

KEY TO
FUNDAMENTALS OF
PHYSICS

基本物理學習題解答

David Halliday
Robert Resnick 原著

王秉賢 鮑孟獮
吳 浩 陳顯榮 合譯

第三冊

好時年出版社印行

- ☐ 出版：好時年出版社 · 北角清華街802號12樓
☐ 發行：香港文利出版社 · 北角海康街二十號四樓
☐ 印刷：大華印刷廠 · 九龍偉晴街七十號

版權所有 · 翻印必究

Published & Printed in Hong Kong 定價：H. K.

\$3.55

原 書 序

以微積分爲基礎的初等物理學，其課程的特點在過去數年中不斷而緩慢地改變著。有很多學校用在這方面的時間比以前減少。另些學校對主要教材的仔細和詳盡的解釋已不如以往的關注。理工科高年級課程的改變，也顯示出需要比物理學*更精簡的課本。

由於上述及其他的理由，我們準備修改更訂舊的版本。修改採取幾種方式：一方面是將物理學書中大量的補充教材及若干附錄刪掉。另一方面則將數章合併及濃縮。因此必須謹慎地重寫，並且趁此機會將下冊的若干材料亦加以修訂。問題和習題亦有更動。增加了許多新的習題，而將宜於刪除者予以刪掉。許多新習題是屬於「建立信念」之類的題目。

這次修訂的目的是減少課本的篇幅，並且降低艱深的程度，而又無損於對基礎的廣泛包羅。故基本物理學事實上是物理學的簡且易的修訂本。凡因時間及學生課前準備不足而不宜採用敘述較嚴的物理學一書者，均可採用本書。

或許作者本人並不是刪訂原著的適宜人選。我們很幸運地得到猶他州立大學(Utah State University)的愛德華(Farrell Edwards)及馬利爾(John Merrill)兩位教授對這工作的大力協助。愛、馬二教授在該大學裏教授爲期一年的物理課已有數年，在完成我們目標的

*哈立德(David Halliday)與雷斯尼克(Robert Resnick)合著物理學，紐約懷利公司(Wiley)1966年出版。

方法上亦深具經驗。我們曾互相仔細討論應該刪除或精簡的部分。共同進行許多必要的重編和新習題的提供等工作。而且本書能順利付梓亦賴他們的幫助,作者衷心地感激;若無他們的幫助,本書將無法在短時間內完成。

我們對懷利公司的密切合作,尤其是物理學編輯迪奈克先生對此工作的精心策劃,亞佛瑞德大學的馬丁先生對許多章中的新習題提供增添的題材,助益良多,均深表感謝。

我們相信基本物理學適合學生和課程的新趨勢,並希望對物理教學的改進能夠有所貢獻。

哈立德

賓州匹茲堡大學

雷斯尼克

紐約州倫色勒理工學院

1970年1月

譯 著 序

哈立德與雷斯尼克合著之“物理學”(physics)一書以往為各大專院校所普遍採用之教材，唯鑒於內容過重，往往教學時間不敷，復經修訂，精簡裁併，更名為“基本物理學”(Fundamentals of Physics)。以觀念的樹立為主體，輔以習題配合重點，易於融會貫通，是改編後最大特色。

譯者根據本身求學的經驗，最迫切需要者，就是能手持一冊健全的譯本與詳盡的習題解答以供翻閱，無論對學習的信心與觀念的建立都能有效地加強，乃着手整理翻譯，將原書分成譯本與解答計單行本八冊、合訂本四冊。全書分四部分，由對本科具有深度素養的專人分別負責，於含糊籠統處，力求鞭辟入其精髓，期使讀者收事半功倍之效。且譯文解答可前後對照，附以詳細圖示及列式，一眼即能觸類旁通，迅速樹立正確統一的觀念，訓練正確的思考過程；這也正是原書所一直要表現的精神。

然譯者才疏學淺，雖是謹慎從事，個人學識經驗有不逮處，難免疏漏，尚祈各界賢達不吝賜教是幸。

譯者 謹識

*哈立德(David Halliday)與雷斯尼克(Robert Resnick)合著物理學，紐
約懷利公司(Wiley)1966年出版。

基本物理學習題解答

第 三 冊

目 次

第二十二章	物質與電荷	1
第二十三章	電場	11
第二十四章	高斯定律	33
第二十五章	電位	47
第二十六章	電容與介電質	67
第二十七章	電流與電阻	87
第二十八章	電動勢與電路	99
第二十九章	磁場	117
第三十章	安培定律	135
第三十一章	法拉第定律	155
第三十二章	電感	169
第三十三章	物質的磁性	181

第二十二章 電荷與物質

Charge and Matter

22-1 宇宙射線中的質子撞擊地球上的大氣層，若其對地球表面積而言為平均時，則其撞擊率為 0.15 質子/厘米²秒。求地球在其大氣層上以宇宙射線質子之形式所獲得之總電流為若干？地球的半徑為 6.4×10^6 米。

解 已知 $r = 6.4 \times 10^6$ 米，

則地球表面積為

$$\begin{aligned} A &= 4\pi r^2 \\ &= 4\pi (6.4 \times 10^6)^2 = 5.15 \times 10^{18} \text{ 厘米}^2, \end{aligned}$$

可得電流 i = 質子通量 $\times$ 面積 $\times$ 質子電荷

$$\begin{aligned} &= 0.15 \times 5.15 \times 10^{18} \times 1.6 \times 10^{-19} \\ &= 0.124 \text{ 安培} \end{aligned}$$

22-2 一個帶有 $+3.0 \times 10^{-6}$ 庫倫電量之點電荷與另一 -1.5×10^{-6} 庫倫之點電荷相距 12 厘米。請計算各點電荷上力的大小和方向。

解 由公式 $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$

$$\begin{aligned} &= (9 \times 10^9) \times \frac{(+3.0 \times 10^{-6})(-1.5 \times 10^{-6})}{(0.12)^2} \\ &= -2.8 \text{ 牛頓} \end{aligned}$$

負號表示 F 為吸引力，即沿二電荷連線方向而指向對方。

22-3 兩電荷各具有 1.0 庫倫的電量。當其相距為 1.0 米及 1.0 哩時，試求其間之吸引力。

解 (a) $r = 1.0$ 米

可得 $F = (9 \times 10^9) \times \frac{1 \times 1}{1^2} = 9 \times 10^9$ 牛頓。

(b) $r = 1.0$ 哩 $= 1.6 \times 10^3$ 米

$$\text{可得 } F = (9 \times 10^9) \times \frac{1 \times 1}{(1.6 \times 10^3)^2} = 3.52 \times 10^3 \text{ 牛頓.}$$

22-4 兩電荷的電量及其在 xy 平面上的位置分別為： $q_1 = +3.0 \times 10^{-6}$ 庫倫； $x = 3.5$ 厘米， $y = 0.50$ 厘米；及 $q_2 = -4.0 \times 10^{-6}$ 庫倫； $x = 2.0$ 厘米， $y = 1.5$ 厘米。(a) 試求作用於 q_2 上力的大小和方向。(b) 若欲使 q_2 上的總力為零時，則 $q_3 = +4.0 \times 10^{-6}$ 庫倫的電荷應置於何處？

解 (a) 二電荷間的距離

$$\begin{aligned} r_{12} &= \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \\ &= \sqrt{[3.5 - (-2.0)]^2 + [0.5 - 1.5]^2} \\ &= 5.6 \text{ 厘米,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{則可得 } F_{12} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \\ &= (9 \times 10^9) \times \frac{(3.0 \times 10^{-6})(-4.0 \times 10^{-6})}{(5.6 \times 10^{-2})^2} \\ &= -34.5 \text{ 牛頓.} \end{aligned}$$

方向為沿 q_1 與 q_2 的連線而指向對方。

(b) q_3 對 q_2 之力若欲與 F_{12} 抵消，則 q_3 應置於 q_1, q_2 的連線上而與 q_1 異側，其距 q_2 之距離 r_2 應適於

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_1^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2 q_3}{r_2^2},$$

$$\begin{aligned} \text{則可得 } r_2 &= \sqrt{\frac{q_1}{q_3}} r_1 = \sqrt{\frac{4.0 \times 10^{-6}}{3.0 \times 10^{-6}}} \times 5.6 \\ &= 6.5 \text{ 厘米,} \end{aligned}$$

求其 q_3 之座標

$$\frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2},$$

$$\text{即 } \frac{y_3 - 1.5}{x_3 + 2.0} = \frac{1.5 - 0.5}{(-2.0) - 3.5} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{由 } r_2^2 &= (x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2, \\ \text{得 } (6.5)^2 &= (x_3 + 2.0)^2 + (y_3 - 1.5)^2. \end{aligned} \quad (2)$$

由上二式可得

$$x_3 = -8.6 \text{ 厘米, } y_3 = 2.7 \text{ 厘米}$$

22-5 如圖 22-6 所示，二相同之球，其質量均為 m ，以長度為 l 之絲線懸之，並帶相同之電荷 q 。設 θ 甚小，則 $\tan\theta$ 可以 $\sin\theta$ 代替。由此近似證明

$$x = \left(\frac{q^2 l}{2\pi\epsilon_0 mg} \right)^{1/2}$$

式中 x 為二球間之距離。假若 $l = 120$ 厘米， $m = 10$ 克， $x = 5.0$ 厘米，則 q 應為若干？

解 由圖可知

$$F_v = mg; F_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{x^2}$$

$$\tan\theta = \frac{F_x}{F_v}$$

$$= \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 mg x^2}$$

$$\text{又 } \tan\theta \approx \sin\theta = \frac{x}{2l}$$

$$\text{可得 } \frac{x}{2l} = \frac{g^2}{4\pi\epsilon_0 mg x^2}$$

$$x = \left(\frac{q^2 l}{2\pi\epsilon_0 mg} \right)^{1/2}$$

若 $l = 120$ 厘米 ≈ 1.2 米； $x = 5$ 厘米
 $= 5 \times 10^{-2}$ 米； $m = 10^{-2}$ 仟克，

$$\text{可得 } q = \left(\frac{2\pi\epsilon_0 mg x^2}{l} \right)^{1/2}$$

$$= \left(\frac{10^{-2} \times 9.8 \times (5 \times 10^{-2})^2}{2 \times 9 \times 10^9 \times 1.2} \right)^{1/2}$$

$$= (5.7 \times 10^{-16})^{1/2}$$

$$= \pm 2.4 \times 10^{-8} \text{ 庫倫}$$

正負均可，只要兩球同號。

22-6 如圖 22-7 所示，正方形左下角之電荷上合力為若干？設 $q = 1.0 \times 10^{-7}$ 庫倫， $a = 5.0$ 厘米。



圖 22-6

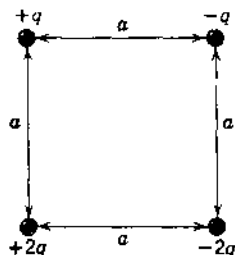
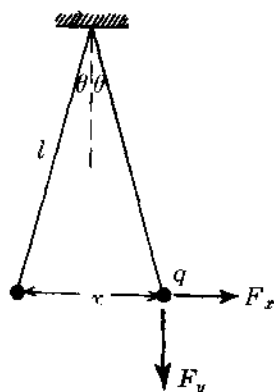


圖 22-7

解 由圖可知

$$F_x = F_x + F_c \cos 45^\circ,$$

$$F_y = F_c \sin 45^\circ - F_b.$$

$$\text{可得 } F_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(2q)(2q)}{a^2}$$

$$+ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(2q)(q)}{(a\sqrt{2})^2}$$

$$\times \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$= (9 \times 10^9) \cdot$$

$$\left(4 + \frac{2}{2\sqrt{2}}\right) \frac{q^2}{a^2}$$

$$= 0.17 \text{ 牛頓, (向正 } x \text{ 方向)}$$

$$F_y = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(2q)(q)}{(a\sqrt{2})^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(2q)(q)}{a^2}$$

$$= (9 \times 10^9) \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2 \right) \frac{q^2}{a^2} = -0.046 \text{ 牛頓, (向 } -y \text{ 方向)}.$$

可求合力

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(0.17)^2 + (-0.046)^2}$$

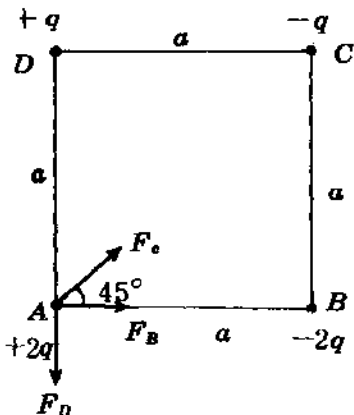
$$= 0.176 \text{ 牛頓}$$

$$\text{又 } \theta = \tan^{-1} \frac{F_x}{F_y} = \tan^{-1} \left(\frac{0.17}{-0.046} \right) = 84.8^\circ,$$

故知與 AD 交 84.8° , 與 AB 交 $(90^\circ - 84.8^\circ) = 5.2^\circ$. ■

22-7 一正方形的兩對角處各置一電荷 Q , 其餘兩角各置電荷 q . (a) 若作於 Q 上之合成電力為零, 則 Q 與 q 之關係如何? (b) 能否選擇 q , 使各電荷上之力均為零?

解 (a) 如圖所示, 若 F_1 與 F_2 之合力 F 等於 F_3 , 則 Q 上之作用力為零. 又由所予配置, 可知 F_3 必為斥力, 因而 Q 與 q 間之力必須如圖所示, 方能合力為零, 因此 q 與 Q 異號.



由圖知 $F_1 = F_2 = \frac{-1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{a^2}$,

$$F_3 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{(\sqrt{2}a)^2}.$$

F_1 與 F_2 之合力

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{a^2} \sqrt{2} \end{aligned}$$

令 $F_3 = F$

$$\begin{aligned} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{(\sqrt{2}a)^2} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{a^2} \sqrt{2}, \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{a^2} \sqrt{2}, \end{aligned}$$

可得 $Q = -2\sqrt{2}q$.

(b) 要使 Q 所受之力為零，因已求出其條件為 $Q = -2\sqrt{2}q$ ，此時 q 所受之力為

$$\begin{aligned} F_{qx} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{qQ}{a^2} - \frac{q^2}{(\sqrt{2}a)^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0 a^2} \cdot \left(2\sqrt{2}q^2 - \frac{1}{2\sqrt{2}}q^2 \right) \neq 0 \end{aligned}$$

所以不能選擇某個 q 值，使各電荷上之合力均為零。

22-8 在食鹽晶體格子中，鈉離子和氯離子之距離為 2.82×10^{-10} 米。其間之引力為何？

解 鈉、氯離子之電荷各與電子電荷相等，

故 $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(2.82 \times 10^{-10})^2} = 2.88 \times 10^{-9}$ 牛頓。

22-9 二相同離子，當其距離為 5.0×10^{-10} 米時，其間之靜電力為 3.7×10^{-9} 牛頓。(a) 試求各離子帶電若干？(b) 每個離子失去幾個電子？

解 (a) 由已知 $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2} = 3.7 \times 10^{-9}$ 牛頓，

可得 $q = (4\pi\epsilon_0 F)^{1/2} r = \left(\frac{3.7 \times 10^{-9}}{9 \times 10^9} \right)^{1/2} (5.0 \times 10^{-10})$

$$= 3.2 \times 10^{-19} \text{ 庫倫} .$$

(b) 失去電子數 $= \frac{q}{e} = 2$.

22-10 當作用於二質子之排斥電力等於其電量時，二質子應相距若干？

解 由題知 $F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = F_g = mg$,

又 $m = 1.67 \times 10^{-27}$ 仟克, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ 庫倫

可得 $r = \left(\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_g} \right)^{1/2} = \left[(9 \times 10^9) \times \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(1.67 \times 10^{-27}) \times 9.8} \right]^{1/2}$
 $= 1.2 \times 10^{-1}$ 米 .

22-11 在地球和月球上置相等之正電荷，其電量應為若干，方能抵消其重力引力？

解 $m_m = 0.0123 m_e$, $m_e = 6 \times 10^{24}$ 仟克

由題意 $G \frac{m_e m_m}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{r^2}$,

可得 $q = (4\pi\epsilon_0 G m_e m_m)^{1/2}$
 $= \left(\frac{1}{9 \times 10^9} \times 6.67 \times 10^{-11} \times 0.0123 \right)^{1/2} (6 \times 10^{24})$
 $= 5.74 \times 10^{18}$ 庫倫 .

22-12 某電荷 Q 被分成 q 及 $Q - q$ 兩部分。若兩部分置於一定距離上，則當其間有最大的庫倫排斥時， Q 與 q 之關係為何？

解 由公式 $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{(Q - q)q}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r^2} (Qq - q^2)$,

得 $\frac{dF}{dq} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q - 2q}{r^2}$.

當斥力 F 為極大值時

$$\frac{dF}{dq} = 0 .$$

則 $Q = 2q$ 時，即 $q = \frac{Q}{2}$ 時， F 為極大。

22-13 帶有正電荷之二小球，其總電荷為 5.0×10^{-4} 庫倫。當二球相距

2.0 米時，每球所受的推斥力若為 1.0 牛頓，則總電荷如何分布於二球？

解 設一球之電荷為 q ，則另一球為 5.0×10^{-5} 庫侖 $-q$

$$\text{由公式 } F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q(5.0 \times 10^{-5})}{2^2} = 1 \text{ 牛頓,}$$

$$\text{可得 } q = 3.8 \times 10^{-5} \text{ 庫侖,}$$

$$\text{另一球帶電量} = 5.0 \times 10^{-5} - 3.8 \times 10^{-5} = 1.2 \times 10^{-5} \text{ 庫侖。} \quad \blacksquare$$

22-14 試大略估計一杯水中正電荷的庫侖數。

解 設一杯水有 100 克，因每個水分子有 10 個質子，所以每克分子（即 18 克）的水有 $10N_A$ 個質子。

得一杯水中的正電荷量

$$\begin{aligned} &= \frac{100}{18} \times (10 \times 6.02 \times 10^{23}) \times (1.6 \times 10^{-19}) \\ &= 5.35 \times 10^6 \text{ 庫侖。} \quad \blacksquare \end{aligned}$$

22-15 (a) 欲使一銅幣帶 $+10^{-7}$ 庫侖的電量，試問應移去多少電子？(b) 移去的電子相當於銅幣中電子數的幾分之幾？(c) 具有此電量的兩銅幣相距 1.0 米時，其間之作用力為何？

解 (a) 應移去之電子數為

$$n = \frac{Q}{e} = \frac{10^{-7}}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.3 \times 10^{11} \text{ 個}$$

(b) 設一便士為 3 克。鎳的克分子量為 58.7 克，因一分子鎳有 28 個電子，所以一便士中的電子數

$$n' = \frac{3}{58.7} \times 28 \times 6.02 \times 10^{23},$$

所佔百分率為

$$\begin{aligned} \frac{n}{n'} &= \frac{6.3 \times 10^{11}}{\frac{3}{58.7} \times 28 \times 6.02 \times 10^{23}} \\ &= 7.3 \times 10^{-12}. \end{aligned}$$

(c) 已知 $r = 1.0$ 米，

$$\begin{aligned} \text{由公式 } F &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{r^2} = (9 \times 10^9) \times \frac{(10^{-7})^2}{(1)^2} \\ &= 9 \times 10^{-5} \text{ 牛頓。} \quad \blacksquare \end{aligned}$$

22-16 銅原子核的半徑大約為 1.9×10^{-15} 厘米，試計算組成原子核的物質密度。答案是否合理？（銅原子量為 64 克/摩爾；與原子核質量比較的電子質量可忽略不計。）

解 銅原子核的體積

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3.14 \times (1.9 \times 10^{-15})^3 \\ = 2.88 \times 10^{-45} \text{ 厘米}^3,$$

則原子核內的密度

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{64/N_A}{V} \\ = \frac{64/6.02 \times 10^{23}}{2.88 \times 10^{-45}} \\ = 3.7 \times 10^{15} \text{ 克/厘米}^3$$

答案是合理的，因為原子質量集中在原子核。

22-17 在 U^{238} 的放射衰變（見式 22-5）中，某一時刻之 α 粒子的中心距剩餘原子核 Th^{234} 的中心為 9×10^{-15} 米。此時 (a) α 粒子上之力為若干？(b) 其加速度為若干？

解 (a) Th 之質子有 90 個， α 有兩個質子

$$\text{由公式 } F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} = (9 \times 10^9) \cdot \frac{90 \times 2 \times (1.6 \times 10^{-19})^2}{(9 \times 10^{-15})^2} \\ = 510 \text{ 牛頓.}$$

(b) 因 $m_\alpha = 2m_n + 2m_p \approx 4m_p$,

$$\text{可得 } a_\alpha = \frac{F}{m_\alpha} = \frac{510}{4 \times 1.67 \times 10^{-27}} = 7.7 \times 10^{28} \text{ 米/秒}^2.$$

22-18 一電子在距靜止質子無窮遠處以 3.24×10^8 米/秒的初速度射向質子。試求在距質子多遠時，電子的瞬時速度為其初速的兩倍？（提示：運用功能定理。）

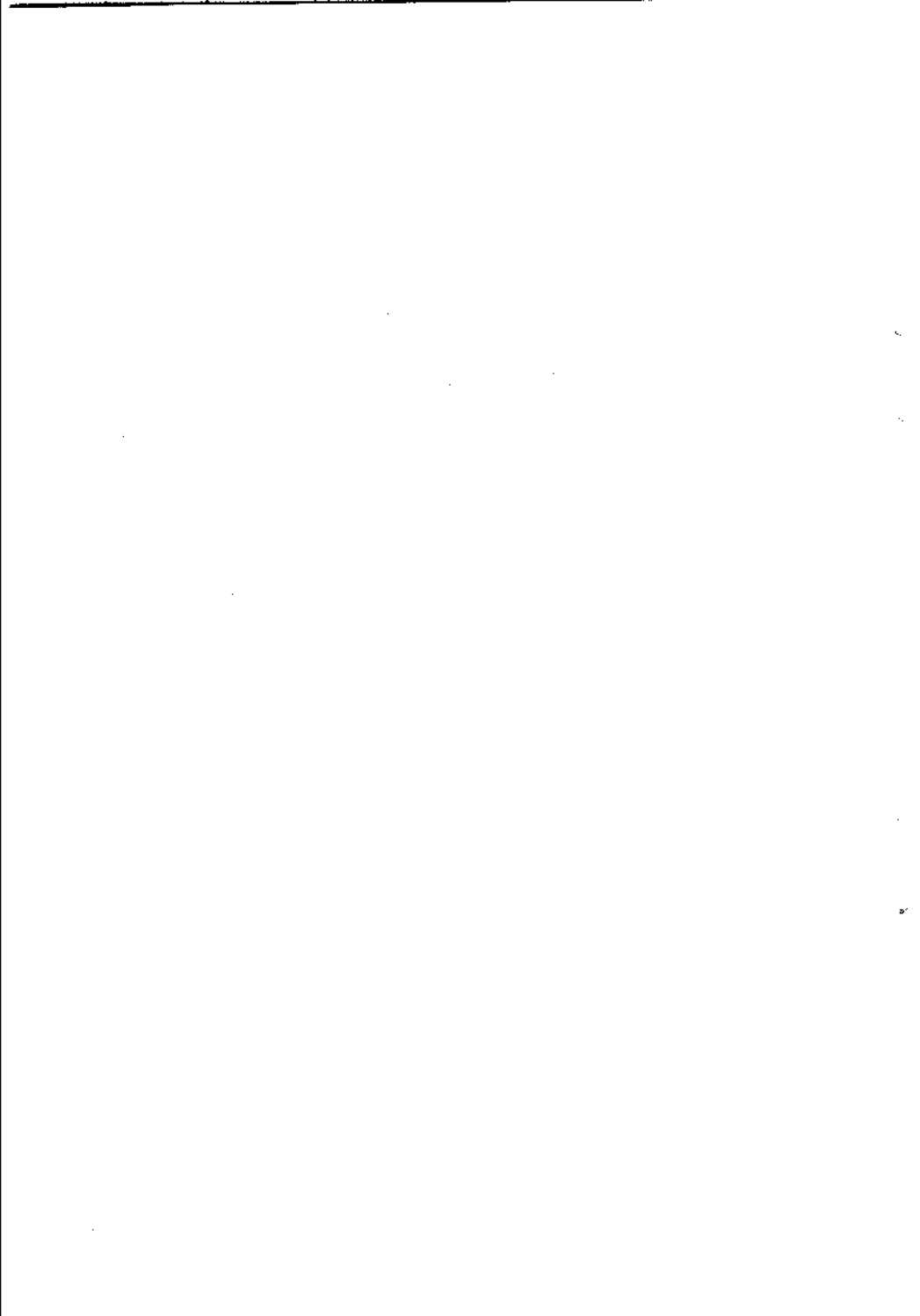
解 因為使質子保持靜止，所以電子動能的增加等於質子電力對電子所作之功

$$\text{由公式 } W = \int F dr,$$

$$\text{得 } \frac{1}{2} m V^2 - \frac{1}{2} m V_0^2 = W = - \int_\infty^x \frac{e^2 dr}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 x}.$$

但 $V = 2V_0$,

$$\begin{aligned} \text{所以 } x &= \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{\frac{1}{2}m(4V_0^2 - V_0^2)} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \times (1.6 \times 10^{-19})^2}{3/2 \times 9 \times 10^{-31} \times (3.2 \times 10^8)^2} \\ &= 1.62 \times 10^{-9} \text{ 米} . \end{aligned}$$

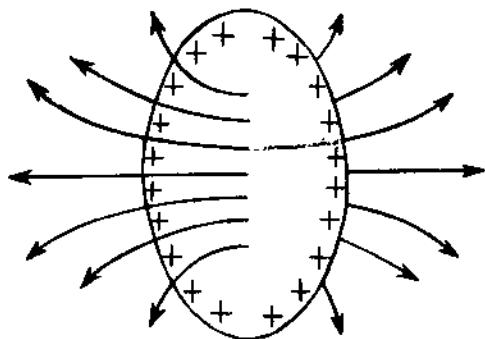


第二十三章 電 場

The Electric Field

23-1 一半徑為 R 之均勻帶電薄圓盤，就性質上描繪其力線。（提示：考慮距圓盤極近和極遠各點之極限情形。）只畫出包含圓盤軸平面上的力線。

解



圖

23-2 (a) 三相等之正點電荷置於等邊三角形的各角上，就性質上描繪其力線。應用對稱關係和極限情形（見習題 23-1 之提示），只需畫出在三角形面上的力線。(b) 討論三角形中心的一個試驗電荷的平衡情形。

解 (a) (圖如次頁)

(b) 任一試驗電荷放在 x 點（正三角形中心）時，所受合力均為零（由於對稱性），故 x 點為平衡點。但其穩定度因該試驗電荷符號而異。

由於三個 q 均為正電荷，若 x 處放有正電荷 q' 而使該正電荷 q' 稍有游離，而移至 x' ，則 q' 所受合力為沿 $\overrightarrow{xx'}$ 向外，而不能回到 x ；所以， x 點對正電荷為不穩定平衡。對於負電荷則恰好相反，合力沿 $\overrightarrow{xx'}$ 向內，即回復力，所以是穩定平衡點。