

學校에서의 科學教育

(下)

서울大學校 師大教授 申 熙 明

檢 證

이때 관측한 현상이 예언하였던 것과 같으면 이론은 정확한 것으로 인정되고, 그렇지 않으면 우리는 이 理論을 버리고 새로운 이론을 採擇하거나 이 理論에 수정을 加하여 改良된 理論을 세운다. 이것에 대하여는 앞에서 論한 바가 있다.

이 Cycle式 探究過程을 거쳐서 이론의 발달하여 가는 모양을 빛의 理論이 변천되어 가는것을 例로 들어서 알아보자.

빛의 理論은 벌써 플라톤 시대부터 있었으며 이때 이론은 빛이라는 것은 우리 눈에서 나가는 빛의 神經이라는 것이 있어서 마치 손을 뻗쳐物體를 만져 알아 내는 것과 같이 빛의 神經이 눈에서부터 나와 우리가 感知할 수 있는 것이라 하였다.

그런데 그 당시에는 별에 대한 觀察이 많았으며, 이 때 눈을 감았다 뜨는 순간에 옆에 있는 등불의 빛과 별빛이 同時에 보인다는 것을 알았다. 만일 빛의 神經이 눈에서 나간다면 옆에 있는 물체와 아주 먼 곳에 있는 별에 어떻게 同時에 도달하겠는가 하는 의문이 생기게 되었다. 그러나 그 당시에는 이 의문을 해결할 길이 없었던 것이다.

그 후 17世紀에 와서 Newton이 빛의 粒子說을 세우게 되었다. 즉 작은 알갱이가 光源에서부터 나온다는 것이다. 이 알갱이들은 너무나 작고 빠른 속력을 가지고 있었으므로 지구표면에 와서도 지구의 중력에 끌리어 그 경로가 꾸부러지지 않고 直進으로 진행하며, 光束(빛의 알갱이가 많이 흐르는 흐름)끼리 서로 충돌을 하지

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. <편 집 부>

않고 그냥 지나가고 어떤 면에 부딪치면 공이 반 발하는 것과 같이 빛이 反射한다고 하였다.

이 粒子說로는 빛의 反射나 屈折의 現象說明에는 잘 맞았으므로 이 理論으로 빛의 어떤 現象을 예측하여 보았다. 즉 “빛이 粒子로 되어 있다면 빛이 표면에 와서 부딪칠 때에는 마치 공이 날아와서 표면을 때리는 경우와 같은 것이다. 그러면 表面은 어떤 힘을 받을 것이다.”라고 예언하였다. 그리고 이 豫測을 檢證하기 위하여 등잔불 또는 태양빛이 직접 쏘이는 곳에서 손등에 있는 솜털이 움직이느냐를 관찰하였다. 그 당시에는 솜털이 가장 약한 것으로 생각하여 이것을 實驗에 使用하였던 것이다.

그런데 아무리 강한 빛을 손등에 비쳐도 솜털은 움직이지 않았다. 즉 빛의 粒子說은 좋은 것이 아니라고 생각되었다. (그 當時에는 이 程度의 實驗밖에 못하였으나 지금은 이 光壓도 測定이 可能하다).

또 한편으로는 빛의 새로운 현상이 알려졌다. 즉 빛의 回折현상, 간섭현상이다. 그런데 이

들도 역시 粒子說로서는 說明되지 않았다. 즉 두 개의 빛의 알갱이가 한 곳에 모이면 어떤 때에는 몇 배가 된다는 것이다.

여기서 빛의 粒子說은 빛의 神經說을 번릴 때와 같이 버려지게 되었다. 그리고 새로히 빛의 波動說이 導入되었다. 이 빛의 波動說을 이용하면 그 당시에 알고 있던 빛의 모든 現象을 說明할 수가 있었다.

19세기 말까지는 빛의 波動說이 우세하였다. 그런데 새로운 문제가 또 부닥쳐 왔다. 即 光電 效果 現象이다. 빛을 金屬表面에 부딪치면 電子가 放出되는 것이다. 이 現象은 빛의 波動說로서는 도저히 說明할 수 없으며 이것을 說明하려면 한번 버렸던 빛의 粒子說을 導入하지 않으면 안되었다. 그래서 다시 빛의 粒子說을 導入하게 된 것이다. 即 빛은 에너지의 알갱이들이 날아오는 것이다.

이와 같이 理論은 끊임없이 變하여 가는 것이다. 即 빛의 神經說에서 빛의 粒子說로 發展하였다가 다시 粒子說을 버리고(이 때는 保留의 뜻에 해당할 것이다) 波動說을 擇하고 다시 粒子說로 變遷되어 나온 것이다. 이것이 理論發展의 좋은 例인 것이다.

以上과 같이 Cycle式 探究方法을 되풀이 해가면서 우리는 점점 自我의 本性을 探究하고 있는 것이다.

다. 探究의 產物

이제까지 自我를 관측, 記錄하고 그로부터 理論을 세우고 그 理論을 檢證하여 自我의 法則을 찾아가는 一連의 探究過程을 工夫하였다. 그런데 人間은 이와같이 過程을 밟고 있으면 여기에서 무엇이든 얻어지는 것이 있게 된다. 즉 자연을 탐구하고 있으면 우리는 아직까지 알지 못하였던 새로운 事實을 알게 되거나, 알고 있던 事實도 더욱더 正確하게 알게 될 것이다. 또 새로운 理論을 얻게 되며, 이들로 부터 새로운 概念이 생기게 된다. 또 이들 理論을 표현하기 위한 model로 생기게 되는 것이다.

이와 같이 探究過程을 통하여 얻어지는 새로운 事實, 理論, 概念, model 등을 探究過程의

產物이라고 부른다.

이들 중에서 事實과 理論에 대하여는 앞에서 說明한 것과 같으므로 여기서는 概念과 model에 대하여 알아 보기로 한다.

概念

概念은 便利上 3가지로 나누어서 생각한다. 即 ① 操作的 概念 ② 關聯的 概念 ③ 理論的 概念 등으로 나눌 수 있다.

① 操作的 概念은 우리가 직접 操作하고 있는 사이에 생겨나는 概念을 말한다. 우리는 鉛筆이란 用語를 들으면 곧 그것은 글을 쓸 때 사용하는 것을 안다. 그것은 우리가 일상 생활에서 글을 쓸 때 연필을 사용하였기 때문이다. 即使 사용하고 있는 동안에 鉛筆에 對한 概念이 생긴 것이다. 만일 연필을 使用하지 않는 나라가 있거나 한번도 본 일도 없는 사람이 있다면 그 사람에게 연필이라는 概念은 없을 것이다. 연필과 같이 조작을 통하여 얻어지는 概念을 操作的 概念이라고 부른다.

操作的 概念은 日常生活의 경험에서만 얻어지는 것이 아니고, 실험실에서도 實驗을 하므로써 얻어진다. 현미경을 使用하여 여러 가지 生物의 細胞나 鑛物의 組成을 많이 觀察한 사람에게 무엇 무엇의 細胞, 또는 어떤 鑛物의 이름을 든다면 그는 곧 그것을 그려 낼 수가 있을 것이다. 또는 어떤 세포의 그림이나 鑛物의 그림을 보이면 곧 그것의 이름을 낼 수 있는 것이다. 이것은 많은 觀察을 통하여 얻어진 세포나 鑛物에 대한 개념인 것이다. 이것도 操作的 概念이다.

② 關聯性 概念은 直接 觀察이나 測定으로 얻을 수 없으며 다만 어떤 현상을 관찰하고 이것들의 結果를 利用하여 計算하거나 또는 다른 操作을 통하여야만 얻어지는 概念이다.

이의 좋은 例로서는 Newton의 운동의 제 2의 법칙을 들 수 있다. 即 어떤 物體에 힘을 가하면 그 물체는 힘에 比例하는 加速度로 運動한다는 것이다.

수식으로 표시하면 $F=ma$ 인 것이다. 여기서 F 는 힘, a 는 가속도, m 은 질량이다. 이들 세 가지 양은 직접 측정할 수 없는 양들이다. 즉 직

접 측정할 수 있는 것은 하나도 없다.

가속도는 시간의 변화에 따르는 물체의 위치에變動을測定하여 그들을 사용하여 計算으로 얻어진다. 또 힘을 측정하기 위하여는 于先 어떤 한 物體에 힘을加하였을 때 그 물체의 時間에 대한 位置의 變化를測定하여 加速度를 計算하고 힘의 單位를 정한다.

그리고 그 물체에 아까와 다른 힘을加하고그 때의 가속도의 크기를定하는 것이다. 만일 가속도가 힘의 單位를 정할 때의 가속도 보다 2배로 커졌으면 이 때의 힘의 크기는 2로表示할수 있는 것이다. 이와같이 힘을測定하기 위하여는 그 힘을 어떤 물체에 가속도를 측정하여 단위 크기 일때의 가속도와 비교하여 힘의 크기를測定하는 것이다.

質量을測定할 때와 같은 모양으로測定한다. 即 일정한 힘을어떤 物體에 가하고 그때의 가속도를測定하고 그 가속도와加한 힘의 비로서 物體의 質量의 單位를定義한다. 그리고 未知의 質量 物體에 아까와 같은 힘을加하고 가속도의變化를測定하여 그때의 힘과 가속도의 비로서 質量을 정한다.

가속도의 힘, 질량등의 개념은 자연현상을說明하는데 대단히 便利하나 이것들은 모다 間接的인 過程을 거쳐서 얻어지는 概念이다. 即 어떤 概念들을 聯關시켜서 假想的인 概念을 얻게하는 것이다. 이런 概念을 聯關의 概念 또는 假想的 概念이라 부른다.

③ 理論的 概念은 操作이나 이들을 聯關시켜도 얻기 어려운 概念들을 말한다. 原子의 概念 등은 이런 것이다.

即 原子는 어떠한 조작을 하여도 직접적으로 직경을 측정한다든지 모양을 들여다 본다든지할 수 없는 것이다.

우리가 알 수 있는 것은 다만 物質에서 일어나는 現象인 것이다. 그 現象을 보고 아마도 原子라는 것이 있고 또 原子에는 核이 있고 그 周圍를 電子가 돌고 있을 것이라는 것이다. 即 陰極線의 實驗을 보면 원자 속에는 電子가 있어야 할 것이고, Rutherford의 實驗을 보면 原子에는 그 質量의 거의 全部가 뭉쳐있고 陽電荷를 띤 核

이 있어야 한다는 것이다. 이런 事實들을 미루어 보아 原子에는 核이 있고 原子는 이 核을 中心으로 하여 돌고 있다고 생각하게 되는 理論이 서게 된다.

이와 같이 操作을 통하여도 直接觀察이 不可能하며 操作的으로 얻은 概念들을 서로 聯關시켜도 얻을 수 없고, 다만 어떤 現象에서 觀測한 結果로부터 誘導된 理論에서 부터 얻은 概念을 理論的 概念이라고 부른다.

Model

理論을 理解하기 쉽게 하기 위하여 理論이 指適하는 點만을 만족시키는 物體 또는 記號를 사용하여 그 理論을 나타낸 것을 그 理論의 model 이라고 한다. 여기서는 model은 物體 自體가 model이 되는 것이 아니고 그 物體가 나타내는 어떠한 性質이 理論을 나타내는 model인 것이다. 物體를 사용한 model의 例를 들면, 100cm^3 의 물에 알콜 100cm^3 를加하면 부피가 200cm^3 가 되지 않고 이보다 약간 모자란다. 이것은 分子간의 간격이 이들을 합치므로서 變하기 때문이다.

이 理論을 理解하기 쉽게 하기 위하여 콩 100cm^3 와 팥 100cm^3 를 합친다. 그러면 이들의 合은 200cm^3 가 되지 않는다. 即 물의 分子와 알콜의 分子가 서로 틈바구니에 들어가는 것을 콩과 팥을 사용하여 model化한 것이다.

이 model은 물의 分子가 콩과 같고 알콜의 分子가 팥과 같다는 것은 아니다. 다만 그들의 關係만을 表現한 것이다.

表記法을 사용한 model은 理論 또는 어떤 概念을 要約하여 記號 또는 用語로 表示하여 놓는 것을 말한다. 即 $F=ma$ 등은 이에 속한다. 이렇게 表記하여 놓으면 말로 길게 法則을 記述하는 것보다 간단하고 알기 쉽게 된다.

라. 科學의 定義

이제까지 自然에서 일어나는 現象을 통하여 自然의 法則을 찾는 조직적인 방법과 그때에 얻어지는 結果에 對하여 工夫하였다.

即 自然의 探究過程과 이 過程에서 얻어지는 產物에 對하여 論하였다. 自然을 觀察하고 測定

하고 이것들로부터 理論을 誘導하고 또 그 理論으로 부터 豫言을 推理하여 내고 이것을 檢證하여 自然의 法則을 찾아 낸다. 그러면 이런 過程을 通하여 새로운 事實을 알게 되고 여기에서 개념이 생기게 되고 model도 얻어지게 된다.

人間은 이러한 產物이 생기면 이것을 그대로 뇌에 쌓아 두는 것이 아니다. 이것을 잘진열 하여, (마치 백화점에서 상품을 진열하는 것과 같이) 다음 기회에 어떠한 신호가 들어오면 이에 대하여 반응을 보일 준비 태세를 갖추게 된다.

이와 같이 事實이나 概念등을 진열하는 것을 우리는 產物을 構造化한다고 부른다.

이 構造化 作業은 各者 個人이 하는 것이지 외부에서는 이것을 만들어 줄 수 없다. 이렇게 構造化시켜 놓은 產物을 우리는 知識이라고 부른다. 따라서 같은 產物을 주어도 個人 個人에 따라서 그 構造化시키는 능력이 다르므로 各者가 얻는 知識이 다르게 되는 것이다. 하나를 듣고 열을 안다는 이야기는 받아 들인 신호를 構造化시키는 능력이 크다는 것을 말하는 것이다.

이렇게 하여 얻어지는 知識에는 두가지가 있다. 하나는 어떤 현상에 탐구적 과정을 적용시키므로써 얻어지는 產物을 構造化하여 얻어지는 知識이 있고 또 다른 하나는 “밤을 먹고 그 자리에 누으면 소가 된다” “아침에 여자가 앞을 지나가면 재수가 없다”와 같은 말을 이사람 저사람에게서 들으므로써 이것으로 얻어지는 知識이 있다. 즉 전자는 自然 現象을 實際로 인간이 觀測하고 경험하여 얻어지는 知識으로서 信賴力이 있는 知識이다. 우리는 이 知識을 “科學”이라고 定義한다. 물론 후자는 그렇지 못하다.

이와 같이 科學을 定義하였으므로 이때의 探究過程을 科學的 探究過程이라 하고 이와 같은 科學과 關聯이 있는 用語에 科學的이라는 말을 붙이고 이에 종사하는 사람을 科學者라고 한다.

따라서 自然現象에 科學的 探究過程을 적용시켜서 知識을 얻으면 이것이 自然科學이고, 社會에서 일어나는 現象에 科學的 探究過程을 적용시키면 社會科學이 되는 것이다.

또 社會 文明의 發達에 따라서 自然을 觀測하는 기술이 發達되고 理論이 發展되어가면 이에

서 얻어진 知識도 發達되어 가는 것은 勿論이다 따라서 科學은 계속 변천하여 過去에 정확하다고 믿었던 理論 또는 法則도 오늘날에 와서는 믿을 수 없는 것이 생기고 오늘날에 正確하다고 믿은 것도 앞으로 變하여질 可能性이 있음은 勿論이다. 即 科學은 살아 있는 知識으로서 점점 변천하고 있는 것이다.

마. 科學教育

學校에서의 科學教育은 自然 科學者들의 업적과 조직적인 방법을 가르치자는 것이다. 그러나 그 업적과 방법은 해를 거듭하면서 기하급수적으로 늘어나며 이 모든 것을 학교에서 다룰 수 없게 되었다.

따라서 종래의 自然科學 教育의 哲學과 다른 새 教育哲學이 나오게 되었다. 即 가장 基本이 되는 科學의 概念을 體系化하여 科學的 探究過程을 通하여 學習을 시키자는 것과 科學的 探究過程만을 學習시키면 앞으로 닥치는 問題는 科學的 方法으로 해결할 수 있으므로 方法만을 가르치자는 것이다. 그러나 前者가 가장 많은 사람로 부터 지지를 받고 있어서 우리 나라에서도 이 前者와 같은 哲學을 擇하였다. 다음에 基本概念은 어떤 것을 擇하였으며, 또 이것을 構造化시키는 것의 利點이 무엇인지 공부하여 보기로 한다.

2. 概念體系

가. 基本概念의 構造化

基本概念을 構造化하여 學習한다는 것이 가장 바람직한 방법이라는 것은 앞에서 공부한 것과 같이 知識을 형성할 때 가장 중요한 역할을 한다는 것으로 알 수 있다.

即 주어지는 產物을 個人이 構造化 시키기 쉬운 方向으로 도와 주자는 것이다. 그뿐만 아니라 이런 方法이 좋다는 것은 많은 사람들이 제창한 바가 있으며 그 中에서 Bruner는 “教育의 過程”에서 構造의 重要性에 관하여 다음과 같이 서술하고 있다. 即 教科의 基本的 構造를 가르치면 다음과 같은 利點이 있다.

1) 基本的인 概念을 理解하게 되면 教科를 보

다 理解하기 쉽게 된다.

2) 基本的인 概念을 構造化하여 體系的으로 記憶을 하게 되면 그 記憶은 오래가며 만일 部分的으로 잃는다 하더라도 남은 記憶으로 必要한 경우 再構成이 可能하다.

3) 基本的인 原理나 概念을 理解하는 것은 學習의 轉移가 이루어지기 쉽다.

4) 基本的인 概念을 理解시키면 學校에서 가르치는 初級的인 知識과 一般的인 高級의인 知識 사이의 間격을 좁혀 준다.

이와 같이 基本的인 概念을 構造化하여 體系的으로 學習하는 것이 利點이 많다는 主張과 이에 찬성하는 사람이 많아지자 美國의 NSTA(全國科學教師聯合會)에서는 科學에서 가르쳐야 할 基本概念 8個를 제정하여 發表하였다.

1) 모든 物質은 基本粒子로 構成되고 있으며, 이들 基本粒子는 어떤 條件下에서는 에너지로 轉換될 수 있고, 또 그 反對現象도 可能하다.

2) 物質은 構成水準의 階層으로 分類되는 여러 單位の 形態로 存在한다.

3) 宇宙內의 物質의 行動은 統計的으로 서술될 수 있다.

4) 物質의 單位들은 相互作用을 한다. 一般的인 相互作用의 根本은 電磁氣力, 重力 및 核力이다

5) 모든 相互作用하는 物體의 單位들은 內包한 에너지가 最小가 되고, 에너지 分布가 가장 자유롭게 무질서하게 되는 상태로 되어 평형을 이루려는 경향이 있다.

6) 物質 單位의 運動은 에너지의 한 形態이다 이 運動에 의하여 物質의 溫度, 熱, 그리고 物質의 相態(固體, 液體, 氣體)를 決定한다.

7) 모든 물질은 時間과 空間 中에서 存在하고 그들 사이에는 相互作用이 없으므로 物質들은 時間과 더불어 어느 比率로 變化한다.

이러한 變化는 여러 比率와 形態로 일어난다.

8) 비록 生物과 無生物들이 같은 物理的인 法則의 범주에서 存在하지만 生命이 있는 有機體는 獨特한 性格과 能力을 가지고 있다. 그 중에서 무엇보다도 生物을 特徵지우는 것은 物質代謝, 生長, 生殖 등이다. 또한 어떤 生物은 思考와 自我認識의 證據를 보여주는 것도 있다.

나. 우리나라의 基本概念

NSTA의 基本概念이나 부르너의 構造的인 重要性을 새로 제정된 初·中學校의 科學 教育課程을 作成하는데 많은 도움을 주었다. 文敎部에서는 科學科 教育課程 制定을 위하여 基本方針을 다음과 같이 定하였다.

1) 基本的인 科學的인 概念을 精選하고 이것을 構造化한다.

2) 指導內容은 3個 領域인 物象, 生物, 地球科學(地學)을 包含한다.

3) 科學的인 探究方法의 訓練을 통하여 科學的인 思考力을 培養한다.

4) 學生의 知的인 發達水準에 맞게 學習目標과 內容을 選定한다.

5) 學生의 探究活動이 可能하지 않는 內容은 可及的인 內容이다. 이와 같은 基本方針에 立脚하여 다음과 같은 基本概念을 初等學校 自然科 內容으로 定하였다.

1) 物質은 작은 基本單位로 構成되어 있다(物質概念).

2) 物質들은 힘에 의하여 서로 相互作用을 한다(相互作用概念).

3) 自然現象에는 반드시 에너지가 수반된다(에너지概念).

4) 宇宙內에 있는 事物들은 계속 변하고 있다(變化概念).

5) 生物體는 無生物體와 다른 性質이 있다(生命概念).

文敎部에서는 初等學校의 自然科 教育課程을 定한 후에는 中學校의 科學科 教育課程을 定하였다.

中學校의 科學科 教育課程은 初等學校에서의 綜合된 自然科學學習과 高等學校에서의 專攻別學問體係(物理, 化學, 生物, 地球科學)와의 差를 놓는 역할을 하는 곳이므로 包括的으로 科學을 다루되 앞으로는 各學問體係에 들어갈 수 있도록 되어야 한다. 다음에 이를 소개한다.

1) 모든 物質은 그 基本單位인 分子, 原子로 構成되어 있다(物質概念).

2) 自然現象에는 반드시 에너지가 수반되며, 에너지는 여러 가지 形態로 轉換될 수 있다(에

너지概念).

3) 宇宙內에 있는 事物들은 계속 변하고 있다(變化概念).

4) 生物體는 無生物體와 다른 性質을 가지고 있다(生物概念).

이와 같이 科學 教育에서는 基本 概念은 4個를 選定하였는데 基本 方針에서 指適한 것과 같이 學習領域을 미리 物象, 生物, 地球科學을 包含한다고 定하였으므로 概念을 각 분야로 나누었다.

物質概念과 에너지 概念은 物象에서 다루고變化概念은 地球科學에서 다루고 生命概念은 生物에서 맞게 되었다.

이와 같이 基本概念을 택하고 이것을 각 개념마다 하위 개념을 만들어서 構造化하여 教科書를 만들게 되었다. 그러면 이와같은 學習은 어떻게 진행 시켜야만 하겠는가에 대하여 다음에 다루어 본다.

3. 教授—學習活動

가. 學習의 目標

우리 나라의 새 科學의 教育課程은 過去의 生活科學으로 부터 探究의 科學으로 一大 轉換을 하였다. 따라서 學習의 目標에도 이런 面이 뚜렷이 나타나 있으며 이것이 學習活動에 反影되어야 함은 再論할 必要가 없다. 卽 改正된 科學科 教育課程의 指導目標은 다음과 같이 設定되었다

1) 科學的 基本概念을 體系的으로 理解시켜 自然을 科學的으로 考察할 수 있게 한다.

2) 科學的 探究方法을 體得시켜 自然의 規則性을 發見하는 能力과 態度를 기른다.

3) 科學的 概念은 科學者들의 活動에 의하여 이루어졌고, 繼續發展하는 것임을 깨닫게 한다.

4) 自然에 對한 科學的인 探究過程에서 흥미와 즐거움을 느껴 계속 학습하려는 의욕을 가지게 한다.

이 目標를 達成하기 위하여 學年 目標가 設定되어 있다. 이와 같이 새 과학과 과정은 미래를 대치하는 새로운 과학철학에 입각한 것이다. 이 지도 目標를 하나씩 檢討하여 보기로 한다.

從前의 科學教育에서는 科學的 知識을 주는 것

을 위주로 생각하여 왔다. 이것도 生活과의 關聯을 지워야 했기 때문에 結局에는 非體系的이고 斷片的인 것을 注入式으로 指導하였다. 그러나 새 科學에서는 個個의 事實의 知識을 가르치려고 하는 것을 止揚하고 基本이 되는 概念만을 精選하고 이것을 構造化하였다. 따라서 언제나 “現在” 進行되고 있는 學習活動이 全體的인 概念構造的 어느 部分에 屬하는가를 파악하고 있어야 한다. 이것을 1)에 表示되었다. 2)에는 探究過程의 體得을 나타낸 것이다. 이것은 實驗爲主의 教科書를 사용하여 그 能力을 키워 주어야 한다는 것이다. 3)은 科學의 本性을 나타냈다. 科學은 人間의 不斷한 努力에 의하여 이루어졌으며 第一章에 취급한 것과 같이 科學의 過程이 發達하고 理論이 發展되어가면 점점 科學이 變化되어 간다는 것을 學習시켜야 한다는 것이다. 4)는 一般的으로 科學은 무미건조하고 공부하기 어려운 것이라는 觀念이 들어가 있다. 이것을 學生 自身이 問題를 해결하고 과학을 올바르게 理解하게 하여 흥미를 느끼며, 앞으로 과학을 계속하여 택하게 되게 지도하자는 것이다.

나. 教師의 役割

새 科學教育의 目標를 달성하려면 教師는 講義와 같이 講義爲主의 教授法을 止揚하고, 教授 學習活動이 實驗室에서 이루어져야 한다. 그렇게 되면 자연히 教師의 役割이 바뀌어져야 할 것이다.

이것을 위하여 教育課程에는 指導上의 留意點을 다음과 같이 定하였다.

1) 自然의 事物 現象에 對하여 學生 스스로 探究過程을 거쳐 해결하여 基本的인 概念을 얻을 수 있게 指導한다.

2) 教師는 學生의 探究 活動을 計劃하여 實際 學習 現場에서는 助言者의 役割을 擔當한다.

3) 地域이나 學校의 實情 學生들의 能力 適性 등을 고려하여, 적절히 指導하도록 한다.

4) 관찰이나 실험을 할 때에는 個人別, 分段別 指導를 通하여 學生들의 能力差를 고려한 指導가 이루어지도록 한다.

5) 實驗은 가급적 定量的으로 하되 精밀도는

必要에 따라 적절히 가감하도록 한다.

6) 관찰, 실험, 야의 조사등에 있어서는 事前의 安全教育를 철저히 실시하여 事故를 未然에 防止하도록 한다.

7) 科學에 흥미를 가지고 있는 학생은 가능한 한 그 才能을 개발할 수 있도록 따로 계획을 수립하여 지도하도록 한다.

8) 季節的인 關係에 留意하여 各 季節에 맞도록 實驗, 實習의 年間 計劃을 作成하도록 指導한다.

以上の 指導上의 유의점은 교수법을 명백히 表示하여 주고 있다.

即 教師는 講義式 教授法을 使用하여서는 안 되고 實驗室에서 學生들 自身이 공부하는 것을 돕는 役割을 하게 된다.

實驗室에서 이루어지는 學習도 2가지 形態를 생각할 수가 있다. 하나는 實驗指針을 일일히 지시하는 것이다. 이것은 마치 요리책에 따라서 요리하는 方法과 같은 것이다. 그러므로 이것을 요리책식 실험이라고 부른다.

다른 하나는 學生의 事故防止를 위한 주의 정도의 지시만 하고 나머지는 全部 學生들 自身이 行하는 것이다. 이 方法이 우리는 가장 바람직한 方法이라고 생각한다.

따라서 學習計劃書는 前과 같이 어떤 說問을 하고 그것을 學生들이 어떻게 답할 것이라는 것과 같은 計劃을 세워서는 안될 것이다. 教師는 그날 實驗할 準備와 實驗中에 어떠한 事故 또는 期待하지 않았던 結果가 어디에서 생기나를 事前 實驗을 하였다가 이런 것을 防止하기 위한 計劃書를 만들어야 할 것이다.

이런 면으로 보았을 때 教師가 할 일은 다음과 같이 要略할 수 있을 것이다.

1) 概念體系를 完全히 把握하여 只今の 學習의 位置를 明確히 하여야 한다.

2) 반드시 事前 實驗하여 事故 또는 期待하지 않았던 結果를 미리 알고 未然의 防止策을 講究하여야 한다.

3) 學習活動中에는 實驗의 보조자의 役割을 하여야 한다.

그러나 實驗은 學生이 計劃하고 學生 自身이

實驗을 하게 한다.

4) 實驗의 結果나 學習의 結果를 綜合할 때 教師는 司會者의 役割을 하여 통계적 方法으로 이것을 처리하는 것을 도와 주어야 한다.

5) 學習活動 中이나 끝난 후에나 언제든지 배를 놓치지 말고 評價하여야 한다.

即 教師는 좋은 評價者가 되어야 한다.

다. 科學教育의 評價

評價는 그 目的에 따라서 診斷評價, 形成評價 綜合評價로 區別하는 것이 便利하다. 即 入學試驗이나 入社試驗등 앞으로 할 일에 對한 能力을 診斷하는 境遇의 評價가 診斷評價이다. 이것은 知的領域과 情意的 領域 또는 特殊한 기능에 對한 評價를 하게 된다.

形成評價는 學習 途中에 하나의 單元 또는 學習活動이 끝나면 곧 그 學習의 成果를 알기 위하여 行하여지는 評價이다. 따라서 主로 知的領域에 對한 評價만을 하게 된다. 그 理由는 情意的 領域은 그렇게 짧은 期間동안에 變化가 오지 않으므로 評價하기 어렵기 때문이다. 또 形成評價가 다른 評價와 다른 것은 評價의 結果를 점수 또는 記號化하지 않으므로 評價하기 어렵기 때문이다. 또 形成評價가 다른 評價와 다른 것은 評價의 結果를 점수 또는 記號化 하지 않으며 따라서 記錄에 남기지 않는다는 점이다. 이것은 다만 그때 그때의 成就度만을 學生 自身이 評價하여 만일 성취도가 낮으면 곧 再 學習을 하게 하는 것이다.

綜合評價는 한 學期 또는 學年 등이 끝나면 그 동안의 學業성취도를 점수화하여 기록에 남기거나 어떤 資格을 評價하기 위하여 行하여지는 評價이다.

따라서 이것은 知的, 情意的, 領域도 모두 評價하게 된다.

評價에 대하여 더 깊이 알고자 하는 教師는 Benjamin, S, Bloom의 Hand book or Formative evaluation and Summative evaluation의 책을 참고로 하여 研究를 하면 될 것이라고 생각된다.

☆ ☆ ☆