

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本

物理化學及膠體化學

上 冊

И. А. КАВЛУКОВ 等著
虞 宏 正 等 譯



商 務 印 書 館



17222

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本



物理化學及膠體化學

上 冊

И. А. 卡布路考夫等著
虞 宏 正 等 譯

商 務 印 書 館



本書係根據蘇聯農業出版社（Государственное издательство сельскохозяйственной литературы）出版的卡布路考夫（Н. А. Кабулов）、加朋（Г. Н. Гапон）、格林迭爾（М. А. Гриндель）合著，加朋主編的“物理化學及膠體化學”（Физическая и коллоидная химия）1949年第4版（修訂版）譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等農業學校教科書。

本書分兩冊出版。上冊內容共十章，為物理化學部分。原書第三章（§1—25, 27），第四章，第五章（§1—19, 21—29），第六章（§1—8），第七章（§1—7, 9—11），第八章及第十章係卡布路考夫執筆；第一、二章，第三章（§26），第五章（§20, 30, 31），第六章（§20），第七章（§8）係加朋執筆；第六章（§9—19），第九章係格林迭爾執筆。

參加本書翻譯和校訂工作的有西北農學院虞宏正、石聲漢，西北俄學李率麟，西北大學李軾、陳運生等同志。

物理化學及膠體化學

上 冊

虞宏正等譯

★ 版權所有 ★

商務印書館出版

上海河南中路二一五號

中國圖書發行公司發行

商務印書館上海廠印刷

(52121Δ)

1953年9月初版 版正字號153,000

印數1—4,500 定價±13,500

上海市書刊出版業營業許可證出〇二五號

原 序

偉大的俄國學者米哈依爾·華西里約維奇·洛蒙諾索夫(1711—1765)是新的化學,尤其是物理化學的奠基人。洛蒙諾索夫不僅是偉大的化學家,而且還是物理學家,詩人,歷史學家。偉大的俄國詩人 A.C. 普式庚論到他時曾說:“洛蒙諾索夫是偉大的俄羅斯人。他創立了第一個大學。他,說得更合適一點,本身就是我們的第一個大學”。洛蒙諾索夫最重要的發現是:1748年7月16日(舊曆5日)洛蒙諾索夫給數學家歐拉的信中,首次明顯地闡述了物質不滅定律。其後,洛蒙諾索夫重複了波以耳的實驗並消除了他的錯誤。這一錯誤即在於波以耳稱量含有反應物的容器是在瓶口去鋅後作的,因此得到了容器重量的增加。而洛蒙諾索夫,則無論在實驗前,或實驗後,都是鋅封着稱量容器。

在1756年洛蒙諾索夫所作的報告中,他簡潔地表述了他由實驗所確定的物質不滅定律:“在熔封牢固的玻璃容器中作試驗,以討究金屬重量是否因純熱而增加。由於這些試驗發現了,光榮的羅伯特·波以耳的意見是不正確的,因為沒有外面空氣通過,則煅燒過的金屬重量保持着同一個數值”。其次,洛蒙諾索夫在1758年2月10日(舊曆1月30日),在科學院用拉丁文作報告:“關於物質的量與重的關係”,在其中也述說了自己的定律。最後,洛蒙諾索夫,在1760年9月17日(舊曆6日)用俄文所作的:“論物質的固性與液性”這一報告中,除了物質的不滅定律而外,並提供了能的(或者是力,像當時稱能一樣)不滅定律:“自然界內所發生的一切變化,都是這樣的一種情況,就是從一種物質中奪去若干東西,便有同樣多的東西,與另一物體合併。即在某一地方減少了若干物質,則在另一個地方也增加了若干……,這個普通的自然定

律，也可以引用到運動的定律上：因為物質用自己的力量，使另一物體運動，它本身失去多少力量，它就把多少力量傳給由於它而得到運動的另一物體”。

拉瓦錫在 1774 年發表了自己在封鐸的容器中燃燒金屬的試驗，並且得到了與洛蒙諾索夫同樣的結果。

所以自然界中兩個基本的規律：物質不滅定律和能不滅定律，發現的優先權屬於洛蒙諾索夫。

“物理化學”這一名詞，也是由洛蒙諾索夫提出的。舉出他的著作：“物理化學概論”，“真實的物理化學教程”等等，就足以證明了。下面有趣味的事實，可以證明，洛蒙諾索夫的觀念，遠超出專家範圍以外。A.C. 普式庚(全集，1949 年版，第十一卷)在“由莫斯科到彼得堡旅行記”一文中，全部的引證了洛蒙諾索夫在 1751—1756 年間的報告，在這個報告裏，洛蒙諾索夫逐年地報告了自己在化學，物理，歷史及人文科學方面的著作。在 1751 年，在化學方面應當指出的是：“發明了物理化學上某些新的儀器”。在 1752 年：“爲了對全部化學清楚的理解和簡潔的認識，口述給學生並解釋用拉丁文在物理化學中所作的序論。……”在 1756 年歸納出上述的物質不滅定律。

洛蒙諾索夫把物理化學的任務總括地敘述如下：“物理化學是一種科學，根據物理學的原理和實驗來說明，在複雜物體中，通過化學程序所發生現象的原因”。

其次，洛蒙諾索夫創建了氣體分子運動學說的基礎，研究了溶入鹽類後水的冰點降低等。洛蒙諾索夫主張在化學的研究方面，利用定量的方法和物理學。他爲了自己的研究，第一個組建了並利用了化學實驗室。

在國外文獻中通常認爲奧斯脫華特與范特——荷甫在萊比錫出版

刊登他們著作的“物理化學雜誌”的 1887 年，是物理化學創始的一年。這是不正確的。我們已經看出，洛蒙諾索夫是第一物理化學家。而且俄國其他學者在 1887 年以前的著作就已表明了，他們所研究的物理化學問題，深刻到什麼程度。

H. H. 別契托夫(1826—1911)於 1865 年，在自己的博士論文中，論述了質量作用定律的個別公式。他曾經研究了在各種不同的壓力下，氫對於銀、汞鹽溶液的作用。由這些試驗中，別契托夫得到結論：氫的這種作用，與它的壓力和金屬溶液的強度有關，或者換句話說，與還原物質的化學質量有關。隨後他又直接了當地說“氣體的作用，與壓力或質量成比例”。在這裏，別契托夫開始構成質量作用定律，要比甘德堡與萬格(1867)早兩年。就在這個著作中，別契托夫描述了用鉛從氧化物中還原鋇和鉀的作用。別契托夫的這一發現，在後來就導出鉛熱法。

從 1865 年起，別契托夫在哈爾科夫大學講授物理化學課程。當時在數理學院成立了物理化學系，在這一系裏，除講授化學外，同時，研究數學，力學及理論物理學。所以，在俄國物理化學首先獲得了普通教育的意義。

最後，我們指出，物理化學的第一個課本，是在 1876—1877 年在俄國由 H. H. 劉巴溫寫的；這部“物理化學”分兩冊出版。劉巴溫認為“物理化學，探求與元素機能及個別物質無關的化學現象的規律，因此，它研究過程的本身，而不研究參加在其中的物質”。這個課本內容，包含着至寫書時為止，在物理化學方面所積累的全部材料。

所以“物理化學”這一名詞，經由洛蒙諾索夫，別契托夫，劉巴溫，在 1887 年才傳入國外的文獻，而取得公認。

我們再來引證在 1887 年以前俄國學者在物理化學方面的一些成

績。

T.E. 洛維茨發現了炭吸附溶質的能力(1786), 研究了過飽和與過冷現象, 製得了結晶的醋酸(1889)和純乙醇(1796); B. B. 彼得洛夫發現了他在 1803 年描述的電弧; I. T. 傑斯確定了熱化學中熱的總和恆定的定律(1840), 這是能不滅定律的一個推論。1842 年他又確定了熱中和定律; Л. И. 阿巴雪夫研究了非水溶液的生成熱(1868); Л. И. 門德列也夫(1868)提供了“絕對沸點”即後來稱為臨界溫度的定義。在 1869 年, Л. И. 門德列也夫發現了元素週期律; B. Ф. 阿列克塞也夫確定了液體相互的溶解度(1879—1885)及與相互溶解度的極限相當的臨界點; Л. И. 科諾瓦洛夫(1884)確定了溶液的沸騰定律。他闡述了液體溶液蒸餾的現象決定於溶液的蒸氣張力與其成分的關係這一原理。恆沸混合物與混合物蒸氣張力曲線的最高點和最低點相對應; A. 達尼列夫斯基(1862)利用新沉澱火棉膠的吸附從胰臟的胰酶分離澱粉酶, 這是色層分析法的初步。

最後, 我們可以提到在物理化學這一科學方面具領導地位的物理化學家的名字, 他們的活動是在 1887 年以後一個時期中。如: И. A. 卡布路考夫, И. A. 門休特金, B. A. 奇斯卡可夫斯基, B. A. 普洛特尼科夫, Л. B. 匹薩爾熱夫斯基, И. C. 庫爾納科夫, B. Ф. 路給寧, M. C. 茨野特, И. Ф. 史列解爾, И. A. 希洛夫, A. B. 拉科夫斯基等。

在現在, 偉大的斯大林時代, 在蘇聯, 有大批的物理化學家在工作着, 他們是偉大俄羅斯學者所有優良成績的承繼者和追隨者。

中央人民政府高等教育部推薦 高等學校教材試用本的說明

充分學習蘇聯的先進經驗，根據國家建設需要，設置專業，培養幹部，是全國高等學校院系調整後的一項重大工作。在我國高等學校裏，按照所設置的專業試用蘇聯教材，而不再使用以英美資產階級教育內容為基礎的教材，是進一步改革教學內容和提高教學質量的正確方向。

一九五二年九月二十四日人民日報社論已經指出：‘蘇聯各種專業的教學計劃和教材，基本上對我們是適用的。它是真正科學的和密切聯繫實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決。’我們現在就是本着這種認識來組織人力，依照需要的緩急，有計劃地大量翻譯蘇聯高等學校的各科教材，並將繼續向全國推薦，作為現階段我國高等學校教材的試用本。

我們希望：使用這一試用本及今後由我們繼續推薦的每一種試用本的教師和同學們，特別是各有關教研組的同志們，在教學過程中，對譯本的內容和譯文廣泛地認真地提出修正意見，作為該書再版時的參考。我們並希望各有關教研組在此基礎上逐步加以改進，使能結合中國實際，最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府高等教育部

上 冊 目 錄

原序

第一章 物質構造學說基礎 1

原子構造 電子 質子 正子 中子 其他基礎微粒 原子核 帶正荷的離子 中性原子 帶負電的原子 原子中的電子羣 原子質的電子學說

第二章 物質聚集狀態的理論 18

上 氣態的理論 18

理想氣體 理想氣體狀態 波以耳定律 蓋·呂薩克定律 理想氣體物態方程式,或克萊普朗方程式 氣體的濃度 道爾頓定律 分子運動學說 實在氣體 臨界現象

中 關於液態的理論 41

液態的基本特徵 液體的容積關係 液體表面張力 厄安史——蘭姆塞定律 司卡司基法則 巴欽斯基方程式與等張比容 液體的內部摩擦 液體的熱導性質 液體的分子運動學說

下 固體聚集狀態 58

固體的意義 結晶體的構造

第三章 熱力學基本定律 62

能、動能與位能 能不滅定律 體系能的表示 熱力學第一律 不作外功的氣體膨脹 在固定壓力下氣體的膨脹 氣體的等溫膨脹 氣體的絕熱膨脹 化學能,熱化學第一律 熱力學第二律 噶爾諾循環過程 克勞修斯——克萊普朗方程式

第四章 熱化學 81

熱化學發展史 熱化學測量單位 基爾希霍夫方程式 在定壓與定溫下的反應熱 呂·查德里——范特荷甫原則 水合熱 中和熱 生成熱 燃燒熱

熱力學第二律對熱化學的意義 98

最大功的原則 熵 化學反應時熵的變化 自由能減少的法則 納恩斯特熱定理

第五章 稀溶液 115

溶液 溶液的蒸汽張力 溶液的冰點與沸點 阿累尼烏斯學說 門德列也夫水合學說

第六章 化學反應速度 141

何謂化學反應速度 速度常數 單分子反應 雙分子反應 當量物質間的

反應 非質量物質間的反應 作為單分子及雙分子的反應 溫度對於反應速度的影響 催化作用 活化熱 活化能 溫度對於活化分子數的影響 連鎖反應 催化劑對於活化熱的影響 光合作用	
第七章 化學平衡理論	160
質量作用定律 質量作用定律的動力學的推論 對於氣態單相體系的平衡 質量作用定律熱力學的推論 離解現象的發現 氣體物質的離解 氨的合成	
在均勻液體介質中的動態平衡	173
酯化作用 酯的生成反應研究 間接測定反應熱的方法	
第八章 不均勻體系的平衡	179
相律 元的選擇 自由度的數目 不變系及單變系 雙變及三變系	
固體的離解	184
碳酸鈣的離解 離解強力的突變	
第九章 在電場中離子的運動	189
上 電解	189
伽伐尼的發現 法拉第的電解定律 電化當量 一克當量的電荷 電解的初級過程與次級過程 電解在技術上的應用	
中 離子的遷移	195
離子的運動 遷移數 物質在溶液中的狀態 溶質和溶劑的相互作用	
下 電導	199
對電流的阻力 溶液的電導 電導的度量 溶液的電導率 溶液的當量電導 無限稀釋時的當量電導 電解質溶液電導的阿累尼烏斯公式 科拉希定律 離子的遷移率 離子的絕對速度 離子速度的直接測定 電導與結晶度的關係 用電導法測定離解度的阿累尼烏斯公式	
在非水溶液中電解質的行為	217
卡布路考夫的工作 電導的測定 水的電導 在實驗室與工廠中電導方法的利用	
第十章 電解質溶液中的化學平衡	225
稀釋定律	225
離解度與稀釋的關係 稀釋定律的應用 鹽的水解 弱鹼強酸鹽的水解 強鹼弱酸鹽的水解 弱酸弱鹼鹽的水解 水解常數與酸鹼強度的相互關係 水解度 具有共同離子的強電解質對弱的酸及鹼離解度的影響 兩性電解質 溶度積	
八名對照表	239

下 册 目 錄

第十一章 電動勢..... 243

電能的獲得 用抵償法測定電動勢 電動勢發生的位置

電動勢發生的學說 247

原電池滲透學說 納恩斯特的基本公式 濃差電池 氣體電極電池 有不同溫度 c_1 與 c_2 的電解質所構成的濃差電池 濃差電池的應用由電池電動勢測定離子濃度 用測定電動勢的方法測定難溶物質的溶解度 水的離解常數的測定 氫值 C_H 與氫離子指標 pH

電極電位的測量 263

參比氫電極 參比甘汞電極 金屬與其鹽溶液間的電位數值的測定 原電池電動勢的計算 電池的電動勢及化學過程的最大功

氧化電池 270

氧化還原電池 氧化—還原電位 氫醌電極 第二種電極 氫離子濃度的測定 由各個電極配成電池的方法 毛管靜電計

電位滴定法 282

電位滴定法的原理 酸與鹼的電位滴定

pH 數值及其測定法..... 285

在生物學的過程中離子的作用。在農業、工業及醫學上 pH 的意義 測定技術的簡化及電測容器的改良 測定 pH 的電池 玻璃電極 緩衝混合液 使用指示劑測定 pH 的比色法 單色指示劑比色法 比色法誤差的來源 強電解質學說的基礎 各種方法測定的強電解質離解度的比較電解質對於難溶鹽類溶解度的影響 稀釋定律的偏差 稀釋定律不能應用的原因 強電解質的活度

第十二章 吸附..... 312

吸附現象的特徵 在氣體與固體界面的吸附，耶格茂學說 氣體吸作用的動力學 液體與氣體界面的吸附—吉布斯方程式 在液體氣體界面吸附中單分子層的形成 液體與固體界面的吸附 硬度的吸附降低 電解質在固相上的吸附（極性的或離子的吸附）專屬性吸附，即決定電位離子的吸附 交換吸附 分子吸附 炭專特的色層分析法

第十三章 膠態分散體系及其製備..... 354

分散體系的種類 物質的晶態與膠態 多級分散及其檢查 膠態分散體系的分類

膠態溶液的製備 360

膠態溶液製備方法的基本區分

上 分散法 360

機械分散 化學分散 膠溶	
下 凝聚法	382
電力法 分子態分散的物質的凝聚 過飽和的作成方法 氧化還原方法	
分解法 互換反應法 透析與電透析 超濾法	
第十四章 分散系的動力學性質	373
分散系的滲透壓力 沸點升高公式於懸垂微粒方面的應用 布朗運動	
漲落 沉降分析	
第十五章 膠態體系的光學特性	383
分散系中光的散射 法拉第一丁鐸爾效應 比色分析與比濁分析 超顯	
微鏡術 膠體微粒尺寸的測定 分級 電子超級顯微鏡	
第十六章 膠態體系的電學特性	397
膠粒的電荷 膠體電荷符號的測定 電泳的速度 膠粒電荷的大小 電	
滲 流動電位與沉降電位 動電勢 動電勢的測定	
第十七章 膠體溶液的理論	409
膠體溶液的微粒結構 膠體溶液理論的概述 矽酸的溶膠 氧化鋁的溶	
膠 憎液膠體的溶膠結構的一般見解 親液膠 蛋白質膠體的結構 憎	
液膠與親液膠的粘性 憎液膠與親液膠	
第十八章 膠態體系狀態的轉變	446
聚集態不穩定度的概念 等電狀態 臨界電位 叔爾曼—哈代法則 轉	
變電荷,本規則過程 電解質混合物引起的凝結,離子對抗作用 在生理	
過程中的離子對抗作用 敏化 “保護”現象 膠體使膠體凝結 積習現	
象 凝結的速度 斯謨魯霍夫斯基的凝結學說 慢凝結 機械的凝結	
可逆膠體的凝結	471
可逆膠體的電荷 可逆膠體的凝塊 可逆膠體溶膠的凝結	
膠溶作用	476
被膠溶物質的狀態 膠溶劑 膠溶的種類 固相分量對膠溶效果的影響	
膠溶現象的應用	
第十九章 凝膠或凍膠	481
凍膠的分類	
膠凝	482
溫度,溫度及時間的影響 電解質對於膠凝的影響	
腫脹	484
組分與腫脹程度的關係 測量腫脹的方法 腫脹壓力 電解質對腫脹的	
影響 腫脹在生理及工業過程中的意義 凝膠的結構 觸變現象 脫液	
收縮,即離漿 滯後現象 在凝膠中的吸附 在凝膠中的擴散作用與反應	
第二十章 膠體溶液的滲透壓力	496
杜南平衡	

物理化學及膠體化學

第一章 物質構造學說基礎

原子構造

§ 1. 希臘文中原子(ατομ)這字的原義爲“不可再分”;直到十九世紀末葉,原子都是用來表示用任何方法也不能再分成組份的物質的最微細的微粒。但是普勞烏特(Prout)早(1811)就提出過一個假定,認爲所有元素的原子都是複雜的,而且都是由最輕的原子即氫原子構成。這假說出現時曾有一點明確的根據,即當時已知的多數元素的原子量恰爲氫原子重量的整數倍。普勞烏特的假說,引起了大量研究工作,去精確地測定原子量。實驗所得材料卻與這假說矛盾,因爲精確測定表明,大多數元素的原子量,不能用整數表示。爲了彌補這困難,在以基礎物質表示原子量時,便引用了 $\frac{1}{2}$ 與 $\frac{1}{4}$ 的數值。

因此,普勞烏特的假說,在十九世紀中葉被揚棄了,直到相對論與同位元素學說問世後,它才以改變了的姿態重新出現。

海姆荷茨(Helmholtz)(1881)提出了原子的電的構造假說。根據法拉第(Faraday)的定律,海姆荷茨指出物質的原子構造假說,無可避免地要引伸到原子的電的構造假說。法拉第的定律可以表述如下:原子可以與一個基礎電荷(即一定分量的電),或與整數倍數的基礎電荷相結合。

海姆荷茨以電解的現象爲基礎,作出了結論,認爲有基礎電荷存

在，電的原子（正性或負性）永遠與物質的原子相結合。所以僅由法拉第定律，還不能推出電的原子或電子（正性的與負性的）能以游離狀態存在。可是在海姆荷茨的原子電的構造概念問世前數年，就已發現了陰極射線，這射線不是別的，正是負電子的流。

電 子

§ 2. 電子流可以陰極射線的形式而得到。當電荷通過稀薄氣體時，陰極放出光線，這光線的道路，由留在管中的稀薄氣體放出的微光而現出，這就是陰極射線。陰極射線受磁場與電場的影響而生偏折。由陰極射線受電場的影響而生偏折的事實，可知該射線必定是帶電微粒組成的流，而不是波動。陰極射線流向陽電極方向偏折，這就證明陰極射線的微粒是帶負電的。陰極射線微粒的負電荷，可以直接證明，因為陰極射線射在金屬片上，能叫它帶負電。陰極射線在磁場或電場中發生偏折時，我們不見光束分散，這就說明在一定的電位降落的情況下，所有電子微粒的質量，電荷及速度，都是相同的。

曾有人假定，陰極射線是游離的負電原子流所組成，這些負電原子稱為電子。要證明這假定，第一必須確定電子的電荷，並證明它與基礎電荷相等（後者的數值由法拉第定律可以導出）；第二，必須測定電子的質量，並證明它與已知的任何物質原子的質量不相同。

但是分析磁場與電場中電子的偏折，只能得到電荷與電子質量 m 的比率：

$$\frac{e}{m}。$$

這個比率等於：

$$\frac{e}{m} = 5.31 \times 10^{17} \text{ 靜電單位} = 1.77 \times 10^7 \text{ 電磁單位。}$$

比率 $\frac{e}{m}$ 的數值與作成陰極的材料，陰極管中氣體的化學性質，以及實驗時外部條件的變化，完全無關。

要個別地測定電子的電荷與質量，必須由其他方面作實驗。測定電荷的原理如下。把用分散的方法得到的，並且有一定重量的小油滴，引入容電器的兩個水平平板電極之間，並使它們充電。重力牽引油滴垂直下降。利用在容電器上側薄板上的適當電位，可以使靜電力牽引油滴上升。

調整平板電極間的電位差，我們可以使油滴浮懸不動。在這樣的均衡下，重力恰與方向相反的靜電力互相抵消。如果用紫外線照射這油滴，它便失去一個或幾個電子。如果這時要使油滴回到原位，必須用較小的電位差。在這種實驗當中，電位差的變動是跳躍式的。由多次這樣試驗，我們可以得到電子電荷的值。電子的電荷等於：

$$e = 4.774 \times 10^{-10} \text{ 靜電單位} = 1.601 \times 10^{-19} \text{ 庫倫。}$$

這數值也可以由法拉第定律導出。應當注意，一克當量的任何離子所帶電荷均等於 $F = 96490$ 庫倫。用電子電荷除 F ，所得的正是亞佛加德羅 (Avogadro) 常數（一克分子中的分子數目）：

$$N = \frac{96490}{1.601 \times 10^{-19}} = 6.022 \times 10^{23}。$$

這數值與直接測定的相符。所以我們可以認為電子電荷，與由法拉第定律計算出來的基礎電荷是一致的。

已知 $\frac{e}{m}$ 及 e ，就可以算出電子質量：

$$m = \frac{4.774 \times 10^{-10}}{5.31 \times 10^{17}} = 9.0 \times 10^{-28} \text{ 克。}$$

這質量即等於氫原子質量 m_H 的 $\frac{1}{1840}$ ，氫原子質量，可由氫原子量與亞佛加德羅常數算得：

$$m_{\text{H}} = \frac{1.00778}{6.02 \times 10^{23}} = 1.67 \times 10^{-24} \text{ 克。}$$

這些材料說明，電子不是任何已知物質的原子。在許多實驗，證明電子是一切元素原子的組份。在裝有不同氣體的，用不同材料製成的各種陰極管中發生的電子微粒，質量與電荷完全相同。又，任何金屬片，受紫外線照射，便放出電子而帶正電。這樣放出的電子，它的質量與電荷，和由陰極放出的電子的質量與電荷是一樣的。各種物質，尤其是金屬，簡單地加熱時，也會放出電子。

以上所講各種電子放出，都由外因引起的。但在某些自動的過程中，也可以放出電子。例如某些元素的放射性蛻變，就與放出電子有關。

質 子

§ 3. 電子是負電的原子。當然，學者們也曾嘗試着孤離正電的原子。1932年以前，大家認為質子是正電的原子。

在裝有稀薄氣體的管中放電時，我們可以觀察到由陰極向陽極流動的電子流。顯然，帶正電荷的微粒，應該依相反的方向流動，即由陽極向陰極流動。如果在陰極中鑿一孔，從孔後觀察通過陰極的射線，便可得到帶正電微粒的流。所以這射線稱為向陰極射線或陽極射線。在研究組成陽極射線的微粒的本質時，曾應用了與研究電子時所使用的同樣方法。陽極射線在電場及磁場中偏折微小，這是陽極射線與陰極射線不同的地方。這可用陽極射線的微粒質量來說明。實際上，陽極射線微粒的電荷與質量比率 $\frac{e}{m}$ 的測定，表明了與普通離子的 $\frac{e}{m}$ 比率相符合。由此可以得出結論，根據這個結論，陽極射線是帶有正電的普通元素原子的流。

研究氫的陽極射線，表明了帶有正電的氫原子，是帶一個正電荷的最輕的微粒，它的電荷，與電子的負電荷相等（但符號相反），這種微粒稱為質子。曾經把質子假定為正電的原子。這假定是不對的，由下文可以見到。

正 子

§ 4. 認為質子是正電的原子的假說，在說明正荷的質子與負荷的電子質量差異上，遭受了嚴重困難。尋求說明這差異的各種嘗試都失敗了。由此可以得出結論說，認為質子是正電的原子這個假說是不正確的。但是只有在正電的原子——正子——發現後，這個假說才宣布破產。

正子的發現，曾利用了研究原子變化的主要工具，威爾遜霧室。

威爾遜霧室的說明見圖 1。霧室中裝有飽和了水汽的空氣。預先把空氣淨化，使不含塵埃。如果把活塞很快的放下，則霧室裏的空氣因膨脹而冷卻。霧室空氣中就充滿過飽和水汽。因為沒有懸垂着的帶電的塵埃微粒，所以過剩的水汽便不能凝結成霧點。這時如有帶電微粒飛過霧室，則它經過的途徑上，便會有水汽凝結為霧點，成一條霧跡。由霧跡的照片，就可以看出微粒進行的徑跡（如圖 2）。

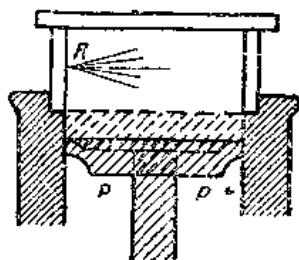


圖 1. 威爾遜霧室。

這類現象，可以說明如下。飛行的微粒與氮、氧、水汽分子碰撞時，後者就失去電子而離子化。過飽和的水汽，就在離子的周圍凝聚。由於微粒飛經道路上生成的離子周圍所形成的霧滴，所以微粒經過的路徑便可以看見。利用霧室研究宇宙射線時，在照片上可以看出正子即正電子的徑跡。