

L Z D C X

# 量子电磁学

旷远达 / 胡世家 / 旷野 著

中国计量出版社

53.6  
285

# 量 子 电 磁 学

旷远达 胡世家 旷野 著

中 国 计 量 出 版 社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

量子电磁学/旷远达等著. -北京: 中国计量出版社, 1997. 9

ISBN 7-5026-0997-0

I. 量… I. 旷… III. 量子-电磁学 IV. 0441

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 18870 号

## 内 容 提 要

量子电磁学用电子带正能量子 (光子) 组成的量子场和质子带负能量子组成的量子场的假设, 取代了经典电磁学的电子带负电荷和质子带正电荷的假设, 从而建立了一个全新的电磁理论。它不仅解决了经典电磁学所遇到的各种难题, 还能从理论上推导经典电磁学从实验总结得到的各种定律, 并提出了存在负能量子的重要科学预言! 量子电磁学是探索电磁场本质的一次积极尝试。

本书可供学习电磁学、教授电磁学、研究电磁学的人员参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

永清县第一胶印厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

\*

850×1168 毫米 32 开本 印张 7.125 字数 176 千字

1997 年 10 月第 1 版 1997 年 10 月第 1 次印刷

\*

印数 1—1500

定价: 15.00 元

## 前 言

量子电磁学是我们在退休后用休息时间写成的。我们为什么要写这本书呢？

第一个原因是：在经典电磁学中存在两种不能解决的发散难题。一种是电磁波的黑体辐射的“紫外灾变”，由于这个发散与频率  $f$  的无穷大有关，称为紫外发散。频率的无穷大导致辐射能量密度的无穷大，从而导致辐射场总能量无穷大的荒谬结论。这个发散难题在 1900 年德国物理学家普朗克提出能量的量子化 ( $E = nhf$ ) 假设后，获得解决。普朗克不仅在 1918 年获诺贝尔物理学奖，而且为量子力学的建立和高新技术的发展作出了很大的贡献。另一种发散难题是电子带电荷 ( $e$ ) 引起电子的自能为无穷大。在由电子引起的电子散射实验中，没有显示出偏离库仑定律，甚至在非常小的碰撞距离时也不偏离。因此，至今所有的结果只得出电子是一个无结构的类点粒子的信息。这样电子的电磁能量就趋向无穷大，也就是电子的电磁质量趋向无穷大，这是荒谬的，也是不能接受的。这个发散难题至今没有解决。

第二个原因是：光波就是电磁波这是大家公认的。但是，磁场是由光子组成的吗？导体在磁场中运动，导体上产生感应电动势，而在光场中运动则不能产生感应电动势；从磁体发出的磁通，在没有任何反射物的条件下，磁通能自动返回磁体，而从发光体发出的光，在没有任何反射物的条件下，光是不会自动返回发光体的。各种实验表明磁场不是由光子组成的，磁场又是由什么组成的呢？

第三个原因是：电磁学和热力学的矛盾。

什么是量子电磁学？

普朗克用能量的量子化解决了紫外发散，我们用什么来解决电子电磁能量发散呢？我们用电子不带负电荷而带正能量子组成的量子场，质子不带正电荷而带负能量子组成的量子场，来解决电子电磁能量的发散。当假设电子和质子不带电荷，只带量子组成的场时，电磁现象的本质就是量子现象，所以电磁学应叫量子电磁学。

量子电磁学就是研究电子或质子在量子空间运动时，空间正能量子和负能量子的能量和动量的变化。所谓电场就是能量子能量的梯度；磁场就是负能量子动量的旋度；能量子的能量和动量在时空中的变化就是电磁波。

量子电磁学和经典电磁学比较有些什么优点呢？

一般认为，一项新的理论能被接受，需要满足三个条件：一是新理论的假设不比旧理论多；二是能包含旧理论一切成功的结果；三是能解释或预言旧理论无法解释和预言的新现象，最后形式上要比旧理论更对称、更完美。

量子电磁学用正能量子（光子）和负能量子两个假设，取代经典电磁学的正电荷、负电荷和光子（正能量子）三个假设，使电磁场从电荷和场简化为单一的量子场。

量子电磁学不仅解决了经典电磁学电子电磁能量的发散、电和磁的不对称、电磁学和热力学的矛盾等等难题。而且还能从两个假设出发推导出经典电磁学从实验总结出的各种定律。如库仑定律、毕奥—萨伐尔定律、安培定律、法拉第电磁感应定律、洛伦兹力和麦克斯韦方程组等。从而使我们知道什么是电磁场？什么是电磁波？什么是光？什么是电子？什么是光和电子的“波粒二象性”？什么是规范变换和规范场？什么是洛伦兹变换？等等。

量子电磁学最重要的预言是负能量子的存在，不仅电磁场由正能量子（光子）和负能量子组成，原子中有负能量子，原子核

中有负能量子，宇宙中也充满了负能量子。

什么是负能量子？

狄拉克从理论上提出“负能”问题。如费曼所指出：正能量的意义是清楚的，但负能的意义是不清楚的。1985年我们在狄拉克负能的基础上，提出负能就是“负能量子”，负能量子的静止质量为零，以光速运动，能量为负。从玻尔的氢原子的光谱论述中，发现原子能级的存在，而且能量是负的。氢原子处于激发态时，不仅发射能量为正的光子，而且存在能量为负的能级。夫兰克和赫兹用实验证明原子中能量为负的能级的存在。根据这些理由我们认为静电场中，不仅有能量为正的光子（正能量子），而且存在能量为负的光子（负能量子）。

为什么在电磁场中必须有负能量子？

就像经典电磁学中有正电荷就必然有负电荷一样，电磁场中有正能量子就必然有负能量子。因为，如没有负能量子，电子和质子都带正能量子组成的场，电子和质子就只有排斥力没有吸引力；磁场如没有负能量子只有正能量子，根据热力学原理，正能量子的能量为正，比能量为零（绝对温度也为零）的无穷远处高，为了达到热平衡态，正能量子一产生它就以光速向无穷远处运动，不能自动返回，所以正能量子的动量  $A$  的旋度为零，散度不为零，正能量子不能组成磁场（因磁场要求能量子的动量  $A$  的散度为零）；只有负能量子它的能量为负，比能量为零（绝对温度也为零）的无穷远处低，负能量子不能自动向无穷远处运动，当电子或质子作用于负能量子，使它发射出去后，它就要自动向发射它的点返回，所以负能量子的动量  $A$  的散度为零，而旋度不为零。也就是说：磁场只能由负能量子组成，没有负能量子就没有电磁场。

负能量子原子中的幽灵。

尼·玻尔曾经指出：谁不为量子理论所震惊，谁就不理解量子理论。量子理论不仅与19世纪经典物理相冲突，而且它根本性

地改变了科学家们关于人与物质世界关系的观点。带有讽刺意味的是，在量子理论发展的早期曾起重要作用的爱因斯坦却成了抨击它的急先锋。发生了玻尔—爱因斯坦之争，争论集中在光子和电子的“波粒二象性”、测不准关系和几率等。爱因斯坦确信：在量子理论的表述形式中少了一种实质性的成分。

我们认为量子理论之所以产生争论是：它是只有一条腿（正能量子）的巨人，由于少了一条腿（负能量子），使人们对量子理论无法理解，如费曼所说无人懂得量子力学。例如：按照量子电磁学的观点，光子和电子在运动中总有负能量子电磁波和它们相伴而行，光子和电子的运动总是受负能量子电磁波的影响。光子和电子本来是粒子，它们的所谓波动性，实是负能量子电磁波影响的结果。但量子理论不承认负能量子这个原子中的“幽灵”、爱因斯坦所指的“实质性的成分”、大卫·玻姆所指的“隐变量”和巴席尔·海利所指的“量子势”的存在，而认为光子和电子有时像波动，有时却又像粒子。因而产生在创立量子理论的伟大科学家之间两大派的七十多年的量子论战，直至今日的物理学危机。

负能量子是万有引力之源。

宇宙中存在着至少有  $10^{22}$  个恒星，它们每时每刻都在发射由正能量子和负能量子组成的电磁波，因此宇宙中不仅充满了光子，而且充满了负能量子。

在没有物体存在的负能量子空间里，负能量子在空间的分布是均匀的，每个负能量子的能量都一样，单位体积中的负能量子数（负能量子密度）也相同。当负能量子空间有物体存在时，物体使负能量子空间产生两个变化：

一是负能量子的密度发生变化，负能量子的密度和物体的质量成正比和距离成反比，形成负能量子的密度梯度，也就是能量梯度，从而产生万有引力；另一个负能量子的空间发生变化，空间由平直变成弯曲。所以，物体和负能量子的相互作用产生万有

引力，引力使负能量子空间发生弯曲，不是时空弯曲产生引力。

负能量子是“负熵之源”。

没有负能量子就没有磁场，电子和质子之间只有排斥力没有吸引力，也就没有原子和分子，没有物体，没有星球，宇宙也就没有了。负能量子还使质子和质子、质子和中子、中子和中子结合在一起组成原子核，负能量子是一切引力之源，负能量子还可使膨胀的宇宙产生收缩，无序中产生有序，时间之箭产生循环，负能量子是“负熵之源”。所以负能量子使量子电磁学和热力学不矛盾。负能量子的发现很可能像普朗克发现量子一样对科学产生难以估量的影响。

用什么实验来验证负能量子的存在呢？磁场只能由负能量子组成，磁场的存在就是负能量子存在最有力的证据，没有负能量子就没有磁场，用磁场就可验证负能量子的存在。

本书是探索电磁场本质的一次尝试，错误一定很多，欢迎大家批评指正。

著 者

1997 年 1 月于北京

## 说 明

还要特别强调的是：量子电磁学在形式上和经典电磁学没有什么不同，但内容上却很不同。如字母  $q$  在量子电磁学中代表电子的数目，经典电磁学中是电荷。特别是电磁单位完全不同。例如：

| 符号名称                                                    | 基本量纲                                   |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| $\varphi$ 能量子的能量                                        | 千克·米 <sup>2</sup> /秒 <sup>2</sup>      |
| $A$ 能量子的动量                                              | 千克·米/秒                                 |
| $E$ 电场（一个电子所受的力）                                        | 千克·米/（秒 <sup>2</sup> ·个）               |
| $\epsilon$ 新介电常数 $\epsilon_0 = 3.449\ 6 \times 10^{26}$ | 秒 <sup>2</sup> /（千克·米 <sup>3</sup> ）   |
| $q$ 电子个数                                                | 个                                      |
| $I$ 电子流                                                 | 个/秒                                    |
| $U$ 能量差（电压）                                             | 千克·米 <sup>2</sup> /秒 <sup>2</sup>      |
| $R$ 电阻                                                  | 千克·米 <sup>2</sup> /秒                   |
| $C$ 电容                                                  | 秒 <sup>2</sup> /（千克·米 <sup>2</sup> ）   |
| $B$ 磁场（角动量密度）                                           | 千克·米 <sup>2</sup> /（秒·米 <sup>2</sup> ） |
| $\mu$ 新磁导率 $\mu_0 = 3.225\ 5 \times 10^{-44}$           | 千克·米                                   |
| $\psi$ 磁通（角动量）                                          | 千克·米 <sup>2</sup> /秒                   |
| $L$ 电感                                                  | 千克·米 <sup>2</sup>                      |

# 序

19 世纪的经典电磁学和 20 世纪初引入了能量子的概念而发展起来的量子力学以及量子电动力学已经取得了巨大的成功。但是关于电荷、能量子、波粒二象性等一系列基本概念，尚存在种种不同的看法。一些科学家提出了种种假设，但迄今尚未取得一致的看法。

本书作者亦在这一方向上进行了不懈的努力，逐步形成了一些新的看法。特别是提出了用正能量子和负能量子两个假设取代正电荷、负电荷和光子（能量子）三个假设，并由此出发来解释电磁学和量子力学中的各种物理现象。当然，一种学术观点的正确与否，归根结底要看此种观点以及由此导出的许多结论能否与实际现象相符。作者亦希望本书中叙述的观点，能引起读者关于这些问题的讨论。希望本书的出版能有助于在党的双百方针指引下促进学术讨论的繁荣。

张钟华

1997 年 8 月

# 目 录

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| 第一章 经典电磁学遇到的难题 .....                                  | (1) |
| 1.1 经典电磁场理论的成就 .....                                  | (1) |
| 1.2 电荷和经典电磁学的发散难题 .....                               | (1) |
| 1.3 磁场是由光子组成的吗 .....                                  | (4) |
| 1.4 电磁学和热力学的矛盾 .....                                  | (5) |
| 1.5 电磁标量位 $\varphi$ 和矢量位 $A$ 的物理意义及什么是规范<br>不变性 ..... | (7) |
| 1.6 什么是量子电磁学 .....                                    | (8) |

## 第一篇 什么是电磁场

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| 第二章 电子和质子不带电荷, 带正能量子和负能量子<br>组成的场 ..... | (11) |
| 2.1 从能量子开始研究电磁场 .....                   | (11) |
| 2.2 狄拉克从理论上论证“负能”的存在 .....              | (12) |
| 2.3 玻尔从氢原子的光谱论证负能级的存在 .....             | (12) |
| 2.4 夫兰克和赫兹用实验证实了负能级的存在 .....            | (15) |
| 2.5 氢原子中负能级的产生和热力学原理 .....              | (18) |
| 2.6 氢原子中由负能量子组成的负能级在空间的分布 .....         | (21) |
| 2.7 电子和质子不带电荷, 带正能量子和负能量子<br>组成的场 ..... | (24) |
| 2.8 电子(或质子)运动时空间能量子的动量 .....            | (27) |
| 第三章 什么是电磁力、电场和磁场 .....                  | (33) |
| 3.1 哈密顿原理和拉格朗日方程 .....                  | (33) |
| 3.2 电子在能量子空间运动时的拉格朗日函数 .....            | (33) |
| 3.3 电子在能量子空间运动时所受的电磁力 .....             | (34) |

|            |                                         |             |
|------------|-----------------------------------------|-------------|
| 3.4        | 规范不变性的物理意义和热力学原理 .....                  | (36)        |
| 3.5        | 负能量子和热力学, 负量子“负熵之源” .....               | (38)        |
| <b>第四章</b> | <b>静电场——能量子的能量的梯度 .....</b>             | <b>(40)</b> |
| 4.1        | 量子电磁学和经典电磁学在研究电场时的区别 .....              | (40)        |
| 4.2        | 从量子论推导库仑定律 .....                        | (42)        |
| 4.3        | 从量子论推导高斯定理 .....                        | (46)        |
| 4.4        | 静电力所作的功和能量差 (电压) .....                  | (49)        |
| 4.5        | 电容器的电容 .....                            | (51)        |
| 4.6        | 静电场的能量和热力学原理 .....                      | (51)        |
| 4.7        | 能量差 (电压)、电子流和电阻 .....                   | (54)        |
| <b>第五章</b> | <b>磁场——负能量子的动量的旋度 .....</b>             | <b>(56)</b> |
| 5.1        | 为什么磁场只能是负能量子的动量的旋度 .....                | (56)        |
| 5.2        | 从量子论推导毕奥—萨伐尔定律 .....                    | (58)        |
| 5.3        | 从量子论推导安培环路定律 .....                      | (62)        |
| 5.4        | 从量子论推导安培定律 .....                        | (64)        |
| 5.5        | 从量子论和角动量守恒推导法拉第电磁感应定律 .....             | (66)        |
| 5.6        | 电感 .....                                | (68)        |
| 5.7        | 磁场力作功和磁场能量 .....                        | (71)        |
| 5.8        | 引力场也是由负量子组成的 .....                      | (72)        |
| <b>第六章</b> | <b>麦克斯韦方程和电磁场的能量和动量 .....</b>           | <b>(76)</b> |
| 6.1        | 麦克斯韦第一方程和高斯定律 .....                     | (76)        |
| 6.2        | 麦克斯韦第二方程 .....                          | (77)        |
| 6.3        | 麦克斯韦第三方程 .....                          | (78)        |
| 6.4        | 麦克斯韦第四方程 .....                          | (78)        |
| 6.5        | 电磁场的能量 .....                            | (80)        |
| 6.6        | 电磁场的动量 .....                            | (83)        |
| <b>第七章</b> | <b>电磁波——能量子的能量和动量在时空<br/>中的变化 .....</b> | <b>(85)</b> |
| 7.1        | 电磁波——能量子的能量和动量在时空中的<br>变化 .....         | (85)        |

|     |                              |      |
|-----|------------------------------|------|
| 7.2 | 电容器和电感器组成的电路的电磁波的产生和传播 ..... | (87) |
| 7.3 | 由电灯发射的光子 (正能量子) 和电磁波 .....   | (94) |
| 7.4 | 电磁波的反射和折射 .....              | (95) |
| 7.5 | 电磁波的干涉 .....                 | (96) |
| 7.6 | 电磁波的衍射 .....                 | (98) |

## 第二篇 什么是光

|             |                                    |       |
|-------------|------------------------------------|-------|
| <b>第八章</b>  | 光是波动的根据 .....                      | (103) |
| 8.1         | 惠更斯原理和光的反射与折射 .....                | (105) |
| 8.2         | 杨氏双缝干涉实验 .....                     | (107) |
| 8.3         | 光的衍射现象 .....                       | (108) |
| <b>第九章</b>  | 光是粒子的根据 .....                      | (112) |
| 9.1         | 热辐射 .....                          | (112) |
| 9.2         | 黑体辐射 .....                         | (112) |
| 9.3         | 瑞利—金斯公式 .....                      | (112) |
| 9.4         | 普朗克的量子假设 .....                     | (115) |
| 9.5         | 光电效应 .....                         | (117) |
| 9.6         | 康普顿效应 .....                        | (118) |
| <b>第十章</b>  | 狄拉克等对光的看法 .....                    | (121) |
| 10.1        | 狄拉克对光的看法 .....                     | (121) |
| 10.2        | 戴维斯和布朗合编的《原子中的幽灵》一书对光的<br>评论 ..... | (123) |
| <b>第十一章</b> | 什么是光 .....                         | (126) |
| 11.1        | 光就是粒子 .....                        | (126) |
| 11.2        | 光子和负能量子的电磁波的关系 .....               | (126) |
| 11.3        | 光子和电磁波通过偏振片时的特性 .....              | (129) |
| 11.4        | 光子和电磁波的双缝实验 .....                  | (131) |

## 第三篇 什么是电子

|             |                       |       |
|-------------|-----------------------|-------|
| <b>第十二章</b> | 关于电子的“波粒二象性”的争论 ..... | (137) |
|-------------|-----------------------|-------|

|             |                            |              |
|-------------|----------------------------|--------------|
| 12.1        | 德布罗意的电子“波粒二象性”假设 .....     | (137)        |
| 12.2        | 德布罗意假设的实验验证 .....          | (137)        |
| 12.3        | 世界著名科学家对电子“波粒二象性”的看法 ..... | (139)        |
| <b>第十三章</b> | <b>什么是电子的“波粒二象性” .....</b> | <b>(143)</b> |
| 13.1        | 为什么电子叫粒子 .....             | (143)        |
| 13.2        | 电子的电性能 .....               | (143)        |
| 13.3        | 自由电子运动时的电磁性能 .....         | (144)        |
| 13.4        | 电子双缝实验的诠释 .....            | (147)        |
| <b>第十四章</b> | <b>自由电子在电磁空间的运动 .....</b>  | <b>(152)</b> |
| 14.1        | 自由电子及其相伴的电磁波的波函数 .....     | (152)        |
| 14.2        | 电子波函数的几率 .....             | (155)        |
| 14.3        | 海森堡的测不准关系 .....            | (156)        |
| 14.4        | 在电磁空间中运动的电子的波动方程 .....     | (157)        |
| 14.5        | 自由电子在电磁空间运动的特点 .....       | (159)        |
| <b>第十五章</b> | <b>电子在一维能量子空间中的运动</b>      |              |
|             | (一维谐振子) .....              | (166)        |
| 15.1        | 电子在能量子空间运动的狄拉克方程 .....     | (166)        |
| 15.2        | 电子谐振子方程的解 .....            | (168)        |
| 15.3        | 电子谐振子的零点能 .....            | (170)        |

#### **第四篇 什么是洛伦兹变换**

|             |                         |              |
|-------------|-------------------------|--------------|
| <b>第十六章</b> | <b>绝对时空和伽里略变换 .....</b> | <b>(174)</b> |
| 16.1        | 什么是空间和时间 .....          | (174)        |
| 16.2        | 牛顿力学和绝对时空观 .....        | (177)        |
| 16.3        | 伽利略相对性原理 .....          | (179)        |
| 16.4        | 伽利略变换 .....             | (180)        |
| 16.5        | 伽里略变换和牛顿力学相适应 .....     | (180)        |
| 16.6        | 绝对时空观遇到的难题 .....        | (181)        |
| <b>第十七章</b> | <b>洛伦兹变换的产生 .....</b>   | <b>(184)</b> |
| 17.1        | 电磁场方程和伽里略变换的矛盾 .....    | (184)        |

|              |                                    |       |
|--------------|------------------------------------|-------|
| 17.2         | 洛伦兹变换的发现 .....                     | (184) |
| 17.3         | 洛伦兹变换和麦克斯韦方程相适应 .....              | (185) |
| <b>第十八章</b>  | <b>爱因斯坦狭义相对论</b> .....             | (186) |
| 18.1         | 爱因斯坦的同时性的定义 .....                  | (186) |
| 18.2         | 爱因斯坦的两条相对论的基本假设 .....              | (186) |
| 18.3         | 从两个假设推导洛伦兹变换 .....                 | (187) |
| 18.4         | 相对论时空观的重大贡献 .....                  | (188) |
| <b>第十九章</b>  | <b>狭义相对论中值得商榷的问题</b> .....         | (191) |
| 19.1         | 相对性原理和光速不变原理在逻辑上是矛盾的 .....         | (191) |
| 19.2         | 从相对性原理和光速不变原理推导洛伦兹变换的<br>对和错 ..... | (192) |
| 19.3         | 从时间延缓推导洛伦兹变换是错误的 .....             | (194) |
| <b>第二十章</b>  | <b>电磁空间的时空定义</b> .....             | (196) |
| 20.1         | 什么是电磁空间 .....                      | (196) |
| 20.2         | 电子在电磁空间运动是波动式的曲线运动 .....           | (196) |
| 20.3         | 人类日常生活的时间定义 .....                  | (197) |
| 20.4         | 电磁空间的时间定义 .....                    | (198) |
| <b>第二十一章</b> | <b>电磁空间的坐标变换</b> .....             | (201) |
| 21.1         | 洛伦兹变换的推导 .....                     | (201) |
| 21.2         | 两个坐标系之间的新变换 .....                  | (202) |
| 21.3         | 洛伦兹变换是两坐标系新变换的特例 .....             | (203) |
| <b>第二十二章</b> | <b>狭义相对论中的佯谬</b> .....             | (205) |
| 22.1         | 什么是长度收缩 .....                      | (205) |
| 22.2         | 什么是时间延缓的实验验证 .....                 | (206) |

# 第一章 经典电磁学遇到的难题

## 1.1 经典电磁场理论的成就

经典电磁学是从库仑定律、毕奥—萨伐尔定律、法拉第定律和洛伦兹力等等，一步一步发展起来的，最后由麦克斯韦总结为四个方程并预言电磁波的存在。赫兹用实验证明电磁波的存在，为经典电磁场理论划了一个完满的句号。

但是，随着科学的不断发展，特别是量子理论的发展，经典电磁学遇到了下述难题。

## 1.2 电荷和经典电磁学的发散难题

### 经典电磁学存在两种发散难题

一种是电磁波的黑体辐射造成的“紫外灾变”。电磁波的热辐射，在能量均分定理应用到黑体上时，单位体积、单位频率内的电磁波辐射能量密度为：

$$\rho_{\text{t}} = \frac{8\pi f^2}{c^3} kT$$

式中： $f$ ——电磁波的频率；

$c$ ——光速；

$k$ ——玻耳兹曼常数；

$T$ ——绝对温度。

实验证明在电磁波的频率  $f$  低时，上式和实验结果相同；在频率越来越高时，上式和实验结果不符，上式的结果是无穷大，这就是“紫外灾变”。

1900年德国人普朗克假设能量是量子化的，能量  $E$  为：

$$E = nhf$$

解决了这个难题。1918年获诺贝尔物理学奖，并为量子力学的建立作了很大的贡献。

另一发散难题是：电荷造成电子的电磁能量为无穷大，或电子的电磁质量为无穷大。

根据经典电磁理论，电子带有负电荷 $-e$ 。假定电子所带电荷分布在半径为 $r$ 的球面上，电子表面的电场强度 $E$ ，按高斯定理为：

$$\epsilon \oint E dS = -e$$

式中： $E$ ——电子表面的电场强度；

$\epsilon$ ——介电常数；

$dS$ ——球面的面积元。

假定电子是圆球，电荷均匀分布在球面上；电子表面的电场强度为常数，得电子表面的电场强度 $E$ 为：

$$E = \frac{-e}{4\pi\epsilon r^2}$$

电子单位体积所具有的电磁能 $w$ 为：

$$w = \frac{\epsilon E^2}{2}$$

电子具有的全部电磁能量 $W$ 为：

$$W = \int_V w dV$$

式中： $dV$ ——电子的体积元， $dV = 4\pi r^2 dr$ 。

$$W = \frac{e^2}{8\pi\epsilon r}$$

电子的半径 $r$ 在电子的散射实验中，没有显示出偏离库仑定律的情况。因此，至今所有实验的结果，只能得出电子是一个无结构的类点粒子。当电子的半径 $r$ 为零时，电子所具有的电磁能量为无穷大。<sup>[1-1]</sup>

如果无穷大的固有能在物理上没有什么可观测效应，那倒也