

실험 2. 컴퓨터를 사용한 측정, 온도의 변화

[1] 목적

컴퓨터를 사용하여 온도를 시간의 함수로 측정하고 측정방법과 데이터 및 그래프의 처리방법을 연습한다. 서로 다른 상황에서 온도를 측정할 때 온도계 또는 온도센서가 평형온도에 도달하는 시간을 비교한다.

[2] 원리

1. 부록 A를 읽어서 ScienceWorkshop 750/850 인터페이스의 기능과 이 장치를 구동하는 소프트웨어인 Capstone의 사용법을 익힌다.
2. 자연현상에서 시간에 따라 지수함수적으로 감소하는 물리량을 많이 관찰하게 된다. 자연 붕괴하는 우라늄의 남아있는 원자핵의 수 N 은

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \quad (1)$$

로 기술되는데 이 식에서 T 를 반감기라고 부른다. 그러나 이 식은 미분 또는 적분을 하기 불편한 식이므로 다음과 같이 기술하는 것이 더 편리하다.

$$N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (2)$$

이 식에서 τ 를 시간상수라고 부른다. 지수함수적으로 변하는 물리량이 얼마나 빨리 변하는가를 비교하려면 시간상수를 서로 비교하면 된다. $t = \tau$ 일 때 $e^{-1} = 0.368$ 이므로 시간상수 τ 는 물리량 N 이 $N = N_0 e^{-1} = 0.368 N_0$, 즉 최초 값의 약 37%로 감소하는 시간의 의미를 갖는다. $t = 3\tau$ 가 되면 $N = N_0 e^{-3} = 0.050 N_0$, 즉 최소값의 5%로 감소하며 $t = 5\tau$ 가 되어야 $N = N_0 e^{-5} = 0.0067 N_0$, 즉 최초 값의 1% 이내로 감소하게 된다.

물체의 냉각현상은 복잡한 현상이지만 이 실험에서는 냉각하는 물체의 온도가 근사적으로 식 (2)와 같은 형태로 표현된다고 가정한다. 최초의 온도를 T_0 , 최종의 평형온도를 T_f 라 하고 임의의 시간에서의 온도를 T 로 표현하면 식 (2)는 다음과 같이 고쳐 쓸 수가 있다.

$$T - T_f = (T_0 - T_f) e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3)$$

$$\Delta T = (\Delta T)_{\max} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

측정기기의 반응에도 이같이 시간상수가 적용되므로 시간상수는 측정기기를 설계할 때 그 성능을 결정하는 중요한 변수가 된다.