

物理第十八冊目錄

第四部份第四講

頁數

第三講第八章 (D) 複習題	1—1
第三講第八章 (E) 習題	1—2
第三講內容測驗	2—2
第三講 (E) 習題解答	2—4
第三講內容測驗解答	4—5
第九章 金屬中之導電情形	
A. 課程	6—10
B. 教材問答	10—12
C. 內容摘要	12—13
D. 複習題	13—13
E. 習題	13—13
第十章 永久電場	
A. 課程	14—24
B. 教材問答	24—28
C. 內容摘要	28—29
D. 複習題	29—29
E. 習題	29—30
第四講內容摘要	31—32
第四講內容測驗	32—32

第四部份第五講

第四講 (E) 習題解答	33—34
第四講內容測驗解答	34—36
第十一章 容電器	
A. 課程	37—44
B. 教材問答	44—47

C. 內容摘要	47—48
D. 複習題	48—48
E. 習題	49—49

第十二章 電流的功值 電場的能

A. 課程	50—57
B. 教材問答	57—60
C. 內容摘要	60—61
D. 複習題	62—62
E. 習題	62—63
第五講內容摘要	63—65
第五講內容測驗	65—65
第五講 (E) 習題解答	65—68
第五講內容測驗解答	68—70

第四部份第六講

第十三章 磁場與地磁

A. 課程	71—75
B. 教材問答	75—79
C. 內容摘要	79—80
D. 複習題	80—81
E. 習題	81—81

第十四章 電磁場

A. 課程	82—94
B. 教材問答	95—99
C. 內容摘要	99—99
D. 複習題	100—100
E. 習題	100—101

第六講內容摘要	101—102
第六講內容測驗	102—102
第六講 (E) 習題解答	102—103

第三講第八章(D)複習題

1. 何謂法拉第電解定律？〔44〕
2. 法拉第定律可以綜合爲如何的公式？〔44〕
3. 電離理論以何種假設爲出發點？〔45〕
4. 試根據電離理論說明電解質中之導電情形！〔45〕
5. 爲什麼我們能說電解質中係有平衡狀態存在？〔46〕
6. 根據何種觀察，確定離子的形成係由電解質溶解於水所致，而非由電流的作用而來？〔47〕
7. 如何利用實驗方法，證明離子的遷移？〔47〕
8. 根據歐姆定律適用於電解質導電之事實，可以得到何種結論？〔47〕
9. 如何利用實驗方法，顯示離子與溶劑間之摩擦力？〔47〕
10. 因電流而析出的質素，其析出之量可作爲量度電流強度的標準，何故？〔48〕
11. 電流強度單位與電量單位有何連帶關係？〔48〕
12. 羅斯密特常數的意義爲何？其大小如何？〔49〕
13. 一價離子之電荷爲若干？〔49〕
14. 離子所帶基本電荷的數目，何由算出？〔49〕
15. 基本電荷與羅斯密特數有何關聯？〔49〕

第三講第八章(E)習題

1. -0.1 安培的電流在 $2\frac{1}{2}$ 小時內，可由一硫酸亞鐵溶液中析出若干克之鐵？(Fe之電化當量 = 0.288 毫克)
2. 欲以 0.2 安培之電流，由硫酸銅溶液中析出 1.4 克純銅，問其所需之時間爲若干？
3. 在 2.4 小時內，能自一硝酸銀溶液中析出 4.6 克 Ag 之電流強度爲若干？

4. 一0.3安培之電流在30分鐘內，能析出0.183克鋅 (Zn)，問鋅之電化當量爲若干？

5. 利用一0.27 安培之電流，能於45分鐘內自鎳鹽之溶液中，析出0.221克之鎳 (Ni)。問該鹽中之鎳爲幾價？(Ni之原子量=58.71)

6. 在室溫 20°C 下，一電流能於30分鐘內發生 313.2立方厘米之氫。問氫有幾克？(氫在常壓下之密度爲 0.0000837 克/立方厘米，參看第42節)，又該電流之強度爲若干？

7. 若電流之強度爲 0.28 安培，問在15分鐘內，通過一橫截面的電量究爲若干庫倫？

8. 一個絕緣的小金屬球，在一荷電的容電器兩片間每秒鐘來回擺動 4 次。在電路中的反射電流計此時顯示一 2×10^{-9} 安培的持續電流。問該荷電球每次所帶的電荷爲若干？

第三講內容測驗

1. 希托爾夫陰極射線如何發生？
2. 利用何種實驗可以證明此種陰極射線係直線前進者？
3. 如何證明陰極射線質點的電荷恰好等於一個基本電荷？
4. 一個不帶熱陰極的玻璃管，如何發生陰極射線質點，請說明之
5. 電子的質量與何物有關？
6. 倫琴射線如何發生？
7. 倫琴射線之特性如何？
8. 在從事倫琴射線工作時，必須有特殊的防護措施，何故？

第三講(E)習題解答

第 七 章

1. 已知： $v=283,000$ 仟米/秒。求： e/m ； $m_e=27.2 \times 10^{-28}$ 克；

$$e/m = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{27.2 \times 10^{-27}} \text{ 庫倫/克} \approx 6.0 \times 10^{17} \text{ 庫倫/克}。$$

2. 已知： $v = 283,000$ 仟米/秒。求： U ； $U = \frac{v^2}{2(e/m) \times 10^7}$ ；

$$U = \frac{283^2 \times 10^{16}}{2 \times 6.0 \times 10^{17} \times 10^7} \approx 7.5 \times 10^3 \text{ 伏特} = 750,000 \text{ 伏特}。$$

3. 已知： $v = 60,000$ 仟米/秒。求： v/c ； $\bar{v} = 0.2c$ 。

4.	速 度	電 子 質 量	速 度	電 子 質 量
	0.002c	1 m_0	0.55 c	1.2 m_0
	0.02 c	1 m_0	0.94 c	2.98 m_0
	0.062c	1.001 m_0	0.99 c	7.05 m_0
	0.195c	1.02 m_0		

第 八 章

1. 已知： $I = 0.1$ 安培； $t = 2\frac{1}{2}$ 小時； $a = 0.288$ 毫克。解： $M = aIt$ ， $M = 0.288 \times 0.1 \times 9,000$ 毫克 = 0.259 克。

2. 已知： $I = 0.2$ 安培； $M = 1.4$ 克。解： $t = \frac{M}{aI} = \frac{1.4}{0.000329 \times 0.2}$ 秒鐘 ≈ 354.6 分鐘。

3. 已知： $M = 4.6$ 克； $t = 2.4$ 小時。解： $I = \frac{M}{at} = \frac{4.6}{0.001118 \times 8,640}$ 安培 ≈ 0.48 安培。

4. 已知： $I = 0.3$ 安培； $t = 30$ 分鐘； $M = 0.183$ 克。解： $a = \frac{M}{It}$ ， $a = \frac{0.183}{0.3 \times 1,800}$ 克 ≈ 0.000339 克。

5. 已知： $t = 45$ 分鐘； $I = 0.27$ 安培； $M = 0.221$ 克； $A = 58.7$ 。求： W ； $W = \frac{0.00001036 \times 58.7 \times 0.27 \times 2,700}{0.221} \approx \frac{443}{221} = 2$ 。

6. 已知： $t = 30$ 分鐘； $V = 313.2$ 立方厘米。求： M ； I ； $M = 313.2 \times 0.0000837$ 克 $= 0.0262$ 克。 $I = \frac{M}{at} = \frac{0.0262}{0.0001036 \times 1,800}$ 安培 $= 1.4$ 安培。

7. 已知： $t = 15$ 分； $I = 0.28$ 安培；解： $Q = It = 0.28 \times 900$ 庫倫 ≈ 252 庫倫。

8. 已知： $I = 2 \times 10^{-9}$ 安培； $t = 1/8$ 秒。解： $Q = It = 2 \times 10^{-9} \times 1/8$ 庫倫 $= 2.5 \times 10^{-10}$ 庫倫。

第三講內容測驗解答

1. 由一有電極熔合于其中的玻管產生之。管中之電極係與一數千伏特的電源聯結在一起，且管中的空氣亦經抽去。當氣壓約為 0.02 毫米 Hg 時，則在與陰極對面的玻管壁上便可見到一種黃綠色的螢光，此種螢光乃由陰極發射出來的射線所致。

2. 利用一個其中裝有一個可以起伏的鋁十字之玻管可以證明之；法將該十字置於陰極射線的路途中，則在其對面的玻壁上便會發生一個和該十字相似的影像。

3. 利用一個這樣的玻管，其與陰極對面的一端有一所謂勒納爾窗者（即一為鋁箔所遮閉的篩板），可以證明之。空氣吸收了由管中射出的陰極射線質點後，產生的離子僅帶有一個基本電荷。

4. 電子均由碰撞游離產生。存在于陰極射線管中的空氣離子，因所加入的高電壓的作用，可以甚大的速度撞向陰極，因而使其上的電子游離；此等電子又與氣體分子相撞，而發生更多的電子。於是，電子的數目便急遽地增加上去。

5. 與其速度有關；電子的速度越大，其質量也越大。在此光速為一極限速度。

6. 若高速度的電子在對陰極上突被擋住，便會發生倫琴射線。根據其特性可知倫琴射線為一波射線。

7. 倫琴射線既不為電場，亦不為磁場所偏轉；

能發生螢光；

能使照片感光；

能使空氣游離；

能透射其所照射的物體。其波長越短，則其透射能力越強。

質素之組成元素，其原子序越大，則倫琴射線對該等質素之透射度亦越小。

8. 因倫琴射線有強烈的生物學上的作用，在作用較強或較久時，可導致惡性的瘤腫及其他難治的創傷，因此，不僅在用倫琴射線治療時，需用適當的劑量；即在從事倫琴射線工作時，亦非有特殊預防裝置不可。

第九章

金屬中之導電情形

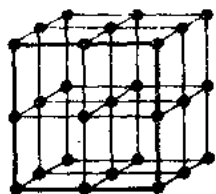
A. 課程

[50] 金屬中之導電，非由物質荷電體所致 金屬中的導電情形雖至今尚未完全明瞭；但是仍有足够的經驗事實，可用以揭露金屬導電的實際情況。其中一個最重要的事實便是在金屬中，電並不是由金屬分子所形成的離子來輸送。這一結論是根據下述實驗得來的：試在電路中接入一段由兩種不同的金屬（例如銅和鋁）熔接而成的導線（第77圖），雖通以強烈的電流，歷時數月之久，我們仍無法在鋁線中發現銅原子，亦無法在銅線中發現鋁原子。由此可見金屬中的導電，一定不是由物質的質點而致。



第 77 圖 一段由銅及鋁熔接而成的導線

[51] 電子氣與電子導電 由熱離子效應的討論可知：使金屬灼熱時，便會放出電子，因此，這些電子只可能鬆弛地和金屬原子結合在一起。此項事實構成了下述金屬導電的觀念，這種觀念曾由另外若干觀察予以證明，即：在各種金屬導體中，其物質質點均組成一種牢固的架子，是謂金屬正離子的空間格子（Raumgitter，第78圖）。在



第 78 圖 銅的空間格子

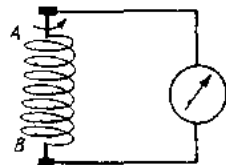
這種位置固定的離子的週圍，約有與其數目相等的自由電子，極不規則的在向各種可能的方向振動。這種電子的行為，和氣體中的分子十分類似（註一）。因此又有所謂電子氣（Elektronengas）、自由飛程（Freie Weglänge）（註二）、電子壓力（Elektronendruck）等名詞，後者的大小，每種金屬都不相同。在金屬線加上電壓後，其中的電子因受電力的影響，多循往正極的方向移動。因此，金屬中的導電乃

（註一） 參看本物理第一部分，第11講，第146節。

（註二） 所謂自由飛程，乃指電子在兩次連續的撞擊間所經過的距離而言。

是一種純粹的電子導電，在此金屬線中流過的電流實為由負極往正極流動的電子流。

〔52〕實驗上的證明 在金屬中真有自由振動的荷電體存在，而這些荷電體又恰為電子一節，可以下述的實驗（註一）證明之。法使一個柱形均勻線圈繞其軸迅速旋轉，然後令之突然停止（第79圖）。這個線圈係與一靈敏的電壓計連接在一起。因為電子本身帶有一些質量（第36節），故當其突然停止時，由于慣性的關係，這些電子必仍沿其運動方向往前移動，而集中於該線的一端。此一端便帶有負電，而另一端則由于電子不足而帶正電。因此，在該線兩端亦會發生電壓。在本實驗中我們可以證實此一電壓，且由計算的結果得知此等自由振動的荷電體，其荷質比 e/m 之值實與第35節所述電子的荷質比十分符合。



第79圖 當一個迅速旋轉中的線圈突然停止時，其中的電子由于慣性的關係，會仍循其運動方向對着位置固定的空間格子移動；因而在A處形成電子過剩，而在B處則形成電子欠缺的情形。

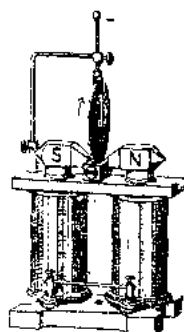
〔53〕由歐姆定律的驗證而得之推論 由金屬導電絕對服從歐姆定律的事實可知：自由運動的電子雖因加上電壓而會發生加速作用；但其運動必然很快的就變成等速的。正和我們在離子導電（第21節）與電解質導電（第47節）中所得的結論一樣，在此必定也有一種減速作用力，也就是說電子與金屬離子間，一定也有一種摩擦力存在。一部分的電子可能在半路上便為帶正電的離子所截留，而由另外一些電子取代了它們的地位，因此在各單位體積中的電子數目始能維持不變。這些電子不論是與另外的電子或正離子相撞，結果均會偏離其運動方向，因而在電流方向上其所得的分速度便會較小。一如倫琴射線管中，電子撞擊對陰極發生高热的情形一樣，電子撞及金屬離子時也會發熱，此時電子的動能一部分遂轉變為熱（即轉變為金屬離子的動能）（註二）

（註一）此實驗乃托爾曼（Tolman）于1916年所設計者。

（註二）根據熱力理論，所有質素的分子均在不停的運動中。在固體中，分子乃繞其平衡位置迅速運動。由于分子具有動能，所以固體有一定的能量，這種能量係以熱的形式表現出來，當溫度提高時，分子的動能也因其運動範圍的擴大而增加（參看物理第一部分，第1講，第145節）。

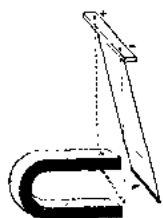
。凡上所述，均可用以解釋電流的熱效應以及所謂電阻的性質。電子在導線中運動的速度極小，這和我們日常由電的迅速傳播所得的經驗完全相反。它的速度約為 0.5 毫米/秒。

[54] 巴洛夫輪 電子與金屬離子間的摩擦，可以下述實驗明顯的表示出來：在蹄形磁鐵的兩極間，懸掛一個可以自由轉動的銅盤；電流係由盤軸和一個裝滿水銀的杯（盤緣與水銀接觸，第80圖）通過。如此，則電子流即由銅盤的中央成放射狀流往盤緣。在第34節中我們已經說明：運動中的電子在磁場中係按 UVW 定則偏離其運動方向。在本實驗中，倘磁鐵的北極係置於右方，則由 UVW 定則可知電子係向圖前偏轉。由于電子與金屬離子間的摩擦，遂使銅盤亦循取這種偏轉方向而作週轉的運動；其轉動的方向，以箭頭示如第80圖。此種裝置稱為巴洛夫輪 (Barlowsches Rad)。



第 80 圖 巴洛夫輪

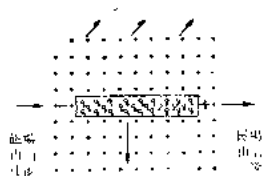
[55] 磁場對一通電導線的作用 實驗：利用兩條細金屬線，將一段由輕金屬製成的導線懸掛于一蹄形磁鐵的兩極之間(第81圖)；並將金屬細線的他端接在蓄電池的兩極上。接通電流後，該金屬線段便為磁鐵兩股間的磁場所排斥或吸引，胥視電子流的方向與磁極的位置而定。說明：在導線中蠕行的電子係按 UVW 定則偏轉(第82圖)，而此一偏向側方的運動，則會由于摩擦的關係傳給導線。此亦可以說明第4節所述的轉動效應



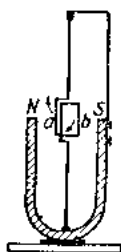
第 81 圖 一通電導線在磁場中運動的情形 (UVW定則)

：即在蹄形磁鐵兩股間的線圈，因有電流通過，故會受到磁力作用而轉動。試順序以 UVW 定則應用于線圈的左(a)右(b)方(第83圖)，可見磁場作用于線圈兩側的轉矩，其方向是完全相同的；由于此種轉矩的作用，故線圈軸才會旋轉至 N-S 方向的極限位置。若將電流的供應

作如下的調整，即當線圈軸與N-S方向重合的那一瞬間，立刻使電子流的方向逆轉，則作用於線圈上的轉矩，其轉動方向仍可保持不變。此種情形，可用所謂**電流換向器** (Kommutator) 達成之。此種儀器乃由兩個互相絕緣的半圓筒所組成，二者均被固定于線圈軸的方向上，且各與線圈的一端連結 (第84圖)。由于慣性的關係，線圈恆會轉過其極限位置 AB；此



第 82 圖 在導線中流動的電子，按 UVW 定則在磁場作用下偏轉的情形。



第 83 圖 磁場對線圈左(a)右(b)側所施的轉動效應，其方向相同。

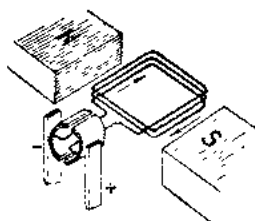
時因為電流的方向已經改變，故又可得到一種方向相同的推進力 (第85圖)。上述整個裝置便是一個電動機；其線圈 (倘裝有軟鐵心者) 則稱為轉子。

例1：1安培的電流強度在1秒鐘內通過導線橫截面的電子究有若干？

解：1安培=1庫倫/秒；若以 x 代表通過該橫截面的電子數，則得公式： $1 \text{ 庫倫} = x \cdot 1.6 \times 10^{-19} \text{ 庫倫}$ ；因此 $x = 1 / 1.6 \times 10^{-19} \approx 6 \times 10^{18}$ 。

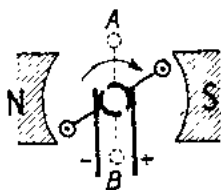
例 2：設電子以 0.8 毫米/秒的速度通過導線，又導線的橫截面若為 2 平方毫米，問其電流強度為若干？

解：為要解答此一問題，我們先需知道導線 (例如銅線) 中一單位體積 (意即 1 立方厘米) 所含的電子數。1 立方厘米內所含的電子數可由下述的假設算出：即其數目與 1 立方厘米內的原子數相同。銅的密度為 8.9 克/立方厘米，其原子量約為 64。根據第 49 節所述，在 1 克原子 (即 64 克純銅) 中含有 6×10^{23} 個銅原子，因此在 1 克中應含 $6 \times 10^{23} / 64$ 個，在 8.9 克 (即 1 立方厘米) 中含 $\frac{6 \times 10^{23} \times 8.9}{64} \approx 8.4 \times 10^{23}$ 個銅原子。在 1 立方毫米中者



第 84 圖 電動機轉子 左邊部分的電子流，其方向係由圖前往圖後；而在右邊部分者，則由圖後流往圖前。

爲上述數值的千分之一，亦即 8.4×10^{19} 個銅原子。若電子的速度爲 1 毫米/秒，則通過 1 平方毫米橫截面的電子數應等於 8.4×10^{19} ；若速度爲 0.8 毫米/秒時，即有 $8.4 \times 10^{19} \times 0.8$ 個電子。今橫截面爲 2 平方毫米，故通過的電子數等於 $8.4 \times 10^{19} \times 0.8 \times 2$ 。因此，電流強度 $I = 8.4 \times 10^{19} \times 0.8 \times 2 \times 1.6 \times 10^{-19}$ 安培 ≈ 21.5 安培。



第 55 圖 當通過極限位置 AB 時，由於電流換向器的作用，轉子中的電流方向便反了過來。

B. 教材問答

師：根據何項觀察而可斷言金屬中之導電，並非由于物質質點所致？

生：利用一由銅與鋁熔接而成的導體，雖長時間通以電流，亦不能在銅中發現鋁的痕跡，又不能在鋁中發現銅的痕跡，以此知之。

師：由金屬的導電，產生了那一種觀念？

生：我們可把金屬想像爲一種由正離子構成的堅固結構，並約有等數的電子在其週圍自由運動。在所加電壓的影響下，這些電子便會一致發生一種朝着正極進行的運動。

師：此種自由運動的電子，其存在是否已有實驗上的根據？

生：由所謂熱離子效應的現象可知：在金屬中，電子與金屬離子間的結合，至低限度是相當鬆弛的。

師：金屬中含有自由電子一事，是否已有直接的證明？

生：有。使一均勻的線圈旋轉極速，然後令之突然靜止，則在線圈的兩端可證明有電壓發生。

師：此項電壓何由發生？

生：由于電子具有質量，當線圈被迫突然停止時，電子便會集中於導線的一端，而其另一端則會發生電子不足的現象。故在線圈的兩端會有電壓發生。

師：利用波爾教授所提供的一個精彩的實驗，可以直接的將電子的運動（雖則不是在金屬中，而是在氯化鉀的結晶中）顯示得明明白白

白。法將一個氯化鉀的結晶，固定在二金屬製的針尖間，並加以約 300 伏特的電壓，以本生焰使結晶溫熱以後，即可見結晶中有一藍色的雲彩由負極緩緩的朝着正極擴張（第86圖）。此中發生的過程如下：由陰極發出的電子為空間格子中的正 K 離子所捕獲後，遂形成電中性 K 原子，後者可使該結晶漸漸變成藍色。金屬導電極適用歐姆定律，由此可得若何之結論？



第 86 圖 氯化鉀結晶中電子流的情形

生：電子的運動必因某種影響而變為等速者。

師：此事何由發生？

生：由金屬與電子間之摩擦而引起。

師：此種摩擦可用何種實驗加以證明？

生：將一個銅盤懸掛于蹄形磁鐵的兩極間，俾其可以自由轉動，且其邊緣可與一盛裝水銀之杯接觸。電流則由盤軸與水銀杯中通入。在盤中作散射狀前進的電子，因為受到磁鐵的作用，遂按 UVW 定則的規定，偏向側方，又因摩擦的關係，促使銅盤隨之而發生轉動。

師：那種電工學上重要的現象可用同樣的方法說明之？

生：任何一條通電的導線在磁場中均會受到一種遵循 UVW 定則之推進力的作用。

師：此種現象為何如此重要？

生：因為圈轉電流計及電動機等的創製都是以這一現象為基礎。

師：線圈在磁場中試圖取得之位置為何？

生：線圈所欲取得的位置，須能使其軸與 N-S 方向重合。

師：電動機上係利用何種特殊裝置，以使轉子轉過此極限位置而繼續轉動？

生：利用的是所謂電流換向器。當轉子由于慣性關係轉過其極限位置的那一瞬間，電流換向器可立即將電子流的方向轉換過來，以使轉子受到同向的推進力之作用。

師：金屬中含有自由振動電子的這一事實，可如何用以說明電流的熱效應？

生：根據熱力學的理論，質素的分子總是不斷的在振動。我們所謂的热，便是此等分子振動時的總動能。在固體中，分子只可就其平衡位置發生振動。如將其振動範圍擴大，以提高其動能，則溫度亦隨之增加。由電子與金屬離子的撞擊，亦可將動能傳給後者，因而使導體的溫度增高。

師：此一說明，和下述的觀察亦屬相符：即不斷的冷却，可使金屬導體的電阻降低。當溫度接近絕對零度（ -273°C ）時，便有一種新的現象發生，此即 1911 年卡牟林-歐奈斯（Kamerlingh Onnes）所發現的**超導性**（Supraleitung）是也。在此情況下，一般導體之電阻大多數是**小至不能加以量度的**。例如將一鉛線圈冷至絕對溫度 7° （即 -266°C ）時，便不再具有電阻了。此時該線圈中因感應（註）而生的電流，恆以相等的強度流通。所有純金屬以及許多合金及化合物都具有超導性。關於超導性的詳細情形，迄無令人滿意的解釋。

生：錳銅與康銅合金的電阻與溫度幾無關係，何故？

師：關於此事，亦未有充分的解釋。准合金的導電性恆小於純金屬者，則無例外。此事可以釋之如下：即當外來的原子進入純金屬的空間格子中時，會使其彎曲扭曲，以致電子在金屬中移動時，在其所經的路程上，會遭受到較大的阻礙。在這兩種合金中，其由此所致電阻的增加必定甚大，而由溫度提高所致者，實際上則變為無足輕重了。

C. 內容摘要

金屬中的導電並非由物質質點而來，而係由能在構成固定空間格子之金屬離子間自由運動的電子所致，故**金屬中的導電**，實為一種純粹的**電子導電**。電子循取負極至正極方向運動之**速度極小**，約為 0.5 毫米 / 秒。由金屬導電絕對服從**歐姆定律**一事可知：**電子在金屬中的運動**非為等速者不可。因此，必有某種能阻碍電子運動的影響存在，這種影響，可視為**位置固定的金屬離子與自由運動的電子間的一種摩擦力**。如此不但可以說明所謂**電阻的金屬特性**，而且可以解釋**導體在通電**

（註）感應的現象，詳見後文詳細討論。

時的發熱現象。在導線中蠕行的電子會因磁場的作用，而按 UVW 定則偏離其運動方向；因金屬與電子間發生摩擦的關係，遂使導線隨之而發生運動。通電導線因磁場的作用而偏轉的發現，導致了圈轉電流計與電動機的創製。

D. 複 習 題

1. 金屬中的導電實情如何？〔50〕及〔51〕
2. 金屬中含有自由電子係用那種實驗予以證明？〔52〕
3. 電子通過導線的速度大小如何？〔53〕
4. 電子氣之命名理由安在？〔51〕
5. 由金屬導電嚴格服從歐姆定律的事實，可得若何的結論？〔53〕
6. 電流的熱效應如何解釋？〔53〕
7. 通電的導線能為磁場所偏轉，何故？〔54〕及〔55〕
8. 電場對通電導線的此種偏轉作用，在工業上有何用途？〔55〕
9. 在絕對零度附近有何令人驚異的現象發生？〔教材問答〕

E. 習 題

1. 電流等於 2.5 安培時，問在 1 秒鐘內通過導線橫截面的電子數為若干？
2. 設自由電子的數目恰與原子數相等，試問在 1 立方厘米的鋁中，含有若干自由電子？
3. 設橫截面為 3 平方毫米的銅線中，其電子速度為 0.4 毫米/秒，試問其電流強度為若干？
4. 試問橫截面為 3 平方毫米，電子速度為 0.4 毫米/秒的鋁線中，其電流強度為若干？

第二編

電場及磁場

第十章

永久電場

A. 課程

[56] **電場與電力線** 在第26節中，我們已經知道一個由兩塊導體所組成的容電器，若在其間加上電壓，則圍繞該容電器的空間，便謂之**電場**。現在，我們要把這種電場的觀念略予擴充，即將任何電力作用所及的空間，統統稱之為**電場**了。

我們現在至少已能借助於一個通過電場的截面，將**電場**的結構弄個明白。茲先以由二帶電球所形成的**電場**為例。由於球體切開之後便成圓形，因此我們可以兩個圓盤來代替它們，將其一同置於一盛裝蓖麻油的平皿中，並在油面上撒佈鐵粉。加上電壓以後，這些鐵粉便會排列成線，由一圓盤彎向另一圓盤處（第87圖）。這種曲線便稱為**電力線**（Feldlinien）。因此電場的結構和許多植物的結構頗相類似，都是纖維狀的。利用同樣的方法可將一平行片容電器的**電場**明白的顯示出來。此時係以兩條金屬帶代替圓盤，而將之平行放置於平皿中（第88圖）。其**電力線**係成平行的直線，由一片通至另一片上。如此的電場稱為**均勻電場**。茲更附加第三種電場圖，此圖係由兩個與負極連接的導體A及B與一個和正極連接的C所構成（第89圖）。由此三圖可知：**電力線**恆與導體的表面垂直。至於**電力線**的方向，則任意定為由接於負極的導體至接于



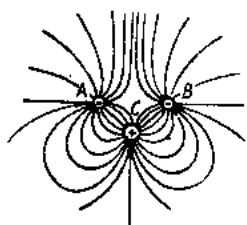
第 87 圖 二圓盤間之電場。
電力線成曲線的形狀，由一盤（A）彎向另一盤（B）處。

正極者的方向（第90圖）。

〔57〕電力線之始末 在第21節中，我們已經確實證明一容電器之兩片上帶有電荷，其在片A上者為負電，片B上者則為正電（第90圖）。又由第24節可知電量乃是一種原子式的結合。因此在兩片上必定也有電的原子存在。在帶負電的A片上，負基本電荷過剩，亦即有過多的電子，因此遂形成了一種電子壓力（Elektronendruck，意即排斥電子的力量）；而在荷正電的B片上，則因電子不足，遂形成了一種電子吸力（Elektronensog，意即吸引電子的力量）。我們可以如此想像：即兩片上



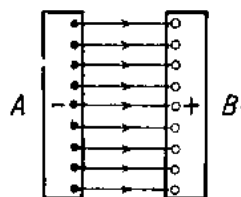
第 88 圖 二金屬帶間的電壓。其電力線係成平行的直線，由一帶通至另一帶處。



第 89 圖 三圓盤間之電場，其中兩個圓盤係與負極，另外一個則與正極連接者。電力線彼此之間互相避讓，故無一處相交。在電力線的側方，有一種壓力存在。

的電原子會向外發生作用力，此等作用力的方向和電力線者相同（電力線實為一種作用力線）。準此，電力線的終點當為基本電荷。又由第56節，由於我們將負極往正極的方向任意定為電力線的方向，因此可知電力線的起點為負基本電荷（即電子），而終點則為正基本電荷（實言之，應為正金屬離子）。故每一電荷均以一種方向有定的纖維狀結構與其週圍的空間聯繫在一起，此等方向有定的纖維狀結構，係依序由一電荷直達另一存在於該空間之相反電荷處。

〔58〕獨立電場 將平行片容電器的兩片與蓄電池的兩極連接後，即可由靜電計見到其中有電壓發生。此時，倘將片與極的連繫予以拆除，則其電壓仍然繼續存在，兩片間的電場亦然。如此的電場稱為獨立電場（Selbständiges Feld）。使A片與B片接觸以後，則靜電計中鉛箔的偏轉重歸於零。此時其中的電場遂歸消滅。由此可知：獨立電場僅在兩導體互相絕



第 90 圖 電力線的終點為基本電荷。電力線的方向，經規定為自負極往正極之方向。