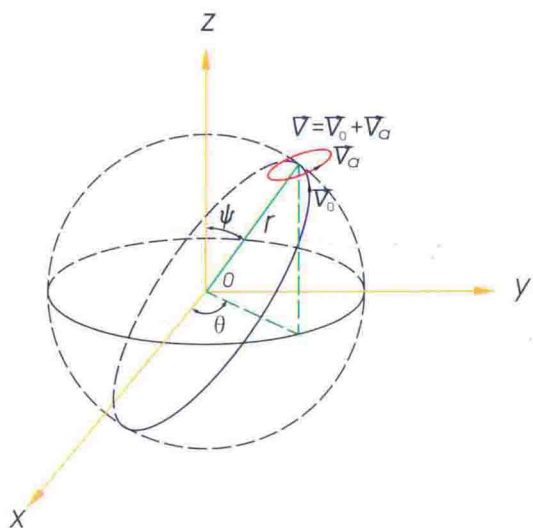


浩瀚宇宙 从微观粒子到宏观世界
是否存在统一的结构规律或统一的相互作用规律



XIANGHU ZUOYONG TONGYI

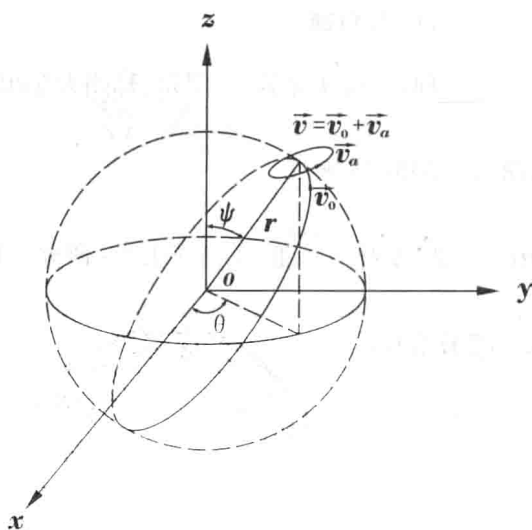
相互作用统一理论 LILUN

林文业 著



郑州大学出版社

浩瀚宇宙 从微观粒子到宏观世界
是否存在统一的结构规律或统一的相互作用规律



XIANGHU ZUOYONG TONGYI

相互作用统一理论 LILUN

林文业 ● 著



郑州大学出版社

郑州

图书在版编目(CIP)数据

相互作用统一理论/林文业著. —郑州:郑州大学出版社,
2014.6

ISBN 978-7-5645-1728-1

I. ①相… II. ①林… III. ①量子力学-研究 IV. ①0413.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 105741 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

郑州文华印务有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:11.5

字数:268 千字

版次:2014 年 6 月第 1 版

邮政编码:450052

发行电话:0371-66966070

印次:2014 年 6 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-1728-1

定价:36.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

前言

在浩瀚宇宙中,小到分子、原子、电子、光子等微观粒子,大到行星、恒星、星系等宏观物质,到底有没有统一的结构规律或统一的相互作用规律存在?现代物理学告诉我们,宇宙中的物质都是由分子构成的,分子又由原子构成,原子又由原子核和核外电子构成,而原子核又由质子和中子构成。质子、中子、电子和光子等又统称为基本粒子。它们之间的相互作用共有四种:万有引力、电磁力、强相互作用力和弱相互作用力。那么基本粒子又是由什么组成,它们之间又存在着怎样的相互作用?物质的结构能不能用统一的模型来描述?它们之间的相互作用有没有统一的表达式?在本书中我们将用多重积分级数法建立起一套全新的粒子波函数理论。这套理论能够建立起物质结构的统一模型,用这一模型可以很好解析基本粒子如质子、中子、电子、光子等物质的形成,以及这些粒子的质量、能量、运动速度、相互作用力的统一规律,也就是说物质的形成、质量、能量、运动速度、相互作用力等存在完全统一的量子化规律,可以用完全统一的量子公式来表达。

牛顿力学和爱因斯坦相对论是描述物质宏观世界运动规律的理论,牛顿力学是描述物质低速运动且建立在时空均匀线性基础上的理论;相对论是描述物质在时空非均匀线性时的运动规律理论;量子力学薛定谔方程则是描述物质微观世界在微粒子较低速运动时的一个方程,它描述的是一种非相对论粒子的低速运动状态,例如原子核外电子的运动状态。由于微观粒子一般都具有很高的绕核旋转速度和自旋速度,因而薛定谔方程就不能描述微观粒子高速运动状态,就不能用它探求基本粒子(例如中子、质子、电子和光子等)的内部结构。爱因斯坦相对论只是在宏观世界发挥了作用,而在微观世界又显得束手无策。这就需要建立起一种新的量子理论,它既能反映粒子在微观世界的高速运动状态,又能反映粒子在宏观世界的高速运动状态。

量子力学薛定谔方程是描述物质微观世界的一个方程,它是由波函数对空间变量($\vec{r}$)取二阶导数、对时间变量(t)取一阶导数建立起的方程,描述的空间是二次可弯曲空间,描述的时间则是均匀线性的时间,无法与爱因斯坦相对论的时间可变联系起来。由波函数对空间变量($\vec{r}$)和时间变量(t)都取二阶导数建立起一个新的方程,并解这个方程,从方程特征解的性质就能够把经典牛顿力学、爱因斯坦相对论和微观量子理论紧密联系起来。这套理论还能够揭开物质结构以及相互作用等的统一规律。

地球生物多姿多彩,生命有长有短,有的短短几个小时,有的几天、几个月或几年,有的长达几十年、上百年,甚至千年。生物的寿命与其物质结构之间到底有没有内在的联系?本理论将揭开其秘密。

不同的引力子拓展将形成不同的宇宙物质,有的形成原子、分子,有的形成卫星,有的形成行星,有的形成恒星,有的形成星系,有的形成宇宙。本理论还将揭开宇宙结构的奥秘。

本书适用于广大物理爱好者和研究者,为其了解物理的最新发展有极大的帮助。

目录

1	物理基础知识回顾	1
2	浅析多重积分迭代级数法	10
3	物质波函数新量子理论	13
3.1	相互作用统一定律	13
3.2	物质结构统一模型(绕核旋转模型)	14
3.3	粒子振幅方程的导出	15
3.4	粒子振幅方程的求解过程	16
3.5	粒子绕核运动的性质	21
3.5.1	粒子绕核运动波函数的物理意义	21
3.5.2	粒子绕核运动轨道半径	21
3.5.3	粒子的自旋特性	25
3.5.4	粒子的正反性	26
3.5.5	宇称性质	26
3.5.6	粒子的稳定性	26
3.5.7	$1/2$ 量子的意义及亚定态	26
3.5.8	氢原子的结构性质	26
4	物质运动规律量子化	28
4.1	基本原理、原则、准则及假定	28
4.1.1	量子原理	28
4.1.2	量子态相互作用原则	30
4.1.3	区分正反粒子准则	30
4.1.4	微粒子质量及势能因子不变假定	31
4.2	物质形成统一模型	31
4.2.1	物质空间变化路径及量子数	31
4.2.2	自旋分裂及结合原则	33
4.2.3	量子态分裂原理	34
4.2.4	正反粒子及中性粒子填充准则	34
4.2.5	间杂填充不湮灭准则	34
4.2.6	填充饱满度规律	34

4.3	物质形成的量子化规律	34
4.3.1	物质空间由第 2 态转化到第 7 态形成新物质的情况	34
4.3.2	物质空间由第 2 态转化到第 5 态形成新物质的情况	43
4.4	中国最古老的量子理论“八卦”	46
4.5	新粒子物理量的统一描述	46
5	物质空间的量子特性	48
5.1	现实空间与量子空间	48
5.2	物质空间的量子描述	49
5.3	稳定中性粒子的形成	54
5.4	5 次引力子转化为光类子	56
5.5	微粒子作用空间的拓展	57
5.6	物质空间反转	59
5.7	轻子绕核旋转的最大半径和最小半径	61
5.8	光子在不同物质空间的旋转半径	64
6	物质运动速度特性	65
6.1	新粒子自旋速度	65
6.2	新粒子空间拓展速度	65
6.3	相互作用介子速度	66
6.4	新粒子各种速度汇总	69
6.5	物质运动速度极限值原理	70
7	衍生物质体系	71
7.1	4 次引力子衍生物质体系	72
7.2	6 次引力子衍生物质体系	75
7.3	n 次引力子形成的衍生物质体系	78
8	原子核结构规律	80
8.1	原子核的“幻数”结构	80
8.2	原子核幻数结构的最新解析	81
8.2.1	核子结构的性质	82
8.2.2	核子组成原子核的规则	82
8.2.3	原子核形成的填充壳层规律	85
9	粒子结构性质	91
9.1	电类子形成的多种模式	91
9.2	核类子形成的多种模式	91
9.2.1	核类子形成的第一种模式	91
9.2.2	核类子形成的第二种模式	92
9.2.3	核类子形成的第三种模式	93
9.2.4	核类子形成的第四种模式	93
9.3	饱核和饿核的性质	94

9.3.1	饱核与饿核的具体形式	94
9.3.2	饱核和饿核的性质	95
9.4	填充粒子相互转化	95
9.5	新粒子的分裂种类	95
9.5.1	引力子的分裂种类	95
9.5.2	2次引力子的分裂种类	96
9.5.3	e 类中微子的分裂种类	96
9.5.4	光类子的分裂种类	96
9.5.5	μ 类中微子的分裂种类	96
9.5.6	电类子的分裂种类	97
9.5.7	核类子的分裂种类	97
9.5.8	5次超子的分裂种类	98
9.6	新粒子分裂种类汇总	99
9.7	几种基本粒子结构的量子解析	100
9.7.1	原子结构	100
9.7.2	核子结构的解析	100
9.7.3	μ 子的形成	101
9.7.4	π 介子的形成	102
9.7.5	核子结构	104
10	相互作用的解析	106
10.1	四种基本相互作用的历史认识	106
10.1.1	万有引力	107
10.1.2	电磁相互作用	107
10.1.3	弱相互作用	107
10.1.4	强相互作用	108
10.2	相互作用种类	109
10.2.1	万有引力相互作用	109
10.2.2	2次引力子间的问题	111
10.2.3	3次引力子间的问题	111
10.2.4	e 类弱相互作用	112
10.2.5	μ 类弱相互作用	112
10.2.6	电磁相互作用	113
10.2.7	强相互作用	114
10.2.8	5次超强相互作用	115
10.3	各种物质的相互作用性质汇总	117
10.4	物质间相互作用机制	120
10.4.1	万有引力相互作用机制	120
10.4.2	正反粒子相互作用机制	120

10.4.3	中性粒子相互作用机制	121
10.5	物质的构成与相互作用力的关系	122
11	物质波的探索	125
11.1	链式相互作用场辐射出的物质波	126
11.2	物质波的辐射能量	127
11.3	原子或原子核的内部结构	129
11.4	光谱线的精细结构	130
11.5	相同物质间的引力共振	132
11.6	引力波和电磁波	132
11.7	引力波的测定	134
11.8	引力磁场	135
12	宇宙生命时间量子	138
12.1	光子衍生系定态时间	138
12.2	引力子衍生系定态时间	141
12.3	宇宙生物寿命	144
13	宇宙结构量子规律	146
13.1	太阳系行星形成的量子规律	146
13.2	太阳系行星轨道形成的量子规律	147
13.2.1	类地行星公转轨道	148
13.2.2	小行星带公转轨道	148
13.2.3	类木行星公转轨道	148
13.3	行星卫星形成的量子规律	151
13.3.1	木星卫星的构成规律	151
13.3.2	木星卫星形成的量子规律	151
13.4	类太阳系、类银河系及宇宙形成的量子规律	153
13.5	太阳内部结构与太阳系物质形成的量子规律	153
13.6	各种作用力空间拓展与所对应形成宇宙物质的关系	154
13.7	各种作用力空间拓展又可以相互转化	155
13.8	太阳核聚变机制	155
13.8.1	氢氦核区	156
13.8.2	锂-氦核区	157
13.8.3	钠-氦核区	157
13.8.4	钾-氦核区	158
13.8.5	铷-钡核区	159
13.8.6	银-钋核区	159
13.8.7	重金属核区	161
13.9	太阳核聚变与太阳系行星形成的规律	164
13.9.1	太阳系行星分类	164

13.9.2 太阳核聚变阶段 164

参考文献 175

后 记 174

1

物理基础知识回顾

现代物理学告诉我们,宇宙中的物质都是由分子构成的,分子由原子构成,原子又由原子核和核外电子构成,而原子核又由质子和中子构成。质子、中子、电子、光子等又统称为基本粒子。它们之间的相互作用共有四种:万有引力、电磁力、强相互作用力和弱相互作用力。那么基本粒子又是由什么组成,它们又存在着怎样的相互作用?物质的结构能不能用统一的模型来描述?它们的相互作用有没有统一的表达式?后面我们将用多重积分级数法建立起一套全新的粒子波函数理论。这套理论能够建立起物质结构的统一模型,用它可以很好解析基本粒子如质子、中子、电子、光子等物质的形成,以及它们的质量、能量、运动速度、相互作用力的统一规律,也就是说物质的形成、质量、能量、运动速度、相互作用力等存在完全统一的量子化规律,可以用完全统一的量子公式来表达。

为了更好地建立起这套粒子波函数理论,我们先来回顾一下物理学的一些基本知识理论。

1. 牛顿运动学三大定律

(1) 牛顿第一定律 一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态,除非作用在它上面的力迫使它改变这种状态,也称惯性定律。

(2) 牛顿第二定律 物体加速度的大小跟它受到的作用力大小成正比,跟它的质量成反比,加速度的方向跟作用力的方向相同。

可用式(1.1)表示

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}_i}{m} \quad (1.1)$$

(3) 牛顿第三定律 两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等,方向相反,作用在同一条直线上。

可用式(1.2)表示

$$\vec{F} = -\vec{F}' \quad (1.2)$$

2. 牛顿万有引力定律

自然界中任何两个物体都相互吸引,引力的方向在它们的连线上,引力的大小与物体的质量 m_1 和 m_2 的乘积成正比、与它们之间距离 r 的平方成反比。

可用式(1.3)表示

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1.3)$$

3. 电荷相互作用定律(库仑定律)

真空中两个静止点电荷之间的相互作用力,与它们的电荷量的乘积成正比、与它们距离的平方成反比,作用力的方向在它们的连线上。

可用式(1.4)表示

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1.4)$$

电性相同,表现为斥力;电性相异,表现为引力。

4. 麦克斯韦电磁场理论

麦克斯韦在总结前人工作基础上,于 1865 年提出了完整的电磁场理论,他提出了“涡旋电场”和“位移电流”两个假设。其核心思想:变化的磁场可以激发涡旋电场,变化的电场可以激发涡旋磁场;电场和磁场不是彼此孤立的,它们相互联系相互激发组成一个统一的电磁场(也是电磁波的形成原理)。麦克斯韦进一步将电场和磁场的所有规律综合起来,建立了完整的电磁场理论体系。这个电磁场理论体系的核心就是麦克斯韦方程组。

麦克斯韦方程组的积分形式

$$\begin{aligned} \oint_S D \cdot dS &= \sum q_0 \\ \oint_L E \cdot dl &= - \iint_S \frac{\partial B}{\partial t} \cdot dS \\ \oint_S B \cdot dS &= 0 \\ \oint_L H \cdot dl &= \iint_S j \cdot dS + \iint_S \frac{\partial D}{\partial t} \cdot dS \\ D &= \varepsilon_0 \varepsilon_r E, B = \mu_0 \mu_r H, j = \sigma E \end{aligned} \quad (1.5)$$

麦克斯韦方程组的微分形式

$$\begin{aligned} \nabla \cdot D &= \rho \\ \nabla \cdot B &= 0 \\ \nabla \times E &= - \frac{\partial B}{\partial t} \\ \nabla \times H &= j + \frac{\partial D}{\partial t} \end{aligned} \quad (1.6)$$

其中

$$\nabla = i \frac{\partial}{\partial x} + j \frac{\partial}{\partial y} + k \frac{\partial}{\partial z}$$

5. 爱因斯坦相对论

(1) 相对性原理 所有物理规律在一切惯性系中皆有各自的同一形式, 当惯性系改变时, 同一个物理规律的数学表达式不变, 也就是说不存在一个特殊的惯性系。

(2) 光速不变原理 在真空中, 对任何惯性系而言, 光在各方向的速度都是 c ($c = 3 \times 10^8$ m/s), 与光源的运动无关。

(3) 爱因斯坦质能方程 爱因斯坦质能方程为 $E = mc^2$ 。

6. 卢瑟福原子模型

原子的半径大约为 10^{-10} m, 它有一个带正电的中心体——原子核, 所带正电荷数就是该元素的原子序数; 原子核很小, 其半径数量级为 $10^{-14} \sim 10^{-15}$ m, 它集中了几乎全部原子的质量, 在原子核的外围分布着带负电荷的电子。

7. 泡利不相容原理

泡利提出不相容原理是在量子力学产生之前, 也是在电子自旋假设提出之前, 他发现在原子中要完全确定一个电子能态, 需要四个量子数, 并提出了不相容原理: 在原子中, 每一个确定的电子能态上, 最多可以容纳一个电子。原来已经知道的三个量子数 (n, l, m), 只和电子绕原子核的运动有关系, 第四个量子数表示电子本身还有某种新的性质, 泡利预测: 它只可能取双值, 且不能被经典物理学所描述。

在乌仑贝克-古兹米特提出电子自旋假设后, 泡利的第四个量子数就是电子自旋量子数 m_s , 它可以取 $\pm 1/2$ 两个值。于是泡利的不相容原理就叙述为在一个原子中不可能有两个或者两个以上的电子具有完全相同的量子数 (n, l, m_l, m_s), 即原子中的每一个状态只能容纳一个电子。

后来发现, 这一原理可以更普遍表述为在费米子 (即自旋为 $1/2\hbar$ 的奇数倍的微观粒子, 如电子、质子、中子等) 组成的系统中, 不能有两个或者更多的粒子处在完全相同的状态。

经典物理学发展到 19 世纪末, 在理论上已相当完善, 对当时发现的各种物理现象都能加以理论上的说明。它们主要由牛顿的经典力学, 麦克斯韦的电、磁和光的电磁波理论, 玻耳兹曼和吉布斯等建立的统计物理学组成。19 世纪末, 人们通过实验发现了一些新的现象, 它们无法用经典物理学解释, 这些具有代表性的实验有 3 个: 黑体辐射、光电效应和氢原子光谱。

8. 普朗克黑体辐射

黑体是指能全部吸收各种波长辐射的物体, 它是一种理想的吸收体, 同时在加热它时, 又能最大限度地辐射出各种波长的电磁波。

绝热的开有一个小孔的金属空腔就是一种良好的黑体模型。进入小孔的辐射, 经多次吸收和反射, 可使射入的辐射实际上全部被吸收, 当空腔受热时, 空腔会发出辐射, 称为黑体辐射。

实验还发现, 黑体辐射能量与波长的关系主要与温度有关, 而与空腔的形状和制作空腔的材料无关。

许多物理学家试图用经典热力学和统计力学方法解释黑体辐射现象。英国物理学家瑞利(L. Rayleigh)和金斯(J. Jeans)把分子物理学中能量按自由度均分的原理用于电磁辐射理论,得到的瑞利-金斯公式在长波段接近实验结果,在短波段和实验明显不符。特别是瑞利-金斯的理论预示在短波区域包括紫外以至 X 射线、 γ 射线将有越来越高的辐射强度,完全与事实不符,这就是物理学上所谓的“紫外灾难”。德国物理学家维恩(W. Wien)假设辐射按波长分布类似于麦克斯韦的分子速度分布,得到的维恩公式在短波处和实验结果接近,在长波处相差很大。

1900 年普朗克(M. Planck)从经验中找到一个和实验完全相符的黑体辐射公式。

(1) 普朗克黑体辐射公式 普朗克黑体辐射公式如下:

$$e_0(\lambda, T) = 2\pi hc^2 \lambda^{-5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \quad (1.7)$$

普朗克在深入研究了实验数据,并在经典力学计算的基础上又大胆提出如下违背经典物理学理论的量子假设。

(2) 普朗克量子假设 黑体是由许多带电的线性谐振子组成的,每个谐振子发出单色电磁波,整个黑体就发出连续的辐射,而每一个频率为 ν 的谐振子的能量是不能连续变化的,而只能取一些分立的值,这些分立值均为某一最小能量 ε_0 的整数倍,即 $\varepsilon = n\varepsilon_0$, 其中 $n = 1, 2, 3, \dots$, $\varepsilon_0 = h\nu$, h 称为普朗克常量,数值为 $6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ 。由于量子数 n 取值的整数性,辐射能量具有跳跃式的不连续性。这种能量变化的不连续性就称为能量的量子化。在量子化假定基础上,使振子的各本征振动的能量服从玻尔兹曼分布,得到辐射强度与波长的关系见式(1.8)。

$$E_\lambda = 8\pi h \lambda^{-3} [\exp(hc/k\lambda T) - 1]^{-1} \quad (1.8)$$

式中, E_λ 为辐射强度; h 为普朗克常量; λ 为波长; T 为绝对温度; c 为光速; k 为玻尔兹曼常数。

这个公式结果和实验结果完全一致,很好地描述了黑体辐射问题。

9. 光电效应

1887 年德国物理学家赫兹(Heinrich Rudolf Hertz)发现光照射到金属表面上时,金属表面上会发射出光电子的现象,这就是光电效应。测定装置示意图,如图 1.1 所示。

当合适频率的入射光透过石英窗射向金属电极 A 时,电极将发射具有一定动能的电子。在该电极与环形电极 C 间施加电压 V ,可在检流计 G 中检测到光电流。当电压减少至零时,光电流仍有一定大小,说明光电子本身有动能。当电压变负达到某值时,光电流等于零,此时电压与电荷的乘积应与光电子的动能相等,由此可估计光电子动能的大小。

实验中发现的规律主要有以下几点:

- ① 每种金属都有一固定的频率 ν_0 ,称为临阈频率。
- ② 只有当入射光频率大于 ν_0 时,才会有光电流产生,否则,无论光强度多大都不会产生光电流。
- ③ 光电流强度和入射光强度成正比。
- ④ 光电子的电子动能和入射光频率呈线性增长关系,而与入射光强度无关。

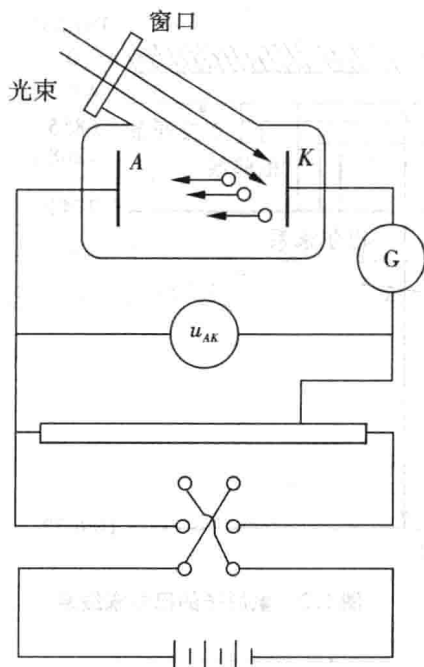


图 1.1 测定光电效应装置示意图

经典物理学理论认为光的能量应由光的强度决定,即由光的振幅决定,而与光的频率无关,光的频率只决定光的颜色。光电流是金属内电子吸收入射光能量后逸出金属表面所产生的,因此,光电流是否产生,以及产生后光电子的动能大小应由光强度决定。这样的解释显然和光电效应实验相矛盾。

1905 年,爱因斯坦提出光子学说,成功地解释了光电效应,它的主要思想如下:

①光的能量只能是最小能量单位 ε_0 (称量子) 的整数倍, $\varepsilon = n\varepsilon_0$, $n = 1, 2, 3, \dots$, n 称为量子数,并且光能量与光子频率 ν 成正比, $\varepsilon_0 = h\nu$ 。

②光子不但有能量,还有质量 m , 不同频率的光子具有不同的质量。

③光子具有动量 $P = mc = h/\lambda$ 。

④光强度取决于单位体积内的光子数,即光子密度。

根据爱因斯坦的光子学说,当光照射到金属表面上时,能量为 $h\nu$ 的光子被电子所吸收,电子将这部分能量中的一部分用来克服金属表面对它的吸引力,另一部分转变成逸出电子的动能。 $h\nu_0$ 为电子逸出功,所以只有当频率大于临阈频率时,才能有电子逸出,产生光电流。入射光强度越大,光子密度越大,光子越多,产生的光电流就越大,因此,光电流强度和入射光强度成正比。

10. 氢原子光谱

原子被火焰、电弧等激发时,能受激而发光,形成光源。将它的辐射线通过分光可以得到许多不连续的明亮的线条,称为原子光谱。实验发现原子光谱是不连续的线状光谱。这又是一个经典物理学不能解释的现象。氢原子的巴尔末线系如图 1.2 所示。

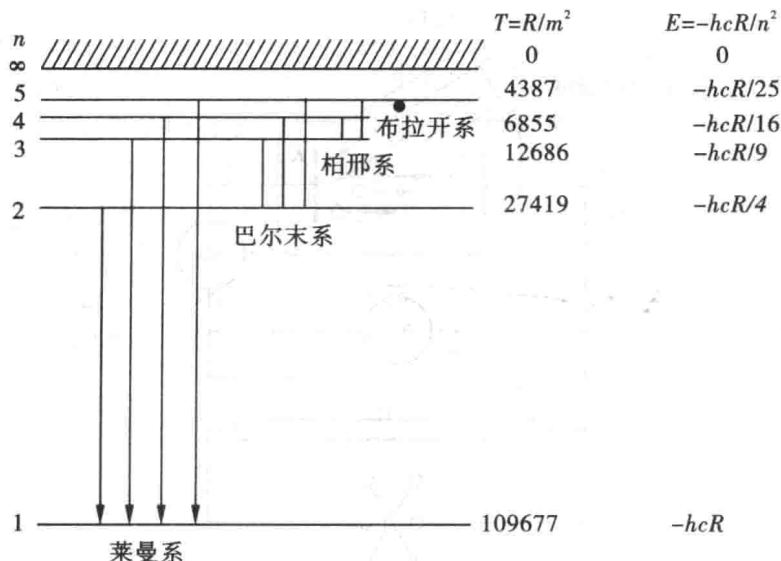


图 1.2 氢原子的巴尔末线系

(1) 巴尔末公式 氢原子光谱的波数巴尔末公式可表示为

$$\bar{\nu} = \frac{4}{B} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad n = 3, 4, 5, \dots \quad (1.9)$$

1911 年卢瑟福 (Ernest Rutherford) 用 α 粒子散射实验证实了原子模型, 认为原子是由电子绕核运动构成的。经典物理学无法解释原子光谱现象, 一方面, 根据经典电动力学, 绕核做轨道运动的电子是有加速度的, 应当自动地放射出辐射, 因而能量要逐渐减少, 这样会使电子逐渐接近原子核, 最后和核相撞, 因此原子应为一个不稳定的体系。另一方面, 根据经典电动力学, 电子放出辐射的频率应等于电子绕核运动的频率, 由于电子的能量要逐渐减少, 其运动的频率也将逐渐地改变, 因而辐射的频率也将逐渐地改变, 所以原子发射的光谱应当是连续的。然而实验测得的光谱却是线状的、不连续的。这些都和经典的理论发生了本质的矛盾。

(2) 玻尔理论 1913 年, 丹麦物理学家玻尔 (N. Bohr) 根据卢瑟福原子模型和原子光谱的实验规律, 并接受了普朗克的量子理论, 对原子结构问题提出了新的假设, 从而建立了氢原子理论, 据此能较好解析氢原子的光谱规律。

玻尔理论的基本内容可以归纳如下:

① 氢原子中的电子在原子核库仑场的作用下绕核做圆周运动, 但它只能在某些不连续的圆轨道上运动, 因此, 整个原子体系只能具有一系列不连续的能量状态。在这些状态中, 电子虽做加速运动但不辐射电磁能量。这些状态称原子的稳定状态 (简称定态)。每一个定态都对应一个确定的能量值。

② 只有当原子从一个定态 (E_n) 跃迁到另一定态 (E_k) 时, 它才发射 (或吸收) 单色光, 其频率 ν 公式为 $\nu = |E_n - E_k|/h$ 。

③在电子绕核做圆周运动的轨道中,只有满足如下条件的那些轨道才对应原子可能的稳定状态:电子轨道运动的角动量 p_{φ} 必须等于 $\frac{h}{2\pi}$ 的整数倍,即 $p_{\varphi} = n \cdot \frac{h}{2\pi} \quad n = 1, 2, 3, \dots$ 。

我们已经知道光具有“波粒二象性”。1924 年法国物理学家德布罗意 (De. Broglie) 提出,实物粒子(如电子、质子、中子等),也具有“波粒二象性”。一个质量为 m 以速度 u 做匀速运动的粒子,一方面可用能量 E 和动量 p 做粒子性的描述,另一方面又可以用频率 ν 和波长 λ 做波性的描述,而联系这两重性的关系式为 $E = h\nu$, $p = h/\lambda$ 。

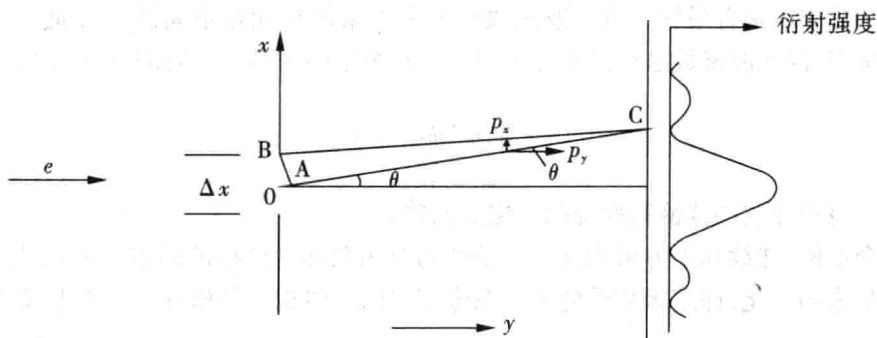


图 1.3 电子束单缝衍射实验示意图

11. 不确定原理

可以把实物粒子的波粒二象性理解为具有波动性的微粒在空间的运动没有确定的轨迹,只有与其波强度大小成正比的概率分布规律。微观粒子的这种运动完全不服从经典力学的理论,所以在认识微观体系运动规律时,必须摆脱经典物理学的束缚,必须用量子力学的概念去理解。微观粒子的运动没有确定的轨迹,也就是说它在任一时刻的坐标和动量是不能同时准确确定的,这就是不确定原理。可以用电子束通过一个单缝的衍射实验来说明不确定原理。

12. 量子力学的基本假定

(1) 微观粒子的状态和波函数 微观粒子的运动状态可以用波函数 $\psi(x, y, z, t)$ 来描述。 $\psi(x, y, z, t)$ 是系统的状态函数,是系统所有粒子的坐标和时间的函数。

不含时间的实物粒子波的波函数 $\psi(x, y, z)$ 描述微观系统的随时间而变化的稳定态,称为定态波函数。

一般情况下定态波函数 ψ 是复数形式 $\psi = f + ig$, f 和 g 是坐标的实函数, ψ 的共轭函数 $\psi^* = f - ig$ 。定态波函数与其共轭函数的乘积为实函数,且为正值。为书写方便,波函数与其共轭函数的乘积常表示为波函数模的平方或波函数的平方。

由于波强度正比于粒子在空间某处的出现概率,而波强度可用振幅平方 $\psi\psi^*$ 表示,所以 $|\psi|^2$ 正比于空间某点粒子出现的概率, $|\psi|^2$ 亦即粒子的概率密度。 $|\psi|^2 d\tau$ 为空间某点附近体积元 $d\tau$ 内粒子出现的概率。定态波函数是描述微观系统稳定态的函数,它的物理意义不仅是由模的平方描述的概率密度体现出来,而且它将决定该状态的很多