

萬有文庫

第二集七百七種

王雲五主編

物質與量子

(下)

茵菲爾著

何育杰譯

商務印書館發行

物質與量子

(下)

著 爾 菲 茵
譯 杰 育 何

自然科學小學叢書

編主五雲王
庫文有萬
種百七集二第

子 量 與 質 物
冊 二

The World in Modern Science:
Matter and Quanta

究必印翻有所權版

中華民國二十五年三月初版

*D六二五

徐

原 著 者

L. Infeld

譯 述 者

何 育 杰

發 行 人

王 雲 五
上 海 河 南 路

印 刷 所

商 務 印 書 館
上 海 河 南 路

發 行 所

商 務 印 書 館
上 海 及 各 埠

(本書校對者朱仁寶)

第四章 原子核

在本世紀，關於原子構造之知識，逐漸增加。吾人不再以原子爲不可分裂之質點；且知其中有一核，原子之質量，幾乎盡聚於此，外有行星式電子依圓形或橢圓形軌道繞之而運行；又知原子核不僅含有質子，并含電子；電子雖能更變核荷，因而更變整個原子之特性，但對於原子之質量，更變極微。

核之構造若何？此爲現代物理學中首要問題之一。此時關於此門知識，極不完備；無數問題，尙待解決。但現在所知者，較之數年前已增加不少。此部分之物理學，近來可謂無年不有顯著之進步。在最近的將來，原子核構造問題，定將成爲物理學之主要問題，猶數年前之於原子構造。原子之外部構造，由其光譜而呈露；現在有一大批現象，可確定其與原子核之構造有深切之關係，此時物理學企圖制一原子核構造之畫圖，卽以此類現象爲基礎。許多著名科學家致力於此問題，其中最

傑出者，無疑的爲圓橋大學 (Cambridge University) 之堪文迪須實驗室 (Cavendish Laboratory) 室長拉率福特。

氦原子核及物質之毀滅

梅特萊甫之表，揭示各元素原子之相對的重量。氦原子之質量爲 1.0072 單位，此單位雖小，但係確定。氦原子之質量，即可從上數計算而得。氦之原子核爲四個質子與兩個電子所合成，電子質量極微，可略而不計，則氦核之質量應四倍於氫原子之質量，即：

氦原子質量應爲 $4 \times 1.0072 = 4.03$ 。

試將此數與梅特萊甫表中量度而得之數相比較，吾人見表中所列者爲：

氦原子質量 = 4

爲何有此歧異乎！此係一個嚴重的困難。因最後裁判必須根據量度，故吾人不得不解釋何以氦原子之質量爲 4.00 單位，而非 4.03 單位。欲覓解釋之途，吾人須從相對論所設立之質量與能量

之關係上着想。吾人已知能量所代表之質量極微，故質量爲比較巨大能量之所在。二者之關係，上面已經見過，即

$$\text{能量} = \text{質量} \times \text{光速} \times \text{光速}$$

在聯合四質子二電子而爲氦核之過程中，質量少去 0.03 單位。最簡單之假定爲構成氦核之時，有一光子射出；0.03 單位之質量，變爲輻射能而散佚於宇宙間。與此微小質量相當之能量，比較巨大，故出放之輻射必甚硬，亦即出放之輻射必有極短之波長；因上面已經說過，抱有極大能量之光子，與極短波長之波相當也。由一簡單的計算，即可知構成氦核時所出放之輻射，波長尙短於 γ 射線，而在宇宙射線之範圍中。愛丁頓 (Eddington) 設想，在宇宙中，如星際之巨大空區，中有散佚之碎片物質，或星體之內部，其溫度較在地球上之所能有者高至多倍，在此類遙遠之區域中，可發生地球上觀察不到之現象；質子電子構成氦核之過程，或在此類地方進行。依愛丁頓之見解，宇宙射線之產生，即在物質毀滅之時。質量之一部分，毀滅而化爲極硬之輻射。愛丁頓之見解果不誤乎。關於宇宙射線，現在所有之知識，尙極淺陋，欲以之解答此問題，相差遠甚。此時尙不知宇宙射線是

否如 γ 射線，爲一波長極短之電磁波，抑係微粒輻射，如一羣速率近於光速之電子。就最近之發現言，似微粒假說較爲合理。在最近的將來，宇宙射線問題，必有新線索發現；因之物質毀滅問題，不久亦將得有新知識。

但此處，吾人仍繼續上述之思想，將依從金斯 Jenne 想像一個過程，較前更趨於極端——即電子與質子之結合。依金斯之意，電子質子之結合，與一電荷之毀滅相當。質量消滅，電子質子之能量，全部消滅，化爲極硬之輻射，投入空間。與此輻射相當之波長，較構成氦核時所出放之輻射猶短，光子之能量遂亦較大。如宇宙射線果屬電磁輻射，則其所含光子之能量，可與物質之全部毀滅相當，不僅於物質之部分毀滅相當。如金斯之假說不誤，則劃分物質與輻射之界線不能存在，因物質可全部或部分毀滅而化爲輻射也。因此種過程有存在之可能，遂使吾人對於另一疑難問題，得到一個線索。太陽爲能之源泉——事實上，爲地球上一切生命之源。每秒鐘不知出放若干噸之輻射，散播於巨大之空間。是則太陽冷卻，應比較甚速。蓋最簡單之假定，似爲太陽出放之輻射，盡取償於其自身之熱能；但如是，則太陽之年齡不能甚大，恐尙不到二十兆年。然依地質學家之計算，即地殼

之構成，至少亦須一千兆年；所以不能假定太陽之輻射僅取償於其熱能。對此疑難問題，將何以解決之乎？吾人不能討論此問題亦不能列舉所有解此問題之一切研究工作。此處所欲注意者，祇爲與物質構造問題有關之部分。愛丁頓曾提出一大膽而奇特的假說，謂每百個氫核中，祇要有幾個合成氦原子，則由此物質部分毀滅所解放之能，足以使太陽維持其溫度不跌至若干兆年。如從金斯設想太陽所出放之能，由於電子質子結合時物質全部毀滅所供給，則太陽之年齡當更大。此問題開始時，即布滿待解之謎，至今日依然如是。所可驚訝者，吾人研究原子，而能獲到支配宇宙間星體定律之了解。

前說氫核構成時，大量之能因之出放。茲可作一與此相反之斷語：氫核分裂而爲電子質子之時，須有大量之能加於其上；故氫核爲一極穩固之物理系。因其極穩固，故能抵抗別的電子質子之碰撞而不生影響；是皆由於其質量虧損之故。後面討論其他某種過程時，此事將更明瞭。

同位素

氦核爲一穩固之構造。往後，當可看到他元素之原子核構造中，氦核爲「高級組織」之一。氦核亦稱爲 α 質點。在比較複雜的原子核中之質子電子，聯結而成 α 質點（組合緊密不受外來影響之實在物）。

茲假定原子核由質子電子所構成，且核內至少有一部分質子電子聯結而成 α 質點。

α 質點，或氦核，抱有原子量4，電荷2。

試以氧（原子序數8）之原子核爲例；因其原子量爲16（ $\equiv 4 \times 4$ ）單位，核荷爲8（ $\equiv 2 \times 4$ ）倍質子之電荷，故其核含有四個 α 質點。依同理，碳（原子序數6，原子量12）之原子核含有三個 α 質點。由是可知元素之原子量應不能與整數相差甚遠。與整數微異之故，可用氦核之例解釋之——即此類元素構成之時，有一小部分質量變爲輻射能而出放，同時使原子核抱有穩固性。但一觀梅特萊甫之表，即感到一嚴重的困難：表中有數個元素，原子量與整數差異甚顯。例如氦（原子序數10），其原子量爲20.17，此數與整數有顯著的差異。吾人將如何解釋之乎！如果氦核爲五個 α 質點所合成，其原子量應爲 $4 \times 5 \equiv 20$ 。如果氦核爲一穩固的組織，則構成之時，將有一部分質

量輻射，是則原子量尙應微小於 20 。又如氦（原子序數 2 ），其原子量爲 3.998 ，距整數更遠。吾人將何以使此類顯著的差異與前之假定（即假定核爲質子電子所構成，其一部分組織 α 質點）相合乎。答此問語之前，須先考慮另一問題。

定元素之特性者，吾人已知其爲核荷；元素之化學性質，光譜特點，以及核外行星式電子之組織，俱由核之電荷而定。再取上舉之例，如想像氦（原子序數 2 ）之原子核祇含有五個 α 質點，則氦之原子量當爲 $5 \times 4 = 20$ ，核荷當爲 $2 \times 2 = 4$ 。但吾人可想像氦核之構造與此略異。設想在氦核中添上一個質子一個電子——此時氦核中有五個 α 質點，一個質子，一個電子——核之電荷與前無異，仍祇十倍於質子之電荷。元素之特性（即其化學性質）亦與前無異。祇有原子量與前不同，此時爲 21 而非 20 。（核中添了一個質子）吾人又可設想在氦核中添上兩個電子兩個質子，元素之性質仍與前無異，惟原子量此時變爲 22 。大概的言之，吾人可想像屬於同一元素之原子，其核荷同，其原子序數同，而其原子量可各異。此處，又可見現代物理學將原子量之地位降低，因可以想像數個各異之原子量與同一元素相當也。於此有一重要問題焉，即自然界是否真

有原子量互異之同一元素存在。此問題已由阿司登 (Aston) 獨出心裁之動人的試驗，得一肯定之答語。

欲知阿司登實驗之原理，可設想有一羣游離的氯原子——即氯原子經他電子或他原子碰撞，而失其一個行星式電子者。氯原子本爲中和，此時則帶一電荷，與質子之電荷相等。在電場磁場作用之下，一羣游離氯原子將在確定之路線上運動。路線之形狀，不僅由氯原子之速率而定，尚須視其質量之大小。依據此理，阿司登創製一精緻複雜之儀器，稱爲質譜儀。在光學中，分光鏡分析各色，將光之各部分分開；在此處，阿司登之質譜儀，負一類似之職務。

設有一羣在運動中之氯游子（即游離的氯原子），如果其質量不盡相同，則在電場磁場作用之下，阿司登的質譜儀能將彼等路線分爲若干條，各不相混。路線之條數，等於羣中游子之原子量的個數。如果全羣氯游子之質量盡屬相同，則路線祇有一條，不能分析，是與光學中之單色光相似。如果羣中游子之質量不盡相同，則路線即被分析作若干條。是則阿司登之實驗，即可斷定氦，或氫，或其他元素是否爲同一原子量之原子所合成，抑係原子量互異之原子混合物。其結果如下：氦

爲原子量不同之混合物。在氦氣（原子序數 10）中，有原子量等於 20（五個 α 質點）之原子，有原子量等於 21（五個 α 質點加上一個質子一個電子）之原子，有原子量等於 22（五個 α 質點加上兩個質子兩個電子）之原子。氦（原子序數 11）爲兩式原子所合成；其原子量俱可用整數表示，即 35 與 37。易言之，氦——或氦——爲同位素之混合物，因原子量互異之同一元素，吾人稱爲同位素也。氦爲三個同位素所合成，氦爲兩個同位素所合成。由是可知何以梅特萊甫表中之原子量可有距整數甚遠之值。用化學方法所測定之原子量，乃諸同位素混合物之平均原子量。如氯之原子量爲 35.44，因其兩個同位素，原子量 35 與 37，在混合物中之比率約爲 3:1，又如氦，爲三個同位素之混合物，具有原子量 20 之同位素，佔混合物之百分之八十八，是即氦的平均原子量距 20 不甚遠之理由。

如對於其他元素作同類之試驗，吾人當見同位素之存在是普遍的。但亦有無同位素之元素，不過爲數極少；譬如氦，至現在尙未見有同位素發現。有數個元素，同位素之數甚大；譬如錫（原子序數 50）有同位素十一個，其間原子量相差有大至百分之十者。在一四五頁之表中，吾人臚列幾

個元素之同位素。表中各元素的同位素原子量之排列次序，係依其在混合物中。數之多少而定，最多者，列在第一。

於此有一問題焉，爲何一元素之原子量各處所遇者俱相同？易言之，爲何每一元素，同位素之混合，恆爲同一之比率？譬如氦，氮，鋰，錫等，無論在何種情形之下，其原子量爲何總不變？此問題現在尙無滿意之解答。尙有一問題，即能否將一元素之各同位素分開？譬如氦，能否將其兩個原子量互異之成分，從其混合物中分出？如能之，則雖懷疑之人，亦可使其信有同位素之存在。但此類試驗，極端困難，因每一元素之各同位素，化學性質絲毫無異也。然現在已得有幾個明確的結果，不過在極窄的限度之內。現在吾人已能將氮之兩部分分離——一部分之原子量較平均原子量爲低，其又一部分之原子量則較平均原子量爲高。雖結果中之數字，相差極微，但足以證明兩種原子量互異之氮的存在；同位素之理論，亦即因此而完全徵實。此外尙有一疑問，即是否有同位素配合比率互異之元素存在？此問題，往後將另有討論。此處，祇須提及下述之事實：現在已發見有原子量互異之鉛。原子量互異，即顯出其同位素之配合比率互異。但就大體的言之，每一元素之同位素配合比

第一表

第四章 原子核

元素	原子序數	同位素個數	同位素原子量
鋰	3	2	7-6
硼	5	2	11-10
氮	10	3	20-22-21
鎂	12	3	24-25-26
矽	14	3	28-29-30
硫	16	3	32-34-33
氯	17	2	35-37
氫	18	2	40-36
鉀	19	2	39-41
鈣	20	2	40-44
鐵	26	2	54-56
鎳	28	2	50-60
銅	29	2	63-65
鋅	30	6	64-66-68-67-65-70
鈷	31	2	69-71
鎳	32	8	74-72-70-73-75-76-71-77
硒	34	6	80-78-76-82-77-74
溴	35	2	75-81
氬	36	6	84-86-82-83-80-78
銣	37	2	85-87
銣	38	2	88-86
銣	40	3	90-92-94
銀	47	2	107-109
鎘	48	6	114-112-110-113-111-116
錫	50	11	120-118-116-124-119-117-122-121-112-114-115
銻	51	2	121-123
碲	52	3	128-130-126
碘	54	9	129-132-131-134-136-128-130-126-124
銻	58	2	140-142
銻	60	3	142-144-146
銻	80	7	202-200-199-198-201-204-196
鉛	82	3	208-206-207

率是不變的。

氫的同位素之發現歷史，頗有興味。發現距今不久（1932）。所用方法，與發現其他元素之同位素的方法不同。所用之儀器，非阿司登之質譜儀而為尋常之分光鏡。

上面已經說過：氫出放輻射，其光譜中各線，組成線系；表示各線系波長之公式，含有黎德堡常數。吾人計算黎德堡常數之值凡兩次；第一次，假定太陽式之核靜止不動。第二次，棄此簡單之假定，而設想電子及質子繞彼等公共重心而運動，由是而得黎德堡常數之較確值如下：

將黎德堡常數之確值

將黎德堡常數之近似值

$$1 + \frac{1}{1836}$$

設想氫亦有一同位素，并設想此同位素之核，由兩個質子一個電子所合成。是則核荷及原子序數與尋常之氫無異，惟核之重量加倍。波耳的原子模型及行星式電子之軌道，與尋常之氫亦幾無區別。但計算黎德堡之較確值時，吾人遇一極微之差異。氫的同位素之太陽式的核，較尋常氫核重二倍，故假定其為靜止不動，所生之誤差，較尋常之氫為小。（此種推理的方法，並非此處初用，前

在比較巴爾麥系與游離氫之第四系時曾用之。）此處吾人得

$$\text{對於氫的同位素，黎德堡常數之較確值} = \frac{\text{黎德堡常數之近似值}}{1 + \frac{1}{2 \times 1850}}$$

$$\text{式中之分母爲 } 1 + \frac{1}{2 \times 1850} \quad \text{而非 } 1 + \frac{1}{1850} \text{。}$$

氫的同位素之巴爾麥系系限，較尋常氫之巴爾麥系系限，位置當略移。系中各線之位置，自亦略移。所移之距離，可從理論計算而得之。具有較重的核之氫原子，為數殆極微，故移位的諸線甚形淡薄。但諸線之存在，已由實驗徵實，不過在正常情形之下，似乎每數萬之氫原子中，祇有一個其原子量為2而已。氫的同位素之發現，即係用此方法。最近所謂「重氫」亦已提出。又水之分子含氫，故吾人應可得一種水，較尋常之水為重。此種重水，現在亦已得到。此為一最重要的發現，對於化學及生物學之將來發展，必有重大影響。

從上述之例，可知在某幾種情形之下，不用質譜儀之直接方法，用分光鏡亦可使吾人發現新

同位素，茲再舉一同樣有趣之事實：上面所曾討論之氦，吾人可用質譜儀方法，亦可用分光鏡方法，此兩種方法之原理，大不相同，而所得之結果完全一樣。

如同位素在混合物中爲量極微，則質譜儀方法不甚適用，有時遇質譜儀之直接方法不能得到結果時，可用分光鏡審察在已知譜線附近之淡弱的譜線以徵實同位素之存在。氧及碳之微量同位素之發現，即係用此方法。

茲將再討論梅特萊甫之表。依上所述，可知此表與現在所有之知識不合。表中之原子量，係同位素混合物之平均原子量。茲可想像將此表在三次空間重製；其法可用下述之例以顯之：譬如氦有三同位素。在氦之方格上，疊置三個籌碼。格中所有之籌碼，屬於同一名稱同一原子序數之元素。每一籌碼，代表一同位素。在最下面之一籌碼，代表混合物中最多之同位素，此處，即具有原子量 4.0026 之氦。在此籌碼上，記下原子量 4.0026 ；仿此，在第二個籌碼之上，記下原子量 3.3436 ；最上之一籌碼，代表混合物中最少之同位素。記下原子量 3.3436 。在表中第五十方格（即錫及其十一同位素之方格）之上，須疊置十一個籌碼。如各元素俱依此法處理，將得一合於現在知識之梅特萊甫表在三次中的結構。