

理 物 解
學 精 卷
大 題 下
夫 問
達

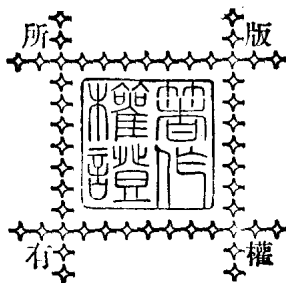
部 部 部
之 之 之
學 學 學
電 磁 學
聲 學 學
光

編 者 樊 恒 鐸

校 者 張 少 墨
王 象 復

中 華 書 局 印 行

民國三十六年八月發行
民國三十七年八月再版



編者	樊恆鐸
校者	張少墨
發行人	李虞杰
印刷者	上海澳門路八九號 中華書局永寧印刷廠
發行處	各埠中華書局

◎ 達夫大學物理問題精解(下卷)(全一冊)
定價國幣四元五角

(郵運匯費另加)

6.75

(一三四六五)

達夫大學物理問題精解

下 卷

電 磁 學 之 部

目 次

第一章 解題指南	1—30
第一節 作題備查	1
靜電場 電容 磁場 電流之磁場 電流計 Ohm氏定律 電阻及功 熱電及電解 電磁感應 放射性及其他	
第二節 電磁學中之單位	25
第三節 物理常數	27
第四節 插圖中常用之符號	28
第二章 題目之部	31—50
第一節 原題	31
第二節 附加題	40
第三章 解法之部	51—96
第一節 原題	51
第二節 附加題	75

聲 學 之 部

目 次

第一章 解題指南	97—102
----------	--------

第一節	作題備查	97
第二節	物理常數	101
第二章	題目之部	103—105
第一節	原題	103
第二節	附加題	104
第三章	解法之部	106—112
第一節	原題	106
第二節	附加題	109

光學之部

目次

第一章	解題指南	113—130
第一節	作題備查	113
反射	折射 透鏡 光度學 色散 干涉·繞射 極化	
光譜		
第二節	物理常數	128
第二章	題目之部	131—145
第一節	原題	131
第二節	附加題	139
第三章	解法之部	146—179
第一節	原題	146
第二節	附加題	166

達夫大學物理問題精解

下 卷

電 磁 學 之 部

第一章 解題指南

第一節 作題備查

一 靜電場

備查公式：

- (a) Coulomb 氏定律 設 Q_1, Q_2 爲二質點所帶之電荷, r 爲二質點間之距離, K 爲介質之介電常數, F 爲二質點間相互作用之力,

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{K r^2}.$$

在真空($K=1$)或空氣($K \doteq 1$)中, $F = \frac{Q_1 Q_2}{r^2}.$

- (b) 電場強度

- a. 定義 設點電荷 Q 在強度爲 E 之電場內所受之力爲 F .

$$E = \frac{F}{Q}, \text{ 或 } F = QE.$$

- b. 點電荷周圍之電場強度 在介電常數爲 K 之介質中, 設距點電荷 Q 爲 r 之點之電場強度爲 E .

$$E = \frac{Q}{K r^2}.$$

在真空或空氣中， $E = \frac{Q}{r^2}$ 。

(c) 電位

- a. 定義 設電荷 Q 自高電位 V 移至低電位 V' 時，取自電場之能量為 W 。

$$W = (V - V')Q.$$

- b. 點電荷周圍之電位 設在介電常數為 K 之介質中，距點電荷 Q 為 r 之點之電位為 V 。

$$V = \frac{Q}{K r}.$$

在真空或空氣中， $V = \frac{Q}{r}$ 。

解題要點：

(a) 研究靜電學時，對次之若干名詞務須嫻熟：

- a. 介電常數 電場之性質，每視介質之種類而異；故在上列公式中均須引入一可表示電場性質之常數，始可使諸公式合於一切情形。此常數名曰介電常數，或稱比感應電容（參看電容之公式），常以 K 表之。

在 c. g. s. 單位中，真空或空氣之 K 值為 1。

在實用單位中，真空或空氣之 K 值為 $\frac{1}{9} \times 10^9$ ；其他

介質之 K 值，以 $\frac{1}{9} \times 10^9$ 乘其在 c. g. s. 單位中之 K 值即得。

- b. 電場強度 單位正電荷在電場內某點所受之力，名曰該點之電場強度。電場強度係向量，其方向係由正電荷

至負電荷，與力之方向一致；故運算時須視如向量，如加減時須用平行四邊形法則或三角形法則是。

- c. 電力線 爲便於表示電場計，Faraday 氏乃引入“電力線”一概念。電力線之方向爲正電荷在電場內運動時所取之方向，故與電場方向一致，且始自正電荷而止於負電荷。垂直電場方向之單位面積內之電力線數，即等於電場強度之大小。準此定義，易知在介電常數爲 K 之介質內，點電荷 Q 周圍之電力線數共爲 $\frac{4\pi Q}{K}$ 。
- d. 電位 電場內任一點之電位，爲將單位正電荷自無窮遠處移至此點所需之功。電位爲無向量，但可正可負；如爲正值，表電荷移動時自外方取功而對電場作功；如爲負值，情形適反。地球爲極大之導體，其電位可視爲零。
- e. 電位差 電場內 a 及 b 兩點間之電位差，爲使單位正電荷自 a 至 b 時所作之功；亦即兩點之電位之差。電位差爲無向量，且可正可負；如爲正值，表 a 點之電位高於 b 點者，如爲負值，表 a 點之電位低於 b 點者。電荷有自高電位之點流向低電位之點之自然趨勢，故導體上各點之電位均同。
- f. 靜電感應 持電荷 Q 於導體附近，則導體之近端帶 Q 單位之異性電，遠端帶 Q 單位之同性電，此現象曰靜電感應。
- (b) Coulomb 氏電力定律爲靜電學中之基本定律，用時須注意各量之符號：
- (1) Q_1, Q_2 之符號，與其電荷之符號一致。
 - (2) F 之符號，以排斥力爲正，吸引力爲負。

二. 電容

備查公式:

- (a) 電容 設容電器二片間之電位差為 V , 二片上之電荷各為 Q , 容電器之電容為 C .

$$C = \frac{Q}{V}.$$

- (b) 電容之計算 設 C = 電容, K = 介質之介電常數.

- a. 平行板容電器 設 A = 各板之面積, d = 二板間之距離.

$$C = \frac{KA}{4\pi d}.$$

- b. 同心球容電器 設 a, b 各為內、外球之半徑.

$$C = \frac{Kab}{b-a}.$$

- c. 同心筒容電器 設 a = 內筒半徑, b = 外筒半徑, l = 筒長, $e = 2.72$ = 自然對數之底.

$$C = \frac{Kl}{2 \log_e \frac{b}{a}}.$$

- d. 球或球殼 設 r = 半徑.

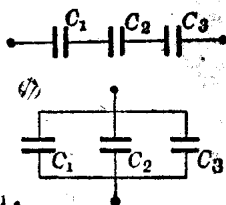
$$C = Kr.$$

- (c) 容電器之聯結 設 C_1, C_2, C_3, \dots 為各容電器之電容, C 為其合成電容.

- a. 串聯: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$

$$= \sum \frac{1}{C_i}.$$

- b. 並聯: $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots = \sum C_i.$



- (d) 容電器中所儲之能量 設容電器之電容為 C ，電荷為 Q ，電位差為 V ；其電場內所儲之能量為 W 。

$$W = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2.$$

解題要點：

- (a) 容電器之聯結，頗為重要；試察公式(c)，可知當串聯時，總電容小於分電容；當並聯時，總電容大於分電容。由此性質，可將已知電容組合為大小不同之多種電容。
- (b) 容電器中所儲之能量，可視為儲於兩片間之介質內。故欲求其中之能量密度時，逕以介質之體積除之即得。
- (c) 二帶電容電器聯結前後之總電量為一常數，但聯結前後之總能量則多不相同；幸無混為一談。

三. 磁場

備查公式：

- (a) Coulomb 氏定律 設 m_1, m_2 為二磁極之強度， d 為二極間之距離， μ 為介質之導磁係數， F 為二磁極間相互作用之力。

$$F = \frac{m_1 m_2}{\mu d^2}.$$

在真空($\mu=1$)或空氣($\mu \doteq 1$)中， $F = \frac{m_1 m_2}{d^2}$ 。

- (b) 磁場強度

a. 定義 設磁極 m 在強度為 H 之磁場內所受之力為 F 。

$$H = \frac{F}{m}, \text{ 或 } F = mH.$$

b. 磁極周圍之磁場強度 在導磁係數為 μ 之介質中，設

距磁極 m 為 d 之點之磁場強度為 H .

$$H = \frac{m}{\mu d^2}.$$

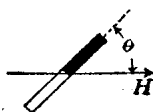
在真空或空氣中, $H = \frac{m}{d^2}$.

- (c) 磁矩 設磁鐵之磁極強度為 m , 兩極間之距離為 $2l$, 磁矩為 M .

$$M = 2ml.$$

- (d) 磁鐵在磁場內所受之轉矩 置磁矩為 M 之磁鐵於強度為 H 之磁場內; 當其磁軸與磁場之方向成 θ 角時, 其所受之轉矩為 L .

$$L = MH \sin \theta.$$



- (e) 磁鐵在磁場內之振動週期 設磁鐵之磁矩為 M , 轉動慣量為 I , 懸於強度為 H 之磁場內時, 其振動週期為 T .

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{MH}}.$$

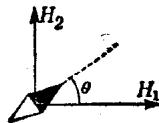
- (f) 棒磁鐵周圍之磁場強度 設棒磁鐵之磁矩為 M , 長度為 $2l$, 距其中心為 r 之點之磁場強度為 H .

a. 該點位於磁鐵之軸線上: $H = \frac{2Mr}{(r^2 - l^2)^2} = \frac{2M}{r^3}$.

b. 該點位於磁鐵之垂直平分線上: $H = \frac{M}{(r^2 + l^2)^{3/2}}$
 $= \frac{M}{r^3}$.

- (g) 正切定律 設某磁鐵受二相互垂直之磁場 H_1 及 H_2 之作用時, 其靜止位置與 H_1 成角 θ .

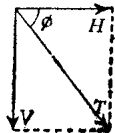
$$\tan \theta = \frac{H_1}{H_2}, \text{ 或 } H_1 = H_2 \tan \theta.$$



(h) 地磁場 設地磁場之總強度為 T ，水平強度為 H ，鉛直強度為 V ，磁傾角為 ϕ 。

$$H = T \cos \phi, \quad V = T \sin \phi,$$

$$\frac{V}{H} = \tan \phi.$$



解題要點：

(a) 研究靜磁學時，對次之諸名詞務須爛熟：

a. 導磁係數 磁場之性質視介質而異，故在公式 (a) 及 (b) 中，須引入一可表示磁場性質之因數，名曰導磁係數，常以 μ 表之。同一介質之 μ 值，常因磁場情況 (如磁場強度) 之不同而異。惟對真空，空氣及普通之非磁性物質而言， μ 值概為常數，且均相等。

在 c. g. s. 單位中，真空及非磁性物質之 μ 值均為 1。

在實用單位中，真空之 μ 值為 10^{-7} ；其他介質之 μ 值，以 10^{-7} 乘其在 c. g. s. 單位中之 μ 值即得。

b. 磁場強度 單位正極 (N 極) 在電場內某點所受之力，名曰該點之磁場強度。磁場強度為向量，其方向與力之方向一致。

c. 磁力線 磁力線亦係為表示磁場性質而假定其存在者；其方向為正極在磁場內運動時所取之方向，即自正極發出，入於負極，更穿過磁鐵而至正極，故磁力線為封閉曲線。磁力線之方向與磁場方向一致，且垂直磁場方向之單位面積內之磁力線數，即等於磁場強度之大小。在導磁係數為 μ 之介質內，磁極 m 周圍之磁力線數共為 $\frac{4\pi m}{\mu}$ 。

d. 地磁場 地球實為一大磁鐵，其南端為正極 北端為負

極，但磁南北極並不與地理南北極完全相合。地磁場之三要素為：

1. 磁偏角 磁子午線與地理子午線間所夾之角，名曰磁偏角。
2. 磁傾角 地磁場之方向與水平面間所夾之角，名曰磁傾角。
3. 水平強度 地磁場之總強度沿水平方向之分強度，名曰水平強度。

(b) 應用Coulomb氏磁力定律時，亦須注意各項之符號：

a. m_1 及 m_2 之符號，與其磁極之符號一致；即 N 極為正，S 極為負。

b. F 之符號，以排斥力為正，吸引力為負。

(c) 公式(e)常為以下各實驗所本：

a. 測定磁場強度或磁鐵之磁矩。

b. 比較磁場強度 設同一磁鐵在強度為 H_1 及 H_2 之磁場內之振動週期各為 T_1 及 T_2 ，其頻率各為 n_1 及 n_2 ，則

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^2 = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2.$$

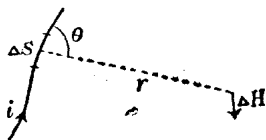
(d) 公式(f)之 a 及 b 中，均附有近似公式；但此等公式僅可用於 $\frac{1}{r}$ 之值甚小之情形。

五. 電流之磁場，電流計

備查公式：

- (a) 導線周圍之磁場強度 設 i = 導線中之電流， H = 磁場強度。

- a. Ampere 氏公式 設導線之一小段 ΔS 內之電流 i ，在距其為 r 之點所生之磁場強度為 ΔH ， ΔS 與 r 間所夾之角為 θ 。



$$\Delta H = \frac{i \Delta S \sin \theta}{r^2}.$$

- b. 圓線圈中心之磁場強度 設 r = 線圈半徑， n = 圈數。

$$H = \frac{2 \pi n i}{r}.$$

- c. 長直導線周圍之磁場強度 設所究之點與導線間之距離 = d 。

$$H = \frac{2i}{d}.$$

- d. 螺線管所生之磁場強度 設螺線管之圈數 = N ，長度 = l 。

1. 管之中心： $H = \frac{4 \pi N i}{l}$ 。(亦適用於螺線環之中心。)

2. 管之各端： $H = \frac{2 \pi N i}{l}$ 。

- (b) 磁化強度 設棒磁鐵之磁矩為 M ，極強為 m ，體積為 v ，橫截面積為 a ，磁化強度為 I 。

$$I = \frac{M}{v} = \frac{m}{a}.$$

- (c) 磁化係數 設將磁化係數為 k 之物質置於強度為 H 之磁場內時，其磁化強度為 I 。

$$k = \frac{I}{H}.$$

- (d) 磁感應強度 置導磁係數為 μ 之磁性物質於強度為 H 之

磁場內時，設該物質之磁化強度為 I ，其中之磁感應強度為 B 。

$$B = H + 4\pi I = \mu H, \quad \mu = 1 + 4\pi k.$$

(e) 磁通量 在磁性物質中，設 ϕ = 磁通量， B = 磁感應強度， A = 垂直磁通量之面積。

$$\phi = BA.$$

(f) Ampere 氏定律 ($4\pi i$ 定律) 設攜磁極 m 沿任何封閉路線環行載電流 i 之導線一週所需之功為 W 。

$$W = 4\pi mi.$$

(g) 磁路定律 設磁路之長度為 l ，橫截面積為 A ，導磁係數為 μ ；其上繞有導線 N 匝，導線中之電流為 i ；磁路中之磁通量為 ϕ 。

$$\phi = \frac{4\pi Ni}{\frac{l}{\mu A}}.$$

(h) 正切電流計 設正切電流計線圈之半徑為 r ，圈數為 n ，用於地磁水平強度為 H 之地，當圈內通過之電流為 i 時，圈心磁針之偏角為 θ 。

$$\frac{2\pi ni}{r} = H \tan \theta.$$

解題要點：

(a) 導線內有電流通過時，其周圍即有磁場產生；磁場方向與電流方向間之關係，可藉 Ampere 右手定則規定之：“以右手握導線，如拇指指電流之方向，則其他四指即指電流所生磁場之方向。”又任何點之磁場強度，均可自 Ampere 氏公式計得；如(a)中之 b 可推得如下：

$$H = \sum \Delta H = \sum \frac{i \Delta S \sin \theta}{r^2} = n \frac{i(2\pi r) \sin 90^\circ}{r^2} = \frac{2\pi ni}{r}$$

- (b) 置磁性物質於磁場中後，則因磁性物質被磁化之故，亦有磁力線發出，此種磁力線名曰磁化線（磁化線與原有磁力線之方向可同可反，視磁性物質為順磁質或反磁質而定）；磁化線與磁場中原有之磁力線，總稱為磁感線或磁通量。

∴ 垂直磁場之單位面積內之磁力線 = H ，

垂直磁場之單位面積內之磁化線 = $4\pi I$ ，

∴ 垂直磁場之單位面積內之磁感線 = $H + 4\pi I = B$ 。

故 B 名曰磁感應強度或磁通量密度

- (c) 磁路定律與電路中之 Ohm 氏定律極其相似：磁通量 (ϕ)、磁動勢 ($4\pi Ni$) 與磁阻 ($\frac{l}{\mu A}$) 分別與電路中之電流、電動勢與電阻相當；惜磁路中磁阻之值並非常數 (μ 值因 H 而異)，致磁路問題不能如電路問題同等簡易也。
- (d) 正切電流計乃據磁學中之正切定律而製成者，使用時令該計之線圈平面位於地磁子午面內，則當電流通過時，圈心所生之磁場適與地磁場垂直，將已知項代入正切定律，即得公式 (h)。

五. Ohm 氏定律, 電阻及功

備查公式：

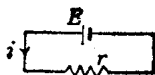
- (a) 電流 設在時間 t 內流過導線之電量為 Q ，導線內之電流為 i ，

$$i = \frac{Q}{t}$$

- (b) Ohm 氏定律 設電路中之電動勢為 E ，電阻為 r ，電流為

i.

$$E = ir, \text{ 或 } i = \frac{E}{r}.$$



(c) Kirchoff 氏定律

第一定律 設 $\Sigma I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots =$ 流向電路中某點(或自該點流出)之電流之代數和。

$$\Sigma I = 0.$$

第二定律 設 $\Sigma E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots =$ 封閉電路中電動勢之代數和，

$\Sigma IR = I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 + \dots =$ 該電路中各段電位降落之代數和。

$$\Sigma E = \Sigma IR.$$

(d) 電阻 設導線之長度為 l 厘米，橫截面積為 A 厘米²，電阻係數為 ρ ，電阻為 R 歐姆。

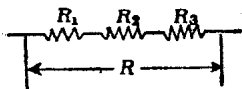
$$R = \rho \frac{l}{A}.$$

(e) 電阻與溫度之關係 設 r_0 及 r 分表物質在 0°C 及 $t^\circ\text{C}$ 時之電阻， α 表其溫度係數。

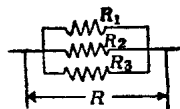
$$r = r_0(1 + \alpha t).$$

(f) 電阻之聯結 設 R_1, R_2, R_3, \dots 為各分電阻， R 為其合成電阻。

a. 串聯 $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$
 $= \Sigma R_i.$



b. 並聯 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$
 $= \Sigma \frac{1}{R_i}.$



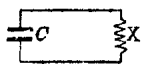
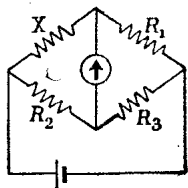
(g) Wheatstone 氏電橋 設電橋調整平衡後，其四臂之電

阻各為 X, R_1, R_2 及 R_3 ; 如圖所示。

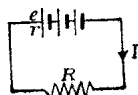
$$XR_3 = R_1R_2.$$

- (h) 高電阻之測定 令電容為 C 之容電器經高電阻 X 而放電，歷時間 t 後，其所容之電荷自 Q_0 減至 Q 。

$$Q = Q_0 e^{-\frac{t}{Xc}}. \quad \text{其中 } e = 2.72.$$

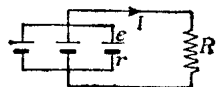


- (i) 電池之聯結 設將 n 個電動勢為 e 內電阻為 r 之電池聯結，而與外電阻 R 串聯，電路中通過之電流為 I 。



(1) 串聯
$$I = \frac{ne}{R + nr}.$$

(2) 並聯
$$I = \frac{e}{R + \frac{r}{n}} = \frac{ne}{nR + r}.$$



- (j) 電流所作之功 設電路之電阻為 r ，其兩端之電壓為 E ，其中通過之電流為 i ；電阻中所耗之功率為 P ，在時間 t 內所耗之功為 W 。

$$W = EQ = Eit = i^2rt.$$

$$P = Ei = i^2r.$$

- (k) Joule 氏定律 設 (j) 中之電路在時間 t 內所生之熱為 H ，熱功當量為 J 。

$$H = \frac{W}{J} = \frac{i^2rt}{J}.$$

如應用實用單位， $J = 4.18$ ， $H = 0.239i^2rt$ 。

解題要點：

- (a) Ohm 氏定律為電學中最基本定律之一；研究此定律時，