

심포지엄 「量子力學 50年」

1976. 12. 10

古典物理學에서 量子物理學으로

仁荷大應用物理學科 崔 東 哲

17世紀의 科學界를支配하였던 Newton과 그의 추종자들에 의해서 發展된 古典力學과, 19世紀末葉의 Maxwell에 의해서 集大成된 古典電磁氣學이 古典物理學을 代表한다. 力學은 質點을 취급하며 電磁氣學은 電磁氣波動을 다룬다. 質點과 波動은, 人間의 直觀에 의해서 인식되는 개념을 理想化한 서로 獨立된 概念이며, 에너지의 傳播는 오로지 이 두 種類의 形式으로 이루어진다.

古典物理學에 기초를 둔 世界像은 다음과 같다. 卽 “舞臺”는 Euclid幾何學의 三次元空間이며 時間이라는 媒質 속에서 事件이 일어난다는 것이다. 그 “舞臺”위에 있는 것들은 質點들이며, 質點은 慣性과 질이라는 特性을 가지고 있다. 빛(電磁氣波)도 Newton은 粒子로 생각했으나, 그 후 波動性格이 나타나 Maxwell의 波動方程式에 따라서 傳播되며 모든 物理量은 實驗限界內에서 正確히 기술되어야 한다는 것이다.

이 즈음에 黑體(black body)가 放出하는 복사선의 強度의 스펙트럼分布는 古典전자기理論으로는 說明이 되지 않았다. Planck는 黑體를 구성하고 있는 電荷를 가지고 있는 粒子가 진동하여 복사선이 放出되며 따라서 많은 진동자를 가정하고, 各 振動子는 진동수 ν 와 常數(Planck常數) h 의 積 $h\nu$ 와 $h\nu$ 의 整數倍만으로 된 量의 에너지(量子)만을 放出 또는 吸收한다는 假定下에서 이 現象을 깨끗이 說明할 수가 있었다(1900년 12월). 이리하여 또다시 電磁氣波의 粒子性이 出現했고, 光電效果에 관한 Einstein의 理論(1905년)도, Compton效果의 說明(1923)도 電磁氣波를 粒子(光量子)로 여기지 않으면 不可하였다.

“波動”(電磁氣波)에 “粒子”(光量子)性이 있다면, “粒子”에게도 “波動”性이 있지 않겠느냐 하는 假定下에서 de Broglie(1925)는 “粒子”에게 相應하는 波動(de Broglie波長)을 定義함으로써 電子나 微小粒子의 回折, 干涉現象을 “정확”하게 說明할 수 있었다.

이리하여 Heisenberg는 Bohr의 對應原理를 延長하여 原子에 관한 行列力學(1925年)을 提唱하였고 Schrödinger는 그의 波動方程式(1926年)을 發表하게 되었다. 이 두 理論은 서로 다른 側面에서 量子論을 취급한 것이지만, 結果는 同一하다는 것이 증명되었다. Schrödinger의 波動方程式은 電磁氣波動方程式과 비슷하나 光量子는 靜止質量이 없고 粒子는 정지질량이 있으니까 同一하지는 않고 “波動”의 성격도 다르다. Schrödinger 方程式의 解로서의 波動函數 ψ 는 物理的인 의미가 없지만, $|\psi|^2$ 은 粒子를 발견하는 確率에 比例하며, 모든 測定된 物理量을 설명하여 준다.

이리하여 物質의 粒子-波動의 二元性이 나타나고, 不確定性原理, 確率論, 그리고 相對論까지 介入되어서 새로운 世界像으로 변하였다.

自然記述方法의 論理的 變遷

——古典力學에서 量子力學에 이르는——

圓光大文理大 庾 基 洙

自然現象을 記述하는 데 있어 量子力學이 나오기까지는 古典力學이 그 自身의 構成을 대체로 完成하였다. 이 構成의 論理的 背景은 「保存」, 「可逆」, 그리고 「非可逆과 平均操作」이란 概念이다. 이 概念들로 해서 古典力學에서는 巨視的인 物體의 力學이 그대로 微視的世界에 適用되어 대체로 力學的인 自然觀을 確立하였다. 그리고 모든 自然現象의 法則은 觀測者에 불구하고 可逆的인 形式으로 표현되어 因果的이었다. 그래서 어느 意味로 본다면 이 論理는 量子力學의 背景이 된다. 그런데 量子力學은 古典力學과는 質적으로 다른 論理的 構成을 必要로 하고 있으며 自然現象의 統一的 法則性을 限界짓고 있는 것이다.

量子力學에 나타나는 이러한 현상은 作用量子라는 것에 의해서 特徵지어진다. 그래서 論理的 構成으로서 는 物質의 二重性에 따라 두 物理量의 同時觀測不可能이라는 概念이 생기고 物質運動의 量子力學的 表現은 客觀的인 因果法則을 의심스럽게 한다. 그리고 觀測이란 行爲는 自然科學의 方法論 중에서 本質的인 要素로서 役割하고 있어, 古典力學에서는 觀測이란 操作을 理論의 틀 속에 넣지 않고 있다. 그러나 量子力學에서는 觀測의 문제를 직접 理論의 틀 속에 넣고 있는 論理的 構成을 하고 있다.