置，使之成為一種單擺時鐘。

不同長度的單擺，每分鐘擺動次數也不同：

單擺長度	擺動次數
30公分	42.3次
60公分	38.6次
75公分	35.8次
90公分	33.4次
105公分	31.5次
180公分	23.8次

●進一步的重力試驗

之後，伽利略又將銅球放在一種擺成傾斜狀的木質平板槽上，使之向下滾動，並測定它們滾動的時間，以進一步研究他的重力試驗(如上面所示)。

這種試驗裝置，能隨意加長滑槽的長度，而可使測量物體到達地面所需時間，更為精確。

伽利略雖然提供了這些試驗以事實說明重力的奧妙，但他的理論還是讓人接受。



▲伽利略所繪畫的月球表面圖。

▲「對話」第一版之封面。

▲伽利略在佛羅倫斯城博物館中的二個伽利略時鐘圖樣及另一種望遠鏡中的構造圖。