

科學圖書大庫

物理學問題

譯者 黃台律

徐氏基金會出版

科學圖

物理學問題

譯者 黃台律

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會
監修人 徐銘信 發行人 王洪鏞

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國六十八年八月二十四日初版

物理學問題

譯者 黃台律 國立成功大學物理研究所理學碩士

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。

(67)局版臺業字第1810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
7815250號

發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 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

譯 序

近年來我國大力推動科技的發展，其中發展最快的是電氣和電子工業，所以工專及職業學校的設立，有如雨後春筍，對於這類的技術人員，社會是最感迫切需要的。

然而，這類科技的基礎，在於電學，磁學及光學的應用，有關這類書籍，市面上幾成飽和狀態了，但大都為學理上的探討，鮮有對問題做詳細的解說，所以讀者看完該書，仍無法將書中的精髓完全吸收。

本書彌補了這類的缺點，它詳“細”地分析了每道題目，由淺至深，由簡至繁，很有條理地敘述每一步驟的由來，並將其推廣，對於讀者有很大的啓發作用。

本書在翻譯期間，承蒙吾妻李惠的鼓勵，才能一氣呵成完全譯稿。謹表敬意。

譯者 黃 台 律

中華民國六十八年五月卅日

給讀者的話

常有學物理的學生抱怨，他們懂得物理但却不會解答問題。雖然教授可能認為這是不可思議的事，但這個困擾確實使學生們進退兩難。這本書的目的就是跨越此鴻溝的橋樑。

本書的物理學問題包括電學、磁學、及光學，讓你像在參與小組討論一般地從事物理問題的討論，由實際上解題，會談和專欄的方式均會幫助讀者找出你的長處及弱點，一個成功的釋疑者須一次或再次地學着做三件事：

(1)以認真的態度嘗試去解題，從失敗或成功中獲得學習的利益。

(2)從老師、同學間或是書本上得到回饋，這能幫助你承認錯誤並剔除之。

(3)自我指正，要求解答合理，那樣問題就能與一般觀念的骨架一致。本書的目的在使讀者對前兩項多練習，並試着做第三項。

問答題的格式使讀者得到回饋，並省略所不需要的部份。由於本書假定諸位曾經修過物理課程，所以在理論方面沒有一般教科書那麼多。在每章學習計劃部份中均複習必要的物理概念，加強特殊標題的主要部份，符號的含意、圖形分析、數學技巧，和用來表明這些概念的圖表。

如何使用本書

要有效的運用本書，首先要熟悉其具有彈性的安排方式，每章分成四部份：

- 實例問題和目的
- 學習計劃部份
- 實例問題的解答
- 自我測驗

實例問題和目的預告每章的內容，先試着做範例，然後將解答和下頁的答案比較。假如所有的題目均可解出，而主題又是相同的話，便可很快掠過這章。請確實地研讀主題，因即使是看起來很簡單的問題，討論時往往涵蓋了解題技巧，這可幫助您解決較困難的問題。

假如問題或主題所包含的，是讀者熟悉的材料，或是你的理解力不夠，請翻到下一個部份——學習計劃部份。這部份複習本章的概念及解題基本技巧，問題的各支題用來討論該問題的細節，每一支題供給資料、提出問題或讓讀解決一道難題。將你的答案與標準解答核對一下，以確定是否了解每一部份的討論。如果答案與標準答案不同，則在做下一道支題前一定要徹底了解錯誤的所在。除答案外本書並有「說明部分」，萬一讀者答案不正確時，必須詳細地思考這些說明。

即使你能正確地解對範例，但若能將讀者的解題技巧與本書學習計劃部份作比較，將有更大的助益。複合的技巧較單一、個別的技巧來得有用。這部份較僅祇是對範例作答更需要潛心學習。

第三部份是一步一步的解出每個實例問題。這部份也是安排好的，使讀者能確實的自己解題，在每一步驟中審核你的進度。若是解題依然有困難，那你最好再次參考學習計劃部份。

最後，自我測驗的部份，將測驗您解題的能力，看看你是否能處理問題，並核對底下所列的答案。

假好讀者想複習特殊形式的問題，或是物理難題的某部門，均可在索引內尋找得到，翻到適當的章節並做些範例。找到所要的問題時，可翻到範例的解答。

讀者可以在每個支題所提供的空間上寫出答案，但是這空白處並非留下來容納所有的計算和冗長的解答，所以最好自備草稿紙。假如你能確實地自己解答每一支題，才是發揮了本書對讀者莫大的幫助。請先把印好的答案遮蓋起來，然後再和你的答案比較一下。

目 錄

譯序	I
給讀者的話	II
如何使用本書	III
第一章 庫倫定律	1
第二章 電場與高斯定律	17
第三章 電位	45
第四章 磁場	65
第五章 法拉第電感定律	90
第六章 電流	110
第七章 電能、熱、和功率	132
第八章 反射與折射	145
索引	179

第一章 庫倫定律

假如下面所列的實例問題和目的，證明了你的觀念模糊不清，那麼請直接參閱次下頁的學習計劃部份。如果不是如此，可嘗試這些問題並將所得解答與下面的標準答案相比較。萬一所有問題你能很容易地解出並熟悉其目的，可輕易地跳過本章所有或部份的課程，因為學習計劃部份涵蓋了解實例問題和利用目的之技巧及基本概念。從第5頁開始，每個實例問題一步接一步的解法，均有計劃的列出，且於本章結尾包含有自我測驗的問題。

實例問題和目的

問題 1

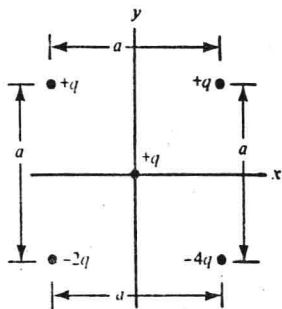
有四電荷，其位置之安排如圖所示。試求作用於原點電荷之靜電力為若干？

$$a = 1.0 \text{ 米 (m)}, q = 2.0 \times 10^{-6} \text{ 庫倫}$$

(coul)

目的：1. 復習靜電力的向量性質。

2. 復習直角三角形的特性。



問題 2

兩正電荷相距 0.1 m，彼此間的排斥力為 18 牛頓 (nt.)。假如總電荷量為 9.0×10^{-6} coul，試問每一電荷所含之電量各多少？

目的：1. 在以數字代換之前，利用代數方法解題。

2. 解二次方程式。

問題 3

繪氫原子時，能以一電子按固定之速率繞一質子做圓形軌道運動的圖形表示之。軌道的半徑為 $5.3 \times 10^{-11} \text{m}$ ，電子的此種運動可被認為是一電流。試問以庫侖 / 秒 (coul/sec) 為單位之電子流，其值為若干？

目的：1. 討論在一“實例”中，利用庫侖定律的典型數值。

2. 復習圓周運動的動力學。

3. 介紹電流的概念。

實例問題的解答

參閱第 5 頁，這些問題每一步驟的解答。

問題 1

$F_{\text{全部}} = 4.21 \times 10^3 \text{nt}$ ，方方向為 y 軸向右偏 14° 角。

問題 2

$$q_1 = 5 \times 10^{-6} \text{coul}$$

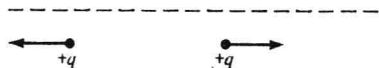
$$q_2 = 4 \times 10^{-6} \text{coul}$$

問題 3

$$I = 1.0 \times 10^{-8} \text{coul/sec}$$

學習計劃部份

1. 讓我們復習庫侖定律的一些基本元素，下圖所示為兩點電荷交互作用的三種不同情況。在每種狀況下，作用於每個電荷的庫侖力以一向量指示之。



(a)



(b)

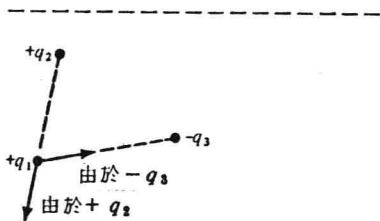
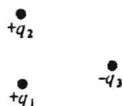


(c)

2. 在第一個畫面的例子中，相同的電荷互相“排斥”且不同的電荷互相“吸引”。兩電荷彼此交互作用時，作用在每一個電荷上的庫侖力，其_____是相同的。作用在每一個電荷上庫侖力的_____是沿着兩電荷的連線，而連線的方向決定於電荷的種類。

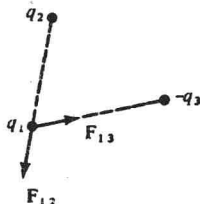
大小；方向

3. 諸電荷的形態如圖所示，試藉向量指示， q_2 和 $-q_3$ 作用於 q_1 的靜電力。僅討論作用於 q_1 之力，且所有的電荷有相同的大小。



物理學問題

4. 此處我們以 F_{12} 表示 q_2 作用於 q_1 的靜電力。同理，以 F_{13} 表示 q_3 作用於 q_1 之靜電力，靜電力 F_{12} 和 F_{13} 是作用於 q_1 的向量力。要詳加說明這些向量，必須知道每一個的大小和方向。
即使電荷的大小改變，在圖中力的方向也將如圖所示，而不改變嗎？



是的。因為力的方向是決定於成對電荷的符號（相同或不相同）和它們的形態（即；成對電荷的連線）。力的方向與電荷的大小無關。

5. 雖然我們沒有選擇一參考方向（即，坐標系統），但我們確實知道 q_1 與 q_2 以及 q_1 與 q_3 間靜電力的方向。在你自己的文字，由於第二個電荷的存在，作用在另一電荷的靜電力，其方向為何？

沿着兩電荷的連線，兩作用力為“排斥”或“吸引”全視兩電荷是相同或相異符號。

6. 現在來決定靜電力大小的數量。假設兩電荷間的距離為 r_{12} ，試寫出電荷 q_2 作用於電荷 q_1 之作用力的純量方程式。

$$F_{12} = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

這方程式即為熟知的庫倫定律，有關定律中的一些特性如下所示：

r_{12} 表 q_1 到 q_2 間的距離

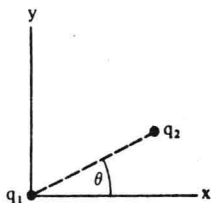
$\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ 為一常數，在MKS制單位其值是 9×10^9 牛頓-米²/庫侖²

7. 兩點電荷 $q_1 = 4.0 \times 10^{-6}$ coul 和 $q_2 = -8.0 \times 10^{-6}$ coul

相距為 4 m，如圖所示。

(a) 作用於 q_1 之靜電力，其方向為何？

(b) 作用於 q_1 之靜電力，其大小為何？並求出數值結果。

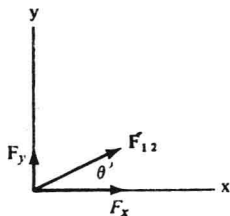


(a) 連接 q_1 和 q_2 ，且指向 q_2 的沿線。

$$(b) F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

$$F_{12} = 18.0 \times 10^{-3} \text{ nt}$$

8. 問題中的 θ 值為 30° ，試問 F_{12} 在 x 和 y 軸的分量為何？



$$F_x = F_{12} \cos \theta$$

$$F_x = 15.6 \times 10^{-3} \text{ nt}$$

$$F_y = F_{12} \sin \theta$$

$$F_y = 9.0 \times 10^{-3} \text{ nt}$$

9. 試完全地描述由於 q_1 的存在，作用於 q_2 的靜電力。

它與 F_{12} 的方向相反，而大小相等。

注意：如圖 3 所示，當一電荷受一些其它電荷影響時，總靜電力是所有單獨力的向量和。

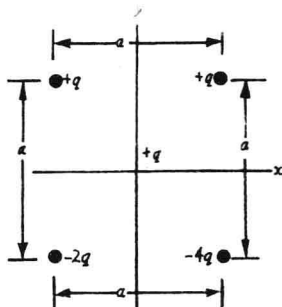
實例問題的解答

問題 1

有四電荷，其位置之安排如圖所示。試求作用於原點電荷之靜電力為若

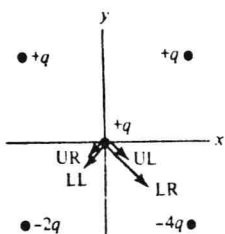
干？

$$a = 1.0 \text{ m}, q = 2.0 \times 10^{-6} \text{ coul}$$



1.1 解決這個問題，包括利用了重疊原理。重疊的意思是說我們計算作用於原點電荷的總力，可先求周圍四個電荷分別作用於原點電荷的力，然後將此四力依向量之方法求其總和即得。

在圖中畫些向量代表四個電荷分別作用於中心之電荷 $+q$ 的作用力，以 UL （由於左上方電荷）， UR （由於右上方電荷）， LL （由於左下方電荷），或 LR （由於右下方電荷）分別標示作用於中心電荷 $+q$ 的力。

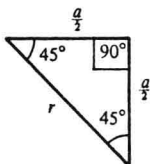
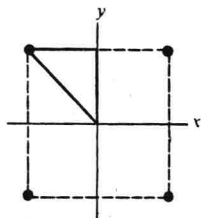


庫倫定律能用來計算（舉例） UL 力，而忽略其它三個電荷的存在。

1.2 現在你已知道四個各別力的方向了，那些力有相等的大小？（以 UL ， UR ， LL 或 LR 表之）

$$UL = UR$$

- 1.3 在計算大小之前，我們需要做一點幾何問題，從圖 1.1 可得一幅圖形（如右圖）。試求出這三角形所有的角度，並以長度 a 表三角形水平及垂直之兩邊。



- 1.4 根據畢氏定理，直角三角形的斜邊 r 為何？（你可利用三角法回答這問題，試一試！）

$$r = \sqrt{\frac{a^2}{4} + \frac{a^2}{4}} \quad \text{或} \quad \frac{a}{2} = r \sin 45^\circ$$

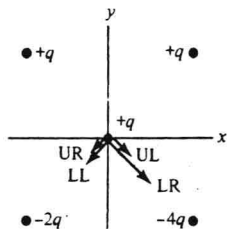
$$r = \frac{a}{\sqrt{2}} \quad \frac{a}{2} = (r) \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$r = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

- 1.5 因此在中心點的電荷與四電荷之距離均

為 $\frac{a}{\sqrt{2}}$ ，根據庫侖定律，得

- (a) $F_{UL} =$ _____
 (b) $F_{UL} =$ _____
 (c) $F_{UR} =$ _____
 (d) $F_{LR} =$ _____



已經決定了所有力的方向，現在僅需利用電荷的大小，且根據庫侖定律求出上式諸力。

$$(a) F_{UL} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{a^2/2^2}$$

$$(b) F_{LL} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2q^2}{a^2/2}$$

(c) 與(a)相同

$$(d) F_{LR} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{4q^2}{a^2/2}$$

1.6 利用上題的解答，試完成下面的加法。

$$(a) F_{UL} + F_{LR} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$(b) F_{UR} + F_{LL} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$(a) \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q^2}{a^2/2} + \frac{4q^2}{a^2/2} \right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{10q^2}{a^2}$$

$$(b) \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{6q^2}{a^2}$$

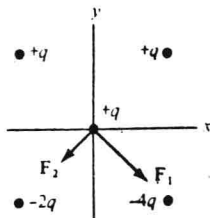
1.7 在上題中，為何力的大小相加是適當的？

因為 F_{UL} 和 F_{LR} 的方向相同（即，它們是共線的）； F_{UR} 和 F_{LL} 也是同樣道理。

1.8 在右圖中，我們將共線的成對力加起來，而使得圖形較單純些。（此圖形沒按比例刻度畫出）

$$F_1 = F_{UL} + F_{LR}$$

$$F_2 = F_{UR} + F_{LL}$$



而 $q = 2 \times 10^{-4}$ coul, $a = 1$ m, 且 $\frac{1}{4} \pi \epsilon_0$
 $= 9 \times 10^9$ nt - m² / coul²

$$F_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ nt}$$

$$F_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ nt}$$

利用問題 1.5 的解答, 且將數值代入, 適當地結合這些向量而得。

$$F_1 = 3.6 \times 10^3 \text{ nt 舉例}$$

$$F_2 = 2.16 \times 10^3 \text{ nt} \quad F_1 = F_{UL} + F_{LR}$$

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q^2}{a^2/2} + \frac{4q^2}{a^2/2} \right) \text{ 問題 1.5}$$

之解答

或

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{10q^2}{a^2} \right)$$

$$F_1 = \left(9 \times 10^9 \text{ nt-m}^2 / \text{coul}^2 \right) \left(\frac{10 \times 4 \times 10^{-8} \text{ coul}^2}{1 \text{ m}^2} \right)$$

$$F_1 = 3.6 \times 10^3 \text{ nt}$$

1.9 在圖中所繪出的向量, 其尺寸大小並不太精細。試利用作圖法將 F_1 和 F_2 各別分解為在 x 和 y 軸上的分量。為了求得最後的合力, 我們必須做此工作。

