

부피 내에 유한한 질량이 들어 있다. 그러나 1929년 허블(Hubble)이 우주팽창을 발견하여 아인슈타인의 우주론이 觀測事實과 맞지 않음이 알려졌다. 아인슈타인은 우주팽창을 예언하지 못하였다.

드 시터(de Sitter)는 아인슈타인의 靜的 우주론에서 使用한 方程式에서 다른 종류의 解答을 얻었다. 그것은 物質이나 輻射에너지가 없는 텅텅 빈 우주다. 우주常數를 使用한 아인슈타인의 場의 方程式은 두 가지의 극단적인 우주 모형을 보여 준다. 즉 物質이 存在함으로써 空間이 形成되는 경우와 物質이 없이도 空間이 形成되는 경우이다.

프리드만(Friedmann)등은 相對論의 우주론에 새로운 모형을 개발하였다. 그들은 아인슈타인이 초기에 使用한 方程式(우주常數를 가정하지 않은)에서 靜的이 아닌 여러개의 動的 宇宙의 解를 얻게 됨을 알아냈다. 아인슈타인의 靜的宇宙는 특별한 경우에 얻어지는 것이다. 그들은 폐쇄형(closed), 平面型(flat), 개방형(open)의 세 가지 우주모형을 구하였다. 이 모든 모형에서 우주는 현재 팽창하고 있다. 이는 허블의 觀測결과와 일치하는 것이다. 이 모형들에서 물질은 감속하는데, 減速率은 폐쇄형 우주에서 가장 크다. 이 세계의 모형 모두가 宇宙創造時에는 無限大의 密度와 溫度를 가지고 出發하였다. 이 초창기의 상태를 원시 불덩이(primeval fireball)라고 부른다. 우주의 나이는 영구하게 팽창하는 개방형에서 가장 많고 폐쇄형에서 가장 적다. 폐쇄형에서는 우주가 어느 極大부피에 이른 후 다시 수축하여 부피가 0으로 된다. 이것을 진동우주(oscillating universe)라고 한다.

그러면 우리가 사는 이 우주는 이 세가지 모형 중에 어느 것에 속할 것인가. 그것은 이 우주의 密度가 얼마나 크냐에 따라서 정할 수 있다. 밀도가 어느 임계밀도(critical mass)보다 크면 物質의 引力 때문에 物質의 팽창속도가 줄어들고 결국에 가서는 우주는 다시 收縮할 것이다. 宇宙는 팽창과 수축을 重複한다. 그러나 밀도가 임계온도보다 작으면 영구히 팽창한다. 계산에 의하면 임계밀도는 $5 \times 10^{-30} \text{ gm/cm}^3$ 이다. 현재 우리가 觀측한 우주의 평균밀도는 이것의 25% 정도밖에 되지 않는다. 그렇다면 우주는 영구하게 팽창할 것인가? 그러나 이 우주에는 아직도 우리가 觀측하지 못한 소위 missing mass가 있는 것으로 생각되어 현재로서는 어떤 결론도 내릴 수 없는 처지이다.

相對論 以後의 物理學

高麗大 物理學科 金 貞 欽

Einstein 恒星年인 1905年—(萬若 이 해를 Einstein 恒星年이라 부를 수 있다면)—은 物理學史上, 그리고 어쩌면 全人類의 思想史上 가장 빛나는 거룩한 革命的인 해였다. 이 해는 당시 不過 26歲였던 젊은 Einstein이 (1) 時空間에 관한 우리의 常識과 概念을 송두리채 바꾸어버린 特殊相對性理論과, (2) 20世紀物理學的의 向方을 完全히 바꾸어버린 또 하나의 支柱인 量子論 形成에 決定的인 礎石의 하나를 이루었던 光量子說, (3) 當時 Ostwald에 의해 그 實在가 否認되고 있던 分子論, 原子論에 實證的인 實거를 박아넣고 原子論에 기틀을 튼튼히 굳히고, 나아가서 現代 統計物理學的의 基礎를 닦아 놓은 搖動現象에 관한 理論을 展開시킴으로써 그 후 적어도 100年 間의 物理學 發展에 決定的인 影響을 미친 해였다.

그후 Einstein은 1915년에는 一般相對論을 發表했고, 1917년에는 後에 가서 laser理論의 基礎가 된 誘導輻射에 관한 理論, 1919年 以來 逝去한 1955년까지는 統一場理論 展開에 心血을 기울였다.

Einstein의 위의 理論은 그의 在世時에도 物理學은 勿論이려니와 餘他 科學이나 哲學에까지 커다란 影響을 미쳤고, 物理學 自体 內에서는 相對論의 效果(特殊 및 一般의 두 種類), 量子論, 統計力學 形成에의 緊접이 등 物理學的의 거의 모든 分野에 影響을 미치고 있다. 그러나 本 論文에서는 그가 逝去한 1955年 以後에 限定해서 論하기로 하겠다.

우선 特殊相對性理論에서는 Weinberg가 提唱한 tachyon理論과 Terrell이 發見한 Terrell效果가 각각 1967年 및 1959年에 發表되었다. tachyon이란 眞空속에서의 光速인 $c=303\text{km/s}$ 보다도 더 빠른 速度를 갖는 粒子를 뜻하며, Einstein의 質量·energy公式에 의하면 그 質量은 純虛數가 된다. 質量이 虛數이므로 이 粒子는 正常的인 粒子는 아니다. 그러나

$$E^2 = c^2 p^2 + m^2 c^4$$

이라는 關係를 통해 에너지關係式을 조사함으로써 그 存在를 밝힐 수 있으리라 예상되고 있다. 그러나 여태껏 tachyon도 實驗의 確認을 못받고 있다.

또 Terrell效果는 1959年 無名의 物理學徒인 Ter-

rell이 發見한 것으로서, 速度 v 로 運動하고 있는 物体는 運動方向으로 $\sqrt{1-v^2/c^2}$ 의 率로 줄어들어 보이는 것이 아니라 $\theta = \sin^{-1} \frac{v}{c}$ 만큼 回轉(進行方向으로부터 視線方向으로 回轉)해 보인다는 사실이다. 우리의 눈은 四方으로부터 同時に 到着한 光子들의 刺戟으로 物体의 線을 느낀다는 事實에 注意한다면 쉽게 理解되는 現象인데도, Einstein 自身을 包含해 모든 사람이 54年 間이나 감쪽같이 속아넘어갔던 사실을 Terrell이 비로소 發見해낸 것이다. 그러나 실인즉 이 效果의 數學的 表現은 이미 Einstein 自身에 의해 光行差公式로 導出되어 있었는데, 아무도 이 公式를 제대로 解釋하려 들지 않았을 뿐이었다.

量子論에서는 誘導輻射에 關한 理論이 1960年代以來 laser의 基本理論으로서 脚光을 받게 되었다. laser란 可干涉性的 強한 平行光線束을 뜻하며 그 技術的 應用은 通信·高温切斷(工業 및 医療), 精密測定, holography, 非線型光學研究, 核融合爐研究 등 多樣하고 매우 有用하게 여러 分野에 걸쳐고 있다.

一般相對論分野에서는 Einstein의 一般相對性理論의 結論의 하나로서 Oppenheimer 및 Volkoff가 1939年頃 展開한 中性子星, black hole 理論이 1960年代에 들어와 中性子星(pulsar)의 發見, black hole 候補星의 發見(推測)으로 脚光을 받게 되었고, 또 1961년에는 Pound 및 Rebka에 의해 重力場에서 빛의 赤色移動效果가 實驗室內에서도 測定可能하게 되었다(Mössbauer效果와 Doppler效果를 利用해서 함). 또 人工衛星을 쓴 갖가지 實驗(水星의 近日點移動과 같은 內容의 歲差效果, 重力場에서의 時間膨脹效果, 빛의 振動數의 赤色移動 등)이 活潑히 進行되고 있다.

또 1960年代以來 Dicke 등에 의해 Einstein의 一般相對性理論의 一般化 및 修正理論인 scalar理論 및 tensor理論이 登場하여 그에 關한 實驗이 活潑히 이루어지고 있다. Einstein在世時에는 年間 기껏해야 數篇 乃至 十數篇 정도였던 一般相對論에 關한 論文이 現在는 年間 600~700篇을 이루고 있어 일종의 一般相對論 붐을 이루고 있다.

또 Einstein의 宇宙論方程式(1917年)에서 出發한 宇宙論은 1922年의 Friedmann理論, 1940年代의 Gamow 등의 Big Bang理論을 거쳐 또다시 활발한 움직임을 보이고 있다. 특히 1965年 Penzias 및 Wilson이 發見한 3K의 等方性 背景輻射의 發見은 宇宙膨脹理論에 決定的인 증거를 提示해 주고 있다. 이 Big Bang理論은 black hole의 反對概念인 white hole의 한 具顯이라고 볼 수 있으며 black hole~white hole

에 關한 宇宙論이 超高密度星인 中性子星, black hole과 關聯되어 論議되고 있고, 天文學上的 오랜 수수께끼인 quasar와도 關聯을 맺어 論議되고 있다.

또 1967年 Weber에 의해 한때 發見되었다고主張되었던 重力波는 Einstein의 一般相對論의 當然한 歸結로서, 그 存在가 豫測되지만 追識의 結果, 現在까지는 否定的인 것 같다. 그러나 앞으로 더 銳敏한 實驗裝置가 開發되어 重力波의 實証도 머지 않아 이루어리라 생각된다.

끝으로 Einstein이 生存時 그토록 努力했던 統一場理論은 어느 線까지는 理論展開가 可能하였으나 결코 成功했다고는 할 수 없었다. 그러나 多幸히 Einstein이 本來 생각했던 統一場理論(電磁氣場과 重力場을 統合)과는 若干 性格이 다르지만 어떤 意味에서는 Einstein의 統一場理論을 더 擴大한 새로운 統一場理論이 展開中에 있다. 즉 自然을 支配하는 네 가지 힘인 強한 相互作用, 電磁氣的 相互作用, 弱한 相互作用, 重力의 相互作用을 한데로 묶어 보자는 雄壯한 理論이 展開 중에 있고, 그 중의 일부인 弱한 相互作用과 電磁氣的 相互作用의 統合이 1967~68年에 Steven Weinberg와 Abdus Salam에 의해서 成功했고, 이것과 強한 相互作用과의 統合도 곧 이루어지리라 추측되고 있다. 이 段階가 끝나면 最終적으로 重力의 相互作用과 餘他 相互作用 사이의 統合이 이루어져 Einstein이 꿈에도 그리던 統一場理論이 完成되리라 생각된다.

Einstein이 뿌린 씨는 이렇게 1960年代以來 싹이 트고 現在 活潑하게 成長을 거듭하고 있다.

아인슈타인의 科學哲學

建國大 哲学科 李 初 植

周知하는 바와 같이, Einstein은 위대한 物理學者였으며 同時に 科學哲學者이기도 하다. 하지만 物理學者로서의 그의 業績과 名聲은 科學哲學者로!의 그것보다 훨씬 비중이 크다고 하겠다. 그렇긴 하나 우리는 과학철학 분야에서의 Einstein의 업적을 過小評價해서는 안될 것이며 더우기 그가 科學哲學을 副次的인 것으로 생각한 것으로 誤解해서도 안될 것이다.

物理學은 物理的 現象에 關한 法則·理論을 확립, 그 現象을 說明·豫測하는 것이라고 한다면 物理學的哲學은 바로 그러한 <物理學>을 연구대상으로 삼고