

宇宙射線淺說

胡乾善，編著
教授

正中書局印行

宇宙射線淺說

編著者

胡 乾 善

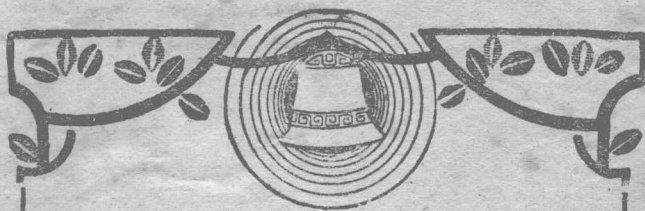
送給南京學院圖書館

丁地文

52/11/11



正中書局印行



版權所有
翻印必究

中華民國三十二年三月渝初版

中華民國三十五年五月滬一版

宇宙射線淺說

全一冊 定價國幣一元四角

(外埠酌加運費匯費)

編著者 胡 乾 善

發行人 吳 秉 常

印刷所 正 中 書 局

發行所 正 中 書 局

(1506)

校：曉

序 言

宇宙射線是今日物理學中一個最有趣最重要的問題。宇宙射線之發見在 1911 年。由於研究設備方面的困難，所以直到 1930 年，我們對牠所知還是甚少。1930 年以後，物理學界已漸知宇宙射線問題之重要。世界上第一流的物理學家，如密里堪 (R. A. Millikan)，康普吞 (A. H. Compton) 等，均率領其生徒從事於宇宙射線之研究。數年之間，各國學者致力於此問題者如雨後春筍。研究結果之發表，則風起雲湧。最近物理學者在美國曾開宇宙射線討論會數次，集世界各處專家於一堂，真可謂極一時之盛矣。

國內的一般讀者，對宇宙射線常有一種錯誤的聯想，即每提起宇宙射線，他們就想到所謂「死光」者。「死光」一名詞流行已多年。但「死光」究為何物，現在尚無確定的定義。在物理學上，「光」是一種電磁波動。若謂能殺死生物的光即「死光」，則死光甚為普遍。凡短波光，如紫外線，X 射線， γ 射線等，均有破壞細胞之本領。如此等光之強度夠大時，任何生物均能被害。此種作用吾人知之已久，毫無神祕之處。若謂「死光」為能作軍事攻

製，且有長距離效應之「光」，則吾人可斷言現在尙無此物。若干報章及通俗雜誌常對「死光」發表不可靠之文字，實屬擾亂聽聞！

宇宙射線來自地球以外，其中有貫穿力甚大之射線。數丈厚之鋼鐵，此種射線可穿而過之。以此種射線之強度極微弱，且吾人不能控制使之集中，故其絕無被用以殺害人類、摧毀文明之可能（至少目前如此）。使用強度甚大之X射線及 γ 射線者，如遮蔽不慎，常有受射線損傷之可能。由於宇宙射線強度極小，研究宇宙射線者，絕無此種危險。

宇宙射線來自何處？吾人確知其原射線之來源不在地球上，亦不在太陽系中。據康普吞之意見，其來源當在我們的銀河系中。

宇宙射線之分布極廣，地球表面上無處無之。雖在地磁赤道附近之強度，較在南北極附近者為稍弱，然此差別亦不大。地球表面上，大氣中到處均有宇宙射線。地球表面以下，在數百米深之礦井中，宇宙射線仍未絕跡。為研究宇宙射線，物理學者幾曾走遍世界，曾乘氣球飛升至14000米之高空中，亦曾攜帶儀器降入於六七百米深之礦井內。

宇宙射線內含有能量極高之帶電質點，其能量可高於普通 α 及 β 質點能量之千百萬倍。吾人今日對極高能質點之行爲，完全靠宇宙射線之研究，供給知識。故宇宙射線實給近代物理

學開一新境界。從研究宇宙射線，安德森 (C. D. Anderson) 氏發見了正電子。從研究宇宙射線，耐德美厄 (S. H. Neddermeyer) 及安德森氏等又發見了重電子。近十年來物理學上最重要之事跡，是中子，正電子，及重電子之發見。此三種新質點中之二，都是由研究宇宙射線而發見的。由於研究宇宙射線之成績，而獲得諾貝爾獎金者已有二人——安德森及黑斯 (V. F. Hess)。宇宙射線問題之重要，也就可想見了。

對於宇宙射線之研究，美國的貢獻最多。英、德、法、意、荷、匈等國內亦均有多人在此方面工作。就是在日本最近也很有幾個人曾發表他們的研究結果。在我國因受抗戰的影響，研究設備異常困難，故尚未能有何成績。著者前曾從英國布賴克特 (P. M. S. Blackett) 教授在此方面工作三年，回國後，仍無時不在注意此問題中。今願以此小書喚起國人對宇宙射線之興趣及認識，庶將來對宇宙射線之研究，亦可不落他人之後。

本書之第五章第1節，對於各種射線之普通性質論述頗詳，凡非專習物理之讀者，可提前於第一章之後讀之。本書因屬淺說性質，故對太專門之問題不便討論過詳。書中每章後均附有參考文獻，以便程度較高讀者之尋閱。

著者學識淺陋，文筆生澀，深恐有負讀者諸君。國內學者，苟不棄而對本書時加指正，則著者幸甚，本書幸甚。

胡乾善敬識，

樂山國立武漢大學，

民國三十年八月廿日。

目次

第一章 宇宙射線之發見 1

1. 游離作用及游離射線 1
2. 大氣中之游離者 3
3. 宇宙射線之發見 4

第二章 研究宇宙射線所用之儀器及方法 7

1. 游離室 7
2. 計數器 9
3. 重合計數法 12
4. 雲跡室 15
5. 雲跡之寬度及其時齡 18
6. 射線之能量與其雲跡之曲度 20
7. 計數器控雲跡室 21

第三章 地球上各處宇宙射線之強度 ... 24

1. 射線強度與高度之關係 24
2. 地面下射線強度與深度之關係 26
3. 緯度效應及經度效應 27
4. 緯度效應之學說 30
5. 東西效應 33

第四章 射線叢及游離爆發 36

1. 正電子及射線叢之發見 36
2. 射線叢曲線 38
3. 自各種元素中所造出之射線叢 41
4. 廣大射線叢 42
5. 游離爆發 44
6. 造叢射線 47

第五章 高能質點之性質 52

1. 普通高能質點 52
2. 游離作用 55
3. 輻射作用 37
4. 光子之吸收 60
5. 射線叢之層造學說 61

第六章 重電子 67

目	次	3
1. 重電子之發見	...	67
2. 重電子之質量	...	69
3. 重電子之壽命	...	70
4. 重電子之產生	...	72
5. 重電子射線叢	...	74

第七章 宇宙射線之本質 ... 77

1. 海面之宇宙射線能譜	...	77
2. 次射線之本質	...	79
3. 原射線之能譜	...	80
4. 原射線之本質	...	81

第八章 宇宙射線之強度變更及來源 ... 86

1. 強度與大氣壓力及溫度之關係	...	86
2. 射線強度之時變	...	87
3. 宇宙射線之來源	...	89

人名對照表	...	93
-------	-----	----

中英名詞索引	...	96
--------	-----	----

第一章 宇宙射線之發見

1. 游離作用及游離射線

吾人知每個原子(atom)均為由一個原子核(atomic nucleus)及若干負電子(negative electrons)所合成者。原子核帶正電,其質量約與原子之質量相等。各負電子(亦可簡稱電子)均帶負電,其質量甚小。最簡單之原子為氫(hydrogen)原子,祇有一個電子,其原子核為一質子(proton)。最複雜之原子為鈾(uranium)原子,有 92 電子,其原子核為由 92 質子及 146 中子(neutron)所組成者。

普通原子均為中性的(neutral),故其原子核所帶之正電,恰等於其電子所帶之總負電。在原子物理學(atomic physics)中,吾人常用一個電子所帶之電荷(electric charge),作電荷之單位。此單位等於 4.80×10^{-10} 靜電單位。用此單位表示一個原子核所帶正電之多少,即等於該原子之原子數(atomic number) Z 。例如氫原子核(即質子)帶一單位正電,氫原子之原子數 Z 即為 1。鈾原子核帶 92 單位正電,故其原子數 Z 為 92。

在一中性原子內,因原子核正電與電子負電之吸引,故各

電子不會自己脫離其原子而逃走。如吾人將一原子中之電子取出一個，吾人必須作相當之功 (work)。當一原子失其一電子時，其正電比負電多出一單位，因之吾人稱之爲正游子 (positive ion)。已脫離原子之電子，或單獨存在，或與一中性原子或分子結合，被稱作負游子。將一中性原子或分子分爲二個正負游子，即名爲游離作用 (ionization)。

以原子及電子過小，吾人不能直接用手將彼等分開。故游離作用須賴一游離者 (ionizing agency) 執行。普通游離者均爲一種射線 (rays)。最常見之游離射線 (ionizing rays) 有兩種：

(A). β 射線 β 射線爲高速度之電子。多種放射元素 (radioactive elements) 均放射此種射線。用普通低壓放電 (low pressure discharge) 所得之陰極射線 (cathode rays)，亦可屬於此種射線。其速度可以高至每秒二三十萬仟米，與光速差不多。

(B). α 射線 α 射線爲高速度的氦原子核 (helium nucleus)。此種質點名爲 α 質點 (α -particle)。帶有 2 單位正電。其質量比電子約大七八千倍。其速度多在每秒一二萬仟米左右。其游離本領 (ionizing power) 極大，因之射程 (range) 極短。多種天然放射元素，均放射此種射線。現在以人工方法亦可造成之。

實際上凡速度相當大之帶電質點 (charged particles) 均能

直接游離，上述射線不過其中最常見之二種而已。

除能直接游離之射線外，尚有可以間接引起游離作用者。 γ 射線，X射線，紫外射線等均屬此類。此種射線吾人今日均可以人工方法產生。 γ 射線則多種放射元素均能放出。此種射線均為中性的，其本質均為電磁波(electromagnetic waves)，亦可謂之光子(photon)。牠們偶可以將原子中之一電子碰掉，此種作用名為光電效應(photoelectric effect)。被碰掉之電子有時可以由碰撞而得到相當大之速度，因之成一游離射線。 γ 射線及X射線之貫穿本領(penetrating power)均甚大。

2. 大氣中之游離者

約於1900年，威爾森(C. T. R. Wilson)⁽¹⁾及哀爾斯特(J. Elster)與改特爾(H. Geitel)⁽²⁾等，發見在一密封器具內，空氣稍有導電性。此種導電性之大小與空氣之溼度無大關係。以後買克列男(Mc Lennan)等又發見此種導電性與儀器之四周環境有關係。如用厚重物質包圍儀器，則儀器中之導電性立即變小。於1899年，哀爾斯特及改特爾二氏⁽³⁾發表其用游子解釋氣體導電性之學說。依此學說，一密閉器具中空氣之有導電性，表示在該器具中，隨時均有若干游子被造出。厚重物質之包圍，可使器具中氣體之導電性減小，又表示在器具中造出游子之游離者，必有一部分來自器具之外。

吾人知普通金屬中往往含有少量的放射物質。故一金屬儀

器之自身常可放出 α β 或 γ 射線，此種射線吾人稱之爲剩餘輻射 (residual 或 wall radiations)。岩石泥土之中，常含有少量的放射元素，如鐳 (radium)，釷 (thorium) 等。此種物質所放出之射線名爲土地輻射 (earth radiations)。鐳、釷等元素均不斷的變成射氣 (emanation)。此種射氣可以自土地中遺出而混於大氣中，其自身及其以後變成之各元素，在大氣中又均能放出射線。此種射線名爲大氣輻射 (atmosphere radiations)。故密閉器具中氣體之導電性，應爲此三種射線在器具內造出之游子所引起者。關於此等問題，讀者可參閱 V. F. Hess 所著 The Electrical Conductivity of the Atmosphere and its Causes (1928) 一書。

3. 宇宙射線之發見

爲研究上述三種射線對空氣游離作用之大小，物理學者曾測定各處空氣中游子產生之多寡。在冰山及湖海水面上游離作用較小。因冰與水缺乏放射物質，故上述結果正與此事實吻合。大氣中放射物質之含量隨高度 (altitude) 而速減。同時離地面愈高，土地輻射之強度 (intensity) 愈小。依此空氣中之游離作用應隨高度而減少，但黑斯 (V. F. Hess) ⁽⁴⁾ 竟於 1911 年發見與此推論相反之事實，彼用小氣球帶記錄空氣游離作用之儀器上升，自十次上升測定之結果，彼證實空氣中游離作用在海面上 1000 米高處雖較海面 (sea-level) 上者爲小，但自 2000 米處

再向上去，游離作用反又增高。在 5000 米高處，游離作用已有海面上大小之二三倍，因此黑斯斷定大氣中必有一種自地球以外射來之貫穿輻射 (penetrating radiation)。此種射線在大氣中穿行時漸被吸收，故其所引起之游離作用隨高度而增加。黑斯所發見之貫穿輻射，即吾人今日所討論之宇宙射線 (cosmic-rays)。

於 1913 年，叩爾合斯特 (W. Kolhoerster) ⁽⁶⁾ 用氣球帶儀器上升五次，曾達 9000 米之高度，得大氣中之游離作用仍有增無已。其由海面至 5000 米高處之結果與黑斯之結果相符合。宇宙射線之存在，至彼時已無問題矣。

至此吾人知大氣中之游離者有三種，即土地射線，大氣射線及宇宙射線。前二者之強度均隨高度之增而減，後者則獨相反。在海面上平均每立方厘米空氣中，每秒鐘內

由土地射線所造成之游子約有 3 對，

由大氣射線所造成之游子約有 0.2 對，

由宇宙射線所造成之游子約有 1.5 對。

此外測量游離作用所用儀器之剩餘射線，每秒鐘在每立方厘米空氣中亦約可造出游子三五對。

本章參考文獻

- (1) C. T. R. Wilson, Proc. Camb. Phil. Soc. 11, 62 (1900); Proc. Roy. Soc. A68, 151; A69, 277 (1901).
- (2) J. Elster und H. Geitel, Phys. Zeits. 116, 560; 590 (1900—1).
- (3) J. Elster und H. Geitel, Phys. Zeits. 1, 11; 245 (1899); Ann. d. Phys. (4), 2, 425 (1900).
- (4) V. F. Hess, Phys. Zeits. 12, 998 (1911); 13, 1084 (1912).
- (5) W. Kolhoferster, Phys. Zeits. 14, 1066; 1153 (1913).

第二章

研究宇宙射線所用之儀器及方法

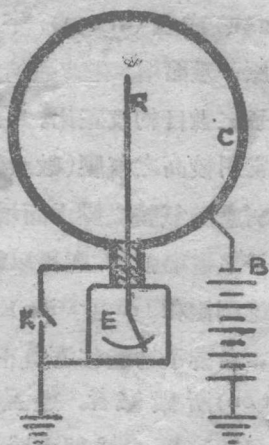
1. 游離室

前章中所屢提及測定游離作用之儀器名為游離室 (ionization chamber)。游離室之大小及形狀不一，全由實驗之需要而定。研究宇宙射線所用之游離室，多為圓形或圓柱形者，其大小可自不及一升 (liter) 以至千百升。

茲說明其構造及原理之概要於下。

如第 1 圖中所示者，C 為一金屬空球或桶，內裝具適當壓力之氣體。R 為一絕緣之金屬細棒，一端連於一適當靜電儀 (electroscope) E。B 為一組高壓電池，其作用為維持游離室壁於一固定之電位。

當游離射線穿經游離室時，其中有多數氣體分子被游離。如此所造出之負



第一圖 游離室之構造