

不確定性原理과 決定論

高麗大物理學科 金 貞 欽

周知하는 바와 같이 Newton力學의 가장 중요한 결론의 하나는 「宇宙는 그 탄생의 순간부터 그 過去와 未來가 이미 決定되어 있다」고 단정할 수 있다는 점에 있다. 사실 Newton力學의 기초방정식

$$F = \frac{dp}{dt} = \frac{d}{dt} (m \frac{dr}{dt})$$

로 주어지는 시간에 관한 2階(second order)의 微分方程式으로서 그 解

$$r = r(a, b, t)$$

는 두 개의 任意常數 벡터 a, b 를 포함하게 되고, 이 임의상수 a, b 는 두 初期條件에 의해서 유일하게 결정된다. 이 두 초기조건은 본질적으로는 어느 순간에 있어서의 位置와 速度(또는 運動量)에 의해서 주어진다는 사실에 주의한다면 Newton力學의 결론은 「어느 순간에 있어서의 宇宙內的 모든 구성요소의 초기위치와 초기속도를 알 수만 있다면 宇宙의 未來 및 過去는 唯一無二하게 決定된다」로 落着된다.

Newton 및 그 追從者들에 의해 제승된 이 決定論(determinism)은 18世紀 및 19世紀의 自然科學界를支配하였고, 宇宙는 미리 定해진 프로그램에 따라 定해진 시나리오대로 진행된다는 一意的이고 宿命論의 力學萬能의 思想을 낳게 하였다.

그러나 自然은 정말로 그렇게 되는 것인지는? 이 絶對的인 것으로까지 생각되어온 因果律은 量子力學의 思考에 의해 깨지게 되었다. 不確定性原理가 그것이다. 왜냐하면 量子力學에 의하면 임의의 粒子는 그 波動性에 의해(임의의 파동은 그 입자성에 의해) 그 粒子의 位置와 速度(또는 運動量)을 동시에 정확히 잴 수 없기 때문이다. 사실 量子力學에 의하면 가장 純粹한 狀態에서마저도 어떤 物理量을 재면 그 결과는 반드시 一定值을 주지는 못하게 되고, 여러개의 서로 다른 값이 어떤 주어진 확률로만 주어지게 된다. 예컨대 어떤 순수상태에서 電子의 x 座標와 運動量의 x 成分의 測定值 x 및 p_x 의 不確定度(또는 運動) Δx 및 Δp_x 를

$$\Delta x = \langle (x - \langle x \rangle)^2 \rangle, \Delta p_x = \langle (p_x - \langle p_x \rangle)^2 \rangle$$

로 정의한다면 항상

$$\Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$$

란 것이 유도된다. 즉 우리의 기술적 力量의 不足에서가 아니라 原理的으로 電子의 位置와 運動量은 同時에는 精確히 측정($\Delta x = 0, \Delta p_x = 0$) 不可能하다는 것이다.

따라서 정확한 초기위치와 초기속도라는 초기조건을 필요로 하는 Newton의 결정론은 깨지고 말 수밖에 없다.

불확정성원리는 물질입자나 輻射가 갖는 波動·粒子라는 同時에는 兩立할 수 없는 두 對立概念의 同時認定에 의해 비롯된다. Bohr는 不確定性原理에 의한 量子力學의 解釋을 강조하기 위해 相補性原理라는 哲學的 概念을 導入하였다. 즉 그에 의하면 宇宙內的 모든 事象은 서로 등시에는 兩立할 수 없는 서로 矛盾되는(古典적으로) 두 對立概念(이 두 概念을 Bohr는 相補的이라 表現)에 의해 비로소 完全하게 記述된다는 것이다.

不確定性原理는 物理學·生物學·哲學은 물론이요, 최근에는 經濟學이나 社會學에도 適用되어가고 있다. 끝으로 不確定性原理나, 觀測에 따른 擾亂에 관한 量子力學의 解釋에 대해서는 Bohr 등에 의한 hidden variable에 대한 批判도 있다는 것을 略及한다.

粒子物理學의 展開

韓國科學院 數學 및 物理學科 趙 炳 夏

現在の 科學과 技術의 飛躍的인 발전과 이에 따르는 인간의 生活向上은 과거에는 상상조차 할 수 없었던 速度와 規模로 進行되고 있는데 그 導火線이 되었고, 또한 그것을 쉬지 않고 加速해 온 것은 바로 인간이 原子와 原子核의 世界에 대해서 새로 獲得한 革新的인 知見이었다.

「極微의 世界」라고 부르고 있는 이들 原子와 原子核의 內部現象은 日常 經驗世界하고는 다른 보다 創意的인 手法에 의해서 비로소 感知될 수 있는 것이고, 새로운 法則의 支配下에 있는 自然現象의 領域이다. 이 새 法則이 바로 量子力學이다.

Newton의 力學은 連續的인 自然觀과 決定論의 因果律을 基底로 하고 있으나, 量子力學은 不連續的인 自然觀과 確率的인 因果律을 바탕으로 하고 있다. 따라서 革新的이라 아니할 수 없다.

인간이 이와같은 微視世界에 대해 손을 뻗치기 시작한 것은, 前世紀에서 今世紀로 옮겨질 무렵이었다. 세기가 바뀌어짐에 따라 物理學의 世界에도 명백히 新時代가 다가왔다. 古典力學과 電磁氣學의 赫赫한 成果가 스스로 古典的인 巨視物理學을 成功裡에 그 終末로 이끌어 왔을 뿐만 아니라, 여러 곳에서 새로운 現象, 새로운 疑問, 새로운 興奮, 새로운 豫想 및 새로운 挑戰을 培動시키고 있었다. 陰極線, 光電效果, 放射能,