

學校에서의 科學教育

서울大學校 師大教授 申 熙 明

1. 科學과 科學教育

學校教育은 복잡한 社會에 들어가기 前의 아동들에게 社會의 經驗을 組織的으로 體得시켜 社會에 잘 적응될 수 있도록 知的發達을 도모하여야 한다.

이런 役割을하여야 하는 學校教育에서의 科學教育은 말할 것도 없이 自然科學의 기초가 되고 기본이 되는 것을 教育하여야 한다. 그러기 위하여는 于先 科學 自體에 對하여 正確히 알아야 할 것이다. 다시 말하면 科學을 正確하게 알고 있는 사람이 科學教育을 正確히 할 수 있다는 것이다. 따라서 우리는 科學教育을 論하기 前에 科學 自體에 對하여 檢討하여 보기로 한다.

가. 自然의 法則

自然 속에 파묻혀서 살고 있는 우리는 아침에 눈을 떠서 저녁에 잘 때까지 끊임없이 變化하는 自然現象을 보고 느끼면서 살고 있다. 그리고 이들 現象을 理解하려고 사람들을 不斷한 努力을 하고 있으며, 이 理解를 돕기 위하여 組織的이고 끊임없는 研究를 계속하고 있다. 이러한 努力을 다음의 例로서 살펴보기로 한다.

해는 아침에 東쪽에서 떠서 저녁에 西쪽으로 진다. 이 事實은 오늘도 어제, 一週日前에도, 또 一年前에도……일어났다. 이 事實들을 미루어 보았을 때 내일도 一週日後에도 十年後에도 해는 東쪽에서 떠서 西쪽으로 저가리라는 것을 이야기할 수 있을 것이다. 이렇게 말하기 위하여는 우리는 다음과 같은 가정을 먼저 세워야 할

光復 30周年<第21回> 全國 科學展覽會를 契機로 科技處가 開催한 「科學技術普及에 關한 세미나」가 9月 11日~12日 (2日間) 韓國科學技術研究所 존슨 講堂에서 盛況裡에 열렸다. 이 날 發表된 靑少年 科學教育에 關한 主題講演 全文을 紹介한다. <편집부>

것이다.

1) 자연에서 일어나는 모든 현상은 그의 원인이 있을 것이다.

2) 사람은 이런 현상들을 이해할 능력을 가지고 있다.

3) 자연도 모든 것이 질서 있고 또 계속적으로 움직인다.

4) 자연을 변덕스럽게 갑자기 변화하는 일은 없다.

5) 사람은 자연에서 일어나는 現象을 時, 空間을 利用하여 表現할 수 있다. 즉 자연에서 일어나고 있는 모든 현상에는 그 일어나야 할 원인이 있고, 사람은 이 원인을 찾아낼 능력이 있다. 만일 이 원인만 안다면 과거, 현재에 일어난 현상을 설명할 수 있는 것은 물론이고 한발 더 나가서 미래에 일어날 현상까지도 예측할 수 있는 것이다.

이러한 가정을 세워 놓으면 우리는 太陽이 떴다 졌다 하는 現象은 다음과 같이 생각할 수 있는 것이다. 즉 宇宙에는 아마도 아침에는 太陽을 東쪽에서 뜨게 했다가 저녁에는 서쪽으로 지게 하고 밤중에는 다시 東쪽에 太陽을 보냈다가

다음 날 아침에 다시 뜨게 하는 원인이 있는 것이라고 생각할 수 있다. 이것을 組織的으로 研究하여 科學史에서 볼 수 있는 것과 같이 太陽이 地球를 中心으로 하고 하루에 한번씩 回轉한다는 天動說이 있었고, 계속적으로 研究를 거듭하여 오늘날 우리가 믿고 있는 것과 같이 地球가 太陽을 中心으로 천천히 回轉하면서 地球 自體가 每日 한번씩 回轉한다는 地動說이 나오게 된 것이다.

어느 경우를 생각하거나 그의 원인을 찾아 낸다는 것은 自然에는 自然의 現象을 지배하는 法則이 있으리라는 것은 믿어 의심치 않는다. 卽 自然에는 自然現象을 支配하는 法則이 있다는 假說을 세우는 일이 第一 먼저 하여야 할 일이며 當然한 일이 되는 것이다.

만일 우리가 이 자연의 법칙을 찾는다면, 이것은 自然에서 일어난 現象으로 미루워 보아서 찾은 것이 되므로, 自然의 法則은 宇宙의 事實을 記錄한 것이 된다. 卽 宇宙에서 일어났던 事實 現在에 일어나고 있는 事實 등을 用語(주로 數學으로 表示한다)로 書文化한 것이다. 따라서 이것은 우리가 살고 있는 人間社會의 法則과는 전혀 다른 性質을 가지고 있다. 人間社會의 法則은 사람이 法則을 만들어 놓고 그 法則대로 움직이지 않으면 罰을 받게 되어 있다. 그러므로 사람이 그 法則에 따르기 싫어도 억지로나도 따라야 하는 것이다. 卽 根本的으로 法則이라고 하는 用語의 뜻이 다른 것이다.

나. 探究의 方法과 過程

自然의 法則이 存在한다고 假定을 한후에는 사람들은 이 法則을 찾기 위하여 自然의 現象에 對하여 더욱 깊게 組織的인 探究를 하게 된다.

自然을 探究하는 方法에는 어떤 特定한 方法은 없지만 여기서는 Einstein이 主張하는 Cyele式 方法을 다루어 보기로 한다.

Einstein은 自然의 探究는 自然에서 일어나는 事實에서부터 始作하여 事實에서 끝을 맺는다고 強調하였다. 그 사이에 如何한 複雜한 過程이나 現論이나 理論의 利用이 있다고 하더라도 이 關

係만은 언제나 維持되는 것이다. 이것을 더욱 자세히 說明하면 自然을 探究하는 사람은 于先 正確한 觀測者가 되어서 自然의 事實을 明確하게 記錄하고 다음에 이 測定値나 現象을 說明할 수 있었던 假說을 세우고 다시 이 假說을 檢討하여 理論을 세운다.

理論이 세워진 다음에는 우리는 이 理論을 利用하여 未來에 일어날 現象이나 現在까지 우리가 觀測하지 못하였던 現象을 豫測하게 된다. 이 때 豫測하였던 現象의 觀測이 成功되면 이 理論도 어떤 形態의 自然의 法則으로서 採擇되는 것이다.

만일 豫測하였던 現象이 觀測되지 않거나 혹은 豫測과 맞지 않으면 이 理論은 버려지거나 修正을 加하여 改良되어야 한다. 勿論 過去에 自然의 法則으로서 採擇되었던 理論도 이것이 現在의 測定과 맞지 않으면 다시 改良하거나 버려야 한다는 것은 더 말할 것도 없는 것이다. 또 이 때에 버린다는 뜻은 보류한다는 뜻과 같다. 그 이유는 過去의 現象說明에는 가장 適當하였던 것이었기 때문이다.

이와 같은 한번의 循環의 끝은 또 다음 循環의 始作이 되어 되풀이되어가면서 漸次로 高次的인 理論이 發達되어 가는 것이다. 이것이 Cycle式 探究方法이다.

Cycle式 方法을 알기 쉽게 하기 위하여 그림으로 表示하면 다음의 그림-1과 같게 된다.

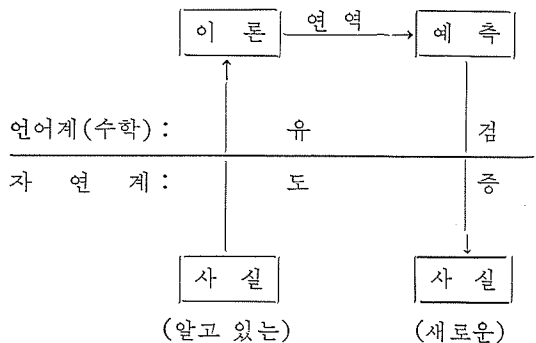


그림 1. Cycle式 探究過程

여기에서 水平으로 그은 直線은 自然界와 言語界를 區分 짓기 위한 것이다. 이 하나 하나의

用語를 檢討하여 보기로 하자.

科學의 言語

人間이 下等動物과 다른 가장 큰 點은 自己가 생각하는 意思를 表現할 수 있는 言語가 있다는 點이다. 그러나 意思를 表現한다는 말은 반드시 正確하게 發言者의 意思가 상대자에게 전해진다는 뜻은 아니다. 경우에 따라서는 誤解를 살 때도 있다. 또 誤解뿐만 아니라 어떤 말에 對하여는 理解가 確實히 가지 않을 때가 있다. '많다' '적다' '덥다' '춥다' 등 얼마든지 우리 周邊에서 이와 같은 用語를 찾아 볼 수 있다. 예를 들면 '서울 運動場에 축구 구경을 하러 온 사람이 굉장히 많더라'라고 하면, 이것을 듣는 사람들은 이 '굉장히'라는 말을 어떻게 解釋할 것인가? 약 5,000명이라고 생각하는 사람도 있을 것이고, 약 20,000명 정도라고 생각하는 사람도 있을 것이다. 卽 이 '굉장히'라는 말을 듣는 사람은 제 나름대로 解釋할 것이다.

이와 같이 理解가 곤란하고 廣範圍한 뜻을 內包하는 用語는 자연의 현상을 설명하기 어려울 뿐만 아니라 표현이 不可能한 것도 있게 되는 것이다. 따라서 우리는 좀 더 正確하게 뜻을 傳達할 수 있는 用語를 찾아내야 할 것이다. 이에 가장 適合한 用語로서 數學을 들 수 있다. 數學은 正確하고 믿을 수 있으며 오해나 막연한 表現이 없는 것이다. 그리고 世界的으로 共通된 用語로서 便利한 點이 많다.

이러한 理由로 Cycle式 探究方法을 그림으로 그릴 때 自然界와 言語界를 直線으로 區分하고 言語界에 數學을 使用한다는 것을 括弧 안에 表示하였던 것이다. 따라서 自然의 現象을 數學的으로 表現하는 法을 익히게 하기 위하여 數學的으로 不足한데는 그때 그때 補充하여 주어야 한다.

事實과 理論

自然을 探究하는 形態는 2가지로 생각할 수 있다. 하나는 每日 每日 顯微鏡을 들여다 보면서 우리의 肉眼으로 보지 못하는 미세한 構造나

組織을 觀察하거나 몇 年씩 걸려서 벌의 움직임을 觀察하여 記錄하면서 研究하는 形態이다. 또 다른 하나는 종지와 연필을 책상위에 놓고 數學方程式을 써 가면서 새로운 理論을 研究하는 形態이다. 이 두 형태의 실험과 이론의 究研를 서로 연결시켜 하나의 關聯性 있는 理論을 세우는 것이 오늘날의 큰 課題가 되어 있는 것이다.

이 完成된 理論의 形態는 우리들 個人을 例를 들어도 알 수 있다. 우리가 두꺼운 책상을 보고 주먹으로 쳐서 구멍을 뚫을 수 있다고 생각하는 사람은 하나도 없을 것이다. 이것은 우리가 每日 每日 生活하고 있는 가운데서 얻은 事實을 綜合하여 우리들 自身이 理論을 세운 것이다. 卽 이런 두꺼운 책상을 맨손으로 두들겨서 구멍을 뚫으지 못한다는 것을 理論化 시켰기 때문이다.

여기에 高速道路를 달리고 있는 自動車의 進動을 例로 들어 본다. 첫번째, 한시간 동안 달린 거리를 測定하여 보니까 약 90km이고, 두번째 한 시간동안 달린 거리가 약 90km이고 세번째도 역시 약 90km이라면 이 結果를 graph로 그리면 그림 2와 같이 된다. 이 graph를 보면 우리는 곧 다음과 같은 사실을 알 수 있다. 즉 自動車가 간 거리와 時間사이에는 어떤 함수 관계가 있다는 것을 곧 알 수 있다' 만일 그 관계가 一次的 關係라면, 이 때 直線의 기울기 V(速度)라 하고 간 거리를 d라고 하면 곧 $d=Vt$ 라는 관계식을 얻을 것이다. 여기서 t는 時間을 表示한다. 이 관계식이 그 自動車가 運動한다는 事實로부터 얻은 理論인 것이다.

이 理論을 利用하면 過去, 現在, 未來의 自動車의 位置를 알아낼 수 있다. 勿論 이때의 理論에는 限界가 있다는 것을 잊어서는 안된다.

여기서 明白히하여 둘것은 理論과 事實과의 差異點이다. 여기에서 말하는 事實은 우리가 알고 있는 事實을 말한다. 그리고 이것으로부터 얻은 이론은 우리가 알고 있는 事實뿐만 아니라 아직까지도 알지 못하는 事實까지도 포함하여 표현하는 것이다. 卽 우리가 알고 있는 事實이란 것은 어떤 獨立된 한개의 現象을 나타내는데

對하여 理論은 無數個의 現象을 나타내는 것이다. 따라서 理論에서 表現하는 無數個의 事實은 우리가 全部를 알 수 없는 것이다.

誘 導

이 誘導過程은 앞에서 다룬 理論과 事實의 中間 다리의 役割을 하는 過程이다. 다시 말하면 觀測한 事實을 說明하기 위한 理論을 세우는 過程을 말한다.

이 過程은 大略 두 段階를 거쳐서 이루어 진다. 첫번째 단계는 于先 여러 假說을 만들어서 說明을 시도하고, 다음 두번째 단계는 說明이 可能한 假說中에서 가장 適合한 하나의 假說을 골라내는 것이다. 이것이 理論으로 採擇되는 것이다.

自動車の 例를 다시 들어 보면 처음 한 시간은 90.5km이고, 다음에 한 시간은 89.5km이고 다음이 90.3km로 記錄되었다면 우선 그림 2에서와 같이 graph에 이에 해당하는 點들을 찍고 그 점들을 이어 나가면 뾰족 뾰족한 툭날형의

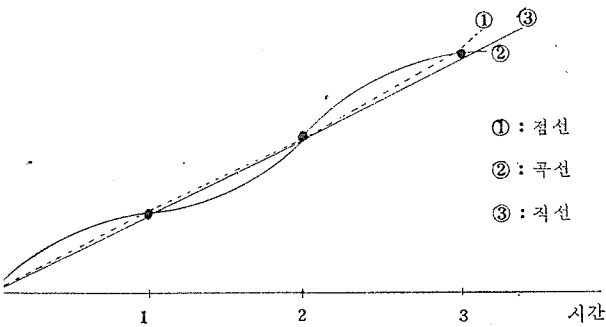


그림 2. 자동차가 달린 거리와 시간과의 관계 graph

曲線①이 생길 것이다. 또 자연의 연속성 또는 오차의 범위등을 생각하면 이 뾰족 뾰족한 끝을 모나지 않게 둥글게 이어 갈 수 있을 것이다. 이 둥글게 하는에는 그 정도에 따라서 얼마든지 여러개의 곡선을 그을 수 있을 것이다. graph에는 그 중에서 있을 수 있는 곡선을 약간 과제하여 그려 ②의 곡선과 같이 표현하였다. 또 자연의 연속성과 오차를 생각하여 直線③과 같은 선을 그을 수 있다.

이 曲線(直線도 포함)들이 假說이고 點 하나 하나가 사실이 되는 것이다. 이 假說을 數學으로 表示하면 아주 복잡한 형태의 수평 공식이 된다. 즉 뾰족 뾰족한 형태나 둥글게 그린 曲線들은 모다 級數의 形態로 表現되고, 直線만은 앞에서 이야기한 것과 같이 간단한 一次 方程式으로 表現하게 된다.

이렇게 관계식이 얻어지면, 이것을 利用하여 自動車가 움직인 거리를 說明하여 보는 것이다.

이 때 우리가 測定한 測定値가 誤差가 아주 적은 正確한 값이라면 이 복잡한 數學公式을 採擇하겠지만 測定한 方法이 차박위가 돌아가는 回數로 測定하여 誤差가 매우 크다고 하면 이 복잡한 공식 대신에 간단한 직선의 公式이 더 適合할 것이다. 다시 말하면 級數의 公式을 利用하여 한 時間半 동안 간 거리와 直線의 公式을 利用하여 한 시간 반 동안 간 거리를 計算한 結果의 差가 크지 않고 實際로 距離測定에서 생기는 誤差의 範圍內에 있으면, 우리는 간단하고 便利한 直線의 公式을 擇하는 것이다. 또 한간 단 한이론일수록 많은 사람들이 理解하기 쉬워 利用度가 높은 것이다.

推 理

이것은 앞에서 얻은 理論을 利用하여 새로운 現象을 豫測하는 過程이다. 그리고 이것을 다음의 檢證過程에서 검증하는 것이다. 이러한 意味에서 보면 推理過程은 理論이 自然現象을 正確하게 表現하였는가를 檢査하는 과정의 一部가 되는 것이다. 만일 理論이 正確하다면 그것으로부터 豫測한 事實도 正確하게 알아 낼 수 있을 것이고, 그와 반대로 아무리 어떠한 현상을 잘 說明한 이론이라도 豫測한 것을 찾아 볼 수 없으면 이것은 좋은 理論도 못 될 것이다.

檢 證

이 과정은 추리과정을 거쳐서 얻은 豫言에 따라 事實을 관측하는 과정이다. 이것은 처음의 유도과정에서와 같이 사실을 정확하게 관측하는 점은 같으나 처음과 다른 점은 이들 사실을 미리 예언한 대로 計劃을 세워서 測定 혹은 觀察한다는 點이다.

—다음호에 계속—