

科學圖書大庫

基本近代物理學

譯者 王大庚
鄧力夫 校閱 黃振麟
曹培熙

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

基本近代物理學

王大庚
譯者 鄧力夫 校閱 黃振麟
曹培熙

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧銓 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十六年十二月十日六版

基本近代物理學

基本定價 5.00

譯者 王大庚 國立台灣大學物理研究所理學碩士
鄧力夫 國立台灣大學物理研究所理學碩士
曹培熙 國立台灣大學物理研究所理學碩士
校閱 黃振麟 國立台灣大學物理學系主任

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(63)局版臺業字第0116號

出版者 財團法人臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686號
發行者 財團法人臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 15795號
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話9719739

我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啟發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啟導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧鐸氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

604-8/209

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良發行系統，善任傳播科學種子之媒介。尚祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

序 言

近代物理學群書之中，這是國內外各學校最廣為採用的一本。它的特點是使學者能儘早接受量子力學的訓練，用清晰完整的說明，和詳備嚴謹的內容，介紹近代物理學的種種優美動人處，使大學程度的讀者建立較深而廣的理論基礎，以之銜接較高深的物理學課程。此書雖以理論為主，但仍處處注意實驗事實與方法的介紹，使讀者不致忽略實際現象才是物理學的主體。

譯者鄧君為台灣大學物理系講師，王曹二君則就讀台灣大學物理系博士班。三位均在台大接受大學及碩士教育，有豐富的專門學識，對本書亦極具心得（因本書數年來為台大物理系所採用的課本），更對國內科學教育之推動具有高度熱誠，均有其他譯作由徐氏基金會出版，今合作逐譯此書，尤為恰當。

黃振麟 謹識

原 序

本書係以本人在明尼蘇達大學講授近代物理的講義做藍本，並加以擴編而成。當時對象屬於大學部高年班的全年課程，而素材之抉擇，則反映着本人對此一課程若干確定的觀念。

本人深以爲近代物理最新課程之目的有二：除授以本門許多標準課題外，亦須在學生教育早期，充分利用此唯一機會，爲他們引介量子力學理論以及其歷史發展與應用等等。引介內容儘須爲基本上的素材，但不能疏略，蓋因初觸量子力學的人常會發生難題，疏略徒使難題擴大，而於實際無益。本書計劃，在爲原子及原子核奠定理論的基礎，使學生讀完本書之後，有能力接受真正成熟的討論。故其編寫雖費時，亦是非常值得。因爲在此一年課程中，以一半時間用於理論的推演；或以全部時間用來討論，而其水準都僅限於經驗事實的敘述；兩者相較，學生自前者學到的當然要多得很多。

本書包含的量子力學內容，有些爲通常課本所沒有，因之課程的某些方面，則需加以省略。由於目下大學課程中多有固態物理，本人省略的材料，大多會在固態物理中詳細論及。

雖然本書目錄有些項目通常只在研究所嚴格水準之讀本內方能找到，這並不表示讀者必須具有研究生水準的預備知識。本人已試將每一課題之講述，差不多均爲從頭開始，所採用的初等論證，只要對普通物理，以及中級微積分受過良好訓練的學生都能體會。幾乎全書內容均曾經三番二次地試用於差異極大的物理、化學、數學、以及工程等各組學生，程度自大學三年級至研究所不等，而其表現則證明這些各門各類的學生，都頗能接受書中的素材。

不過，是書寫成之後，其內容比 90 個講演小時所能講完的素材約多出百分之二十，加之編排是逐漸由淺入深，故教授者可作取捨以適應各種不同程度的需要。對於以前未曾接觸過近代物理的大學生，可以講完第 8 章，並留定課外閱讀其餘各章的某些題材；對於已經學過初等近代物理的研究生，開始可以迅速地複習過前面五章，詳細內容則留作課外閱讀，然後以大部時間講完其餘各章；而對於一學期的初級量子力學課程，本書材料亦已足夠

愛斯伯

目 錄

緒 言

- 1 何謂近代物理, 1
- 2 史事梗要, 1

第一章 相對論

- 1 伽利略轉換式與古典力學, 3
- 2 伽利略轉換式與電磁論, 6
- 3 邁克遜、摩黎實驗, 8
- 4 愛因斯坦假設, 13
- 5 同時性, 14
- 6 相對論的運動效應, 16
- 7 羅倫茲轉換式, 20
- 8 速度之轉換, 23
- 9 相對論力學, 26
- 10 動量與能量之轉換式, 31
- 11 相對論之實驗證明, 32
- 參考書目及習題, 34

第二章 熱輻射與量子論之起源

- 1 緒論, 37
- 2 加速電荷之電磁輻射, 37
- 3 物體表面之發射與吸收, 41
- 4 黑體輻射, 42
- 5 維恩定律, 44
- 6 瑞利、靜斯理論, 45
- 7 波爾茲曼之機率分佈函數, 50
- 8 與實驗的比較, 54
- 9 普朗克理論, 56
- 10 普朗克假設之詮釋, 59
- 參考書目及習題, 60

第三章 電子與量子

- 1 陰極射線, 63
- 2 電子的 e/m 比值, 64
- 3 電子的電荷與質量, 65
- 4 布克拉實驗, 67
- 5 光電效應, 67
- 6 光電效應之古典理論, 69
- 7 光電效應之量子理論, 70
- 8 康普頓效應, 72
- 9 電磁輻射之雙重性質, 75
- 參考書目及習題, 76

第四章 原子核之發現

- | | |
|------------------|----------------------|
| 1 湯姆遜之原子模型, 77 | 2 阿爾發質點, 78 |
| 3 阿爾發質點散射, 80 | 4 湯姆遜模型的預示結果, 81 |
| 5 與實驗比較, 86 | 6 盧瑟福原子模型, 87 |
| 7 盧瑟福模型預示的結果, 87 | 8 實驗證明以及 Z 之測定, 93 |
| 9 原子核之大小, 93 | 10 一個問題, 94 |
- 參考書目及習題, 95

第五章 波爾之原子構造理論

- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1 原子光譜, 97 | 2 波爾的假設, 100 |
| 3 單電子原子之波爾理論, 101 | 4 原子核質量為有限的修正, 107 |
| 5 原子能態, 109 | 6 威耳遜、索末菲之量子化規則, 112 |
| 7 索末菲之相對論, 115 | 8 對應原理, 118 |
| 9 舊量子論之批判, 119 | 參考書目及習題, 120 |

第六章 粒子及波

- | | |
|----------------------------------|-------------------|
| 1 <i>de Broglie</i> 假說, 123 | 2 導航波的一些性質, 125 |
| 3 <i>de Broglie</i> 假說之實驗證明, 129 | 4 波爾量子化規則的說明, 133 |
| 5 測不準原理, 135 | 6 測不準原理的一些結果, 141 |
- 參考書目及習題, 144

第七章 薛定諤的量子力學理論

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1 引言, 145 | 2 薛定諤方程式, 145 |
| 3 波動函數的解釋, 151 | 4 不含時薛定諤方程式, 157 |
| 5 薛定諤理論中的能量量子化, 159 | 6 波動函數及本徵函數之數學性質, 165 |
| 7 緊張弦上橫波之古典理論, 173 | 8 期待值及微分算符, 182 |
| 9 量子力學之古典極限, 188 | 參考書目及習題, 192 |

第八章 薛定諤方程式之解

- | | |
|-------------|--------------|
| 1 自由粒子, 195 | 2 階躍位勢, 203 |
| 3 壘位勢, 213 | 4 方阱位勢, 220 |
| 5 無限方阱, 231 | 6 簡諧振盪器, 235 |

書目及習題, 245

第九章 微擾論

- | | |
|--------------|---------------|
| 1 緒論, 247 | 2 不含時微擾, 247 |
| 3 一個例子, 252 | 4 簡併性之處理, 256 |
| 5 含時微擾論, 263 | 參考書目及習題, 269 |

第十章 單電子的各種原子

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 1 多度空間和多個粒子之量子力學, 271 | 2 單電子的原子, 272 |
| 3 相對運動方程式的分離和解答, 276 | 4 量子數, 本徵值及, 和簡併度, 280 |
| 5 本徵函數及機率密度, 282 | 6 角動量算符, 290 |
| 7 本徵值方程式, 295 | 8 單電子原子本徵函數之角動量, 300 |
| 參考書目及習題, 302 | |

第十一章 磁矩 自旋和相對論性的效應

- | | |
|----------------------|--------------------|
| 1 軌道磁矩, 305 | 2 外磁場之效應, 307 |
| 3 史頓—加立克實驗和電子自旋, 311 | 4 自旋與軌道的相互作用, 315 |
| 5 總角動量, 323 | 6 單電子原子的相對論修正, 329 |
| 參考書目及習題, 334 | |

第十二章 相同的粒子

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1 量子力學對相同粒子的敘述, 337 | 2 對稱及反對稱本徵函數, 340 |
| 3 不相容原理, 342 | 4 反對稱本徵函數的其他性質, 345 |
| 5 氦原子, 350 | 6 費米氣體, 357 |
| 參考書目及習題, 365 | |

第十三章 多電子原子

- | | |
|-----------------------|------------------|
| 1 前言, 367 | 2 托瑪斯—費密理論, 368 |
| 3 哈翠理論, 371 | 4 週期表, 380 |
| 5 原子的受激態, 387 | 6 鹼原子, 389 |
| 7 具有數個光學活動性電子之原子, 396 | 8 LS 耦合, 398 |
| 9 JJ 耦合, 410 | 10 塞曼效應, 411 |
| 11 超精細結構, 417 | 12 躍遷率及選擇規則, 420 |

13 生命期及線寬度, 435

參考書目及習題, 440

第十四章 X射線

1 X射線的發現, 443

2 X射線譜的測量, 444

3 X射線線譜, 450

4 X射線連續光譜, 455

5 X射線的散射, 458

6 光電效應及偶生, 470

7 總橫截面及衰減係數, 473

8 正電子及其他反粒子, 476

參考書目及習題, 481

第十五章 碰撞理論

1 引言, 483

2 實驗室坐標與質心坐標的變換, 483

3 波恩近似法, 489

4 波恩近似法的一些應用, 496

5 分波解析法, 499

6 分波解析法的一些應用, 512

7 吸收, 521

參考書目及習題, 524

第十六章 原子核

1 引言, 527

2 原子核的組成, 529

3 原子核的大小與光學模型, 533

4 原子核的質量與存在量, 546

5 液滴模型及半經驗質量公式, 556

6 魔數, 558

7 費密氣體模型, 561

8 殼層模型, 566

9 集體模型, 570

10 α 衰變以及核分裂, 574

11 貝他衰變, 584

12 伽瑪衰變和內轉變, 603

13 受激態的性質, 616

14 原子核反應, 622

15 原子核力, 633

16 介子, 652

參考書目及習題, 661

中英名詞對照表, 665

緒 言

1. 何謂近代物理

近代物理英文原名是“modern physics”，韋氏大字典給“modern”一字所下的原始定義為“屬於現在或過去未久的事”。不過當物理學家說及 modern physics 時，他對此字的用法却有些不同。modern physics 用來特指某幾部門的物理。這些部門都具有兩個共通點：第一，粗略的說，都自 1900 年以後才發展起來的；第二，為解釋此各門現象所用的理論，與 1900 年以前已有的理論間，有驚人之歧異。

對照於近代物理一詞的是古典物理。古典物理各部門研究的主题是：牛頓力學理論及由該理論所能解釋的各種現象，馬克斯威爾電磁現象的理論及其應用，熱力學與氣體動力論。近代物理研究的主题是：相對論及其相關現象，量子理論與量子現象，並且特別着重相對論與量子論在原子與核子方面的應用。

古典物理英文原名是“classical physics”，許多物理學家今日仍在研究各門 classical physics。另一方面，誕生於 1905 年的相對論；按韋氏定義自然已無 modern 的意味了。故在英文原名中 modern 與 classical 兩字用於物理學方面，與其普通意義不太一樣。

本書討論近代物理，然對於十九世紀末以前的古典物理，先極簡略地述其梗概，以作為討論的出發點。

2. 史事梗要

先是布拉對天象的觀察，刻卜勒加以推斷，然後伽利略的力學實驗（這些全屬 1600 年前後幾十年間事），到牛頓（1687）集其大成，將前人的結果銓合成一套優美而簡單的力學理論。十九世紀末牛頓力學發展到最高峯，它對當時所知一切力學現象，都提供了成功的解釋，並成為氣體動力論的理論基礎，消去熱力學在理論上的許多神秘性。

2 基本近代物理學

十九世紀期間發現許多有關電場磁場，及其相互間作用的形形色色的現象，馬克斯威（1864）漂亮的理論公式把這一切綜合起來，成為物理學上一門主要的骨幹。此理論解釋了光的波動本質，而光是波動傳播的假設，在當時已經證明對於幾何光學與物理光學兩者都能符合。

實際上，當時做出來的一切實驗數據都可用牛頓力學理論或馬克斯威電磁理論來解釋了。物理學家已開始感到相當自滿，而他們中有一大部分的意見都表示以後接手人的工作只不過是“做下一個小數點的量度”而已。

轉入本世紀後，一連串頗富革命性的實驗與理論發展，粉碎了這沉靜的局面。例如相對論完全揚棄了以前對空間時間根深蒂固的想法，又如量子論同樣要完全拋棄以為自然界有連續性的觀念。

本書討論近代物理將從相對論開始，只因這樣安排更能適合討論，並非由於年代的先後關係，事實上相對論與早期量子論的發展過程是互為先後的。相對論之後，跟着討論早期量子論，都只作簡明敘述，但以此作台階而步入量子力學，對量子力學將作詳盡的論述，並應用其原理來徹底研究原子與核子。

第一章 相對論

1. 伽利略轉換式與古典力學

在古典物理，以一組坐標軸定出任意力學系統中各部分在某時刻 t_0 時的坐標與動量，那系統在該時刻的狀態便得由這些坐標與動量來表示之。假設作用於系統各部分的力為已知，那麼根據牛頓定律來演算，系統在往後任意時刻 t 時的狀態，都可用 t_0 時的狀態表示出來。有時在演算當中或算得初步結果之後，常需換用一組與原坐標軸作相對運動的新軸來表示系統的狀態，這便產生了兩個問題：即怎樣把舊坐標軸上所描述的概念轉換到新軸上，以及做這樣轉換時，那表明系統行狀的方程式將有些甚麼變化？用馬克斯威方程式處理電磁學系統時亦常產生同樣的問題，這類問題，便牽涉到相對論本身，而需用相對論才能得到解決。

先看古典力學對此問題的答案。考慮最簡單而有可能性的力學系統——受到一力 $\mathbf{F}^*$ 作用，質量為 m 之單一質點。以直坐標描述此系統，得圖(1-1)所示的情形。

(x, y, z, t) 四個數字代表一組變數，表示質點在時刻 t 時的坐標為 x, y, z 。設 $\mathbf{F}$ 為已知，則由牛頓定律，

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 x}{dt^2} &= F_x \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} &= F_y \\ m \frac{d^2 z}{dt^2} &= F_z \end{aligned} \quad (1-1)$$

其中 F_x, F_y, F_z 為向量 $\mathbf{F}$ 在 x, y, z 方向的分量，所成的一組微分方程式決

*本書用粗體字母代表向量，同一字母的通常印刷體則代表該向量的大小。

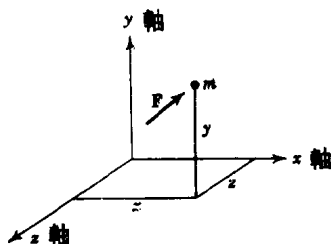


圖 1-1 直角坐標系

定了系統的整個運動。但須注意上式只有當 x, y, z 為一慣性系，即坐標上一物體在沒有受力作用時靜者常靜的情形下方能成立。此微分方程 (1-1) 每式的普遍解可有二個任意常數，若質點在初時刻 t_0 時的三個坐標位置及動量之三個分量為已知，則所有常數都可據而算出，解得之方程式便能完全決定質點在任意時刻 t 時的位置和動量。

今考慮一問題，從另一新軸觀點來描述此系統，新軸 x', y', z' 對舊軸以一定速度 u 向右運動，兩軸間沒有相對轉動，如圖 (1-2) 所示。此兩參考坐標軸稱為彼此間作相對的等速平移運動。現在有了各為四個數字的兩組變數 (x, y, z, t) 和 (x', y', z', t') ，兩者同樣都各能用來表示質點在 t 和 t' 時刻的位置，時間 t 和 t' 的算法以兩軸重合時定 $t = t' = 0$ 算起。那麼 (x, y, z, t) 和 (x', y', z', t') 兩組變數間有些甚麼關係呢？牛頓，幾乎 1900 年前所有的物理學家，或許大部分的讀者，當然都會毫不猶疑地認定：

$$\begin{aligned} x' &= x - ut' \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= t \end{aligned} \tag{1-2}$$

這些式子便是有名的伽利略轉換式。此式即為古典物理對前述兩坐標軸間互作相對等速平移運動時，所產生問題之第一部分的答案。

要解答問題之第二部分，試計算數量 d^2x'/dt'^2 ，對 t 微分方程式 (1-2) 中之第一式，得

$$\begin{aligned} \frac{dx'}{dt} &= \frac{dx}{dt} - u \\ \frac{d^2x'}{dt'^2} &= \frac{d^2x}{dt^2} \end{aligned}$$

而

因 $t' = t$

$$\frac{d^2 x'}{dt'^2} = \frac{d^2 x}{dt^2}$$

顯然亦有

$$\frac{d^2 y'}{dt'^2} = \frac{d^2 y}{dt^2} \quad \text{及} \quad \frac{d^2 z'}{dt'^2} = \frac{d^2 z}{dt^2}$$

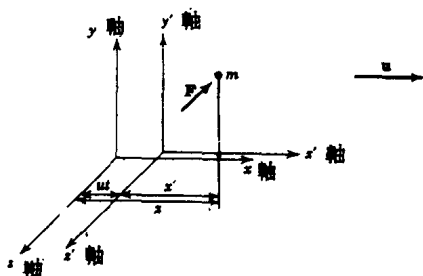


圖 1-2 兩參考坐標軸互作等速平移運動，假設 x 與 x' 軸在同一直線上。

從任一參考坐標軸觀察， $\mathbf{F}$ 在 x 或 x' 軸上的分量應相等——在另外兩軸上的分量也一樣，故 $F_{x'} = F_x$, $F_{y'} = F_y$, $F_{z'} = F_z$ ，用有 (') 的量代入方程式 (1-1) 中無 (') 的各量，便得 (') 系統中的運動方程式：

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 x'}{dt'^2} &= F_{x'} \\ m \frac{d^2 y'}{dt'^2} &= F_{y'} \\ m \frac{d^2 z'}{dt'^2} &= F_{z'} \end{aligned} \quad (1-3)$$

注意方程式 (1-3) 與 (1-1) 的數式結構完全一樣。因此得問題第二部分的答案饒有趣味，即牛頓定律規範着力學系統的行態，對一系統作伽利略變換時，牛頓定律並不會受到影響而有所改變。上舉例證的情形，乃假設兩參考坐標軸，其相對速度是沿着 x 或 x' 軸方向時所得到的結果。茲當作一個習題，留給讀者試證此結果對任何方向的相對速度向量 $\mathbf{u}$ 都仍然正確。若 $\mathbf{F} = \mathbf{0}$ 時，得 $d^2 x/dt^2 = d^2 y/dt^2 = d^2 z/dt^2 = 0$ ，故知 x, y, z 坐標軸為慣性系。從

(1-3)式，若 $F = 0$ 時，得 $d^2x'/dt^2 = d^2y'/dt^2 = d^2z'/dt^2 = 0$ ，故知 x' ， y' ， z' 亦為慣性系。

以上導得的結果，其物理含義頗易瞭解，事實上，它代表着早為讀者當然熟知的一些事象。牛頓定律在兩任意慣性系中既毫無差別，力學系統的行態又遵從牛頓定律規範，因之在一切慣性系中，即使其互作相對的等速平移運動，所有力學系統的行態必也是完全一樣的。試考慮將實驗室設在火車廂內的情形，車廂對地（假設地為慣性系）最初靜止時作一系列的力學實驗，例如量度振動擺的週期或用成串彈子球作力學的碰撞研究等。如果當車在極長直極平滑的路軌上等速行進時再做完全同樣的實驗，由於方程式 (1-1) 與 (1-3) 在形式上既完全一樣，則所得到的實驗結果便需與車對地靜止時所得到的結果完全無異。此推論確然與吾人日常經驗相符。

可見牛頓力學預示的結果，就力學現象來說，一切互作等速平移運動的慣性坐標系都是平等的。由此得一推論：不同的慣性坐標系間，用任何力學現象都不可能把它們區分得出來。所以要用力學實驗來鑑定某軸在絕對靜止狀態而某軸對它作相對運動乃是不可能的。若車廂在地面上行駛得極為平穩，將門窗關密，吾人將無法覺察得出車廂之在運動。

2. 伽利略轉換式與電磁論

其次探究作伽利略轉換時，電磁現象行態的改變情形。正如用一組規範力學現象的微分方程式（稱牛頓定律）來討論力學現象一樣，古典物理用一組規範其行態的微分方程式（馬克斯威方程式）來討論電磁現象。由於馬克斯威方程式的本質，作轉換時計算過程相當複雜，在此將不作實際的轉換。但若試作伽利略轉換，將發現馬克斯威方程式會改變其數學形式——與牛頓方程式行態成尖銳的對照。在相對論發展上這是非常重要的這一點，而對其物理意義必須加以討論。

如緒言中指出，馬克斯威方程式預示着電磁擾動的存在，這種擾動在空間以波動的方式傳播，傳播速率與波動的頻率無關（至少在折射率為一定的介質，例如在真空中是如此）。雖然這些擾動有許多不同的名稱（頻率 $\sim 10^8/\text{sec}$ 時叫無線電波，頻率 $\sim 10^{13}/\text{sec}$ 時叫光波，頻率 $\sim 10^{18}$ 時叫 X 射線），它們根本上都屬於相同的現象。十九世紀的物理學者充滿着滿腦子的力學思想，他們覺得馬克斯威方程式所預測的波動傳播必須要有傳播介質存在。正如水波在水中傳播一樣，同理，電磁波亦必須在介質中傳播。並給這種介質定名以太。爲了要與某些已知事實相符，且硬規定以太一些奇異性質。