

알기 쉬운 나노의 과학과 기술  
Nano-science and Nano-technology for Non-specialist

날짜: 2021년 9월 27일 (Date: September 27, 2021)

■ 연구 IP의 요지

1. 본 연구 IP에서 다루게 되는 내용은 크게 비전문가를 위한 나노 (소재) 과학과 나노 (소재) 기술: 개념의 이해와 응용 예를 학습.

2. 나노 기술의 응용 분야는 크게 5 가지로 나눌 수 있음: ㉠ 정보 통신 기술 ㉡ 에너지/환경 ㉢ 나노 전기 (electro-mechanics: 電機) ㉣ 나노 바이오/의료 ㉤ 나노 기술 개발에 수반되는 윤리/사회/법률/안전 측면 ⇒ 이 중 8~9 개의 주제를 선정하여 편집 후 전달 함.

■ 1차 연구 IP 내용 (2021년 9월 27일 제출)

1. Introduction to Nano-science and Nano-technology:

① 나노 과학의 정의: The most common working definition of nano-science. 나노 과학의 가장 보편적인 정의는 무엇인가? ⇒ “나노과학은 재료의 크기가 원자차원, 분자차원, 거시적 분자 차원일 때 재료에 일어나는 현상을 연구하고 이에 수반하는 재료의 성질을 인위적으로 변화시키는 학문이다.”

'Nanoscience is the study of phenomena and manipulation of materials at atomic, molecular and macromolecular scales, where properties differ significantly from those at a larger scale' (1).




② The nano-meter scale: 나노미터 차원의 의미는? ⇒ 나노미

터 차원은 일반적으로 1~100 나노미터 (nm)로 정의된다. 1 나노미터 (nm)는 10억분의 1 ( $10^{-9}$ ) 미터이다. 이러한 나노미터 크기의 최소값을 1 나노미터 (nm)로 설정하는 이유는 단일 원자들이나 이러한 단일 원자들의 소규모 집합체를 나노-물질로 지정하는 것을 막기 위함이다. 그러므로 나노과학과 나노기술에서는 원자들의 집합체의 3차원 한쪽 방향의 크기가 적어도 1 나노미터 이상이 되는 물체를 연구와 실험의 대상으로 한다.

The nanometre scale is conventionally defined as 1 to 100 nm. One nanometre is one billionth of a metre ( $10^{-9}$  m). The size range is normally set to a minimum of 1 nm to avoid single atoms or very small groups of atoms being designated as nano-objects (**Figure 1**). **Therefore, nanoscience and nanotechnologies deal with clusters of atoms of 1 nm in at least one dimension.**

A nanomaterial is an object that has at least one dimension in the nanometre scale (approximately 1 to 100 nm). Nanomaterials are categorised according to their dimensions as shown in **Table 1**.

**Table 1:** Nanomaterials are categorised according to their dimensions

	Nanomaterial dimension	Example
	All three dimensions < 100 nm	Nanoparticles, quantum dots, nanoshells, nanorings, microcapsules
	Two dimensions < 100 nm	Nanotubes, fibres, nanowires
	One dimension < 100 nm	Thin films, layers and coatings

③ 나노 재료 (나노 소재)의 의미는 ? ⇒ 나노 소재는 3차원 x-, y-, z- 방향 중 어느 한 방향의 크기가 적어도 1~100 나노미터의 크기를 가진 물체를 의미한다. 위의 표 1을 보면 나노 소재를 형상에 따라 분류 해 놓았다. x-, y-, z- 방향 모두 크기가 100 나노미터 이하인 나노소재에는 나노입자, 양자 점, 나노 셀, 나노 링, 마이크로캡슐 등이 있다. 한편 x-, y-, z- 방향 중 두 방향의 크기만 100 나노미터 이하인 나노소재에는 나노튜브, 나노 섬유, 나노 와이어 등이 있다. 마지막으로 x-, y-, z- 방향 중 한 방향의 크기만 100 나노미터 이하인 나노소재에는 나노 박막, 나노 층, 나노 코팅 등이 있다.

④ 나노 소재의 종류 ⇒ 나노 소재에는 자연히 생성된 나노 소재와 실험실에서 인위적으로 제조, 합성한 나노 소재가 있다. ㉠ 자연에서 생성되는 나노 소재로는 단백질, 바이러스, 화산 분화 시 생성되는 나노입자 등이 있고 인간의 의도하지 않은 활동으로 생성되는 나노 입자들 예를 들어 디젤 자동차에서 발생하는 나노 입자들이 여기에 속한다. ㉡ 기타 대부분의 나노 소재는 실험실에서 의도적으로 제조 및 합성되는데 이는 일반적으로 엄밀한 제조 공정을 기반으로 해서 만들어진다.

- **'non-intentionally-made nanomaterials'**, which refers to nano-sized particles or materials that belong naturally to the environment (e.g. proteins, viruses, nanoparticles produced during volcanic eruptions, etc.) or that are produced by human activity without intention (e.g. nanoparticles produced from diesel combustion);
- **'intentionally-made'** nanomaterials, which refers to nanomaterials produced deliberately through a defined fabrication process.

⑤ 나노의 크기 이해 ⇒ 다음 그림을 보면서 지금까지 학습했던 나노 입자 및 나노소재의 크기에 대한 실제적인 이해를 증진 해 보도록 한다.

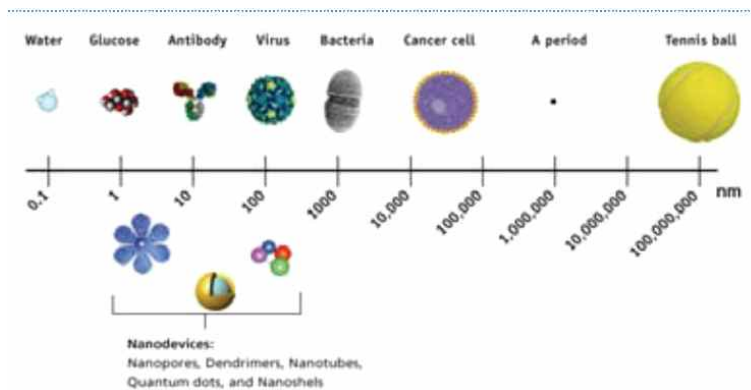


Figure 2: From macro-materials to atoms: nanomaterials and nanodevices that are of interest in nanotechnologies are at the lower end of the scale (1–100 nm)

Image: adapted from 'A snapshot of nanotechnology', National Cancer Institute

- 손톱은 1nm/sec의 속도로 자람.
- 머리카락의 직경은 대략 80000 nm.
- DNA 분자의 폭은 대략 1-2 nm.

## 2. 나노입자의 형성

- 거시적 소재가 나노 소재로 분화되면 부피는 동일하지만 표면적은 현저하게 증가 함. 두 가지 예를 들어본다.

① 한 변의 길이가 1 cm인 주사위를 세 번 이등분 시켜서 한 변의 길이가 0.5 cm인 정육면체 8개를 만들었을 때 표면적의 변화는? ⇒ 이에 수반되는 특성의 변화를 물에 녹는 소금과 설탕을 예로 들어 이해 함 ⇒ 10월 4일에 제출하는 연구 IP에서 설명.

Try this **eXercise**:



How many faces has a cube?

If its side is 1 cm, how much is its total surface area?

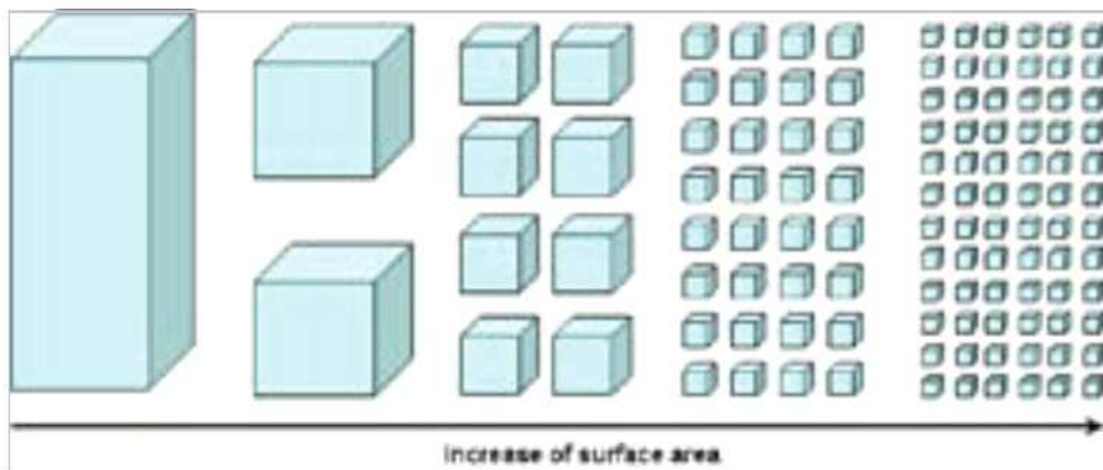
If you cut the cube three times (vertically, horizontally and transversally) how many cubes do you obtain?

Each side of every cube will be 0,5 cm; what is the total surface area of all the new cubes?

**You will see that given equal weight (or better, mass), *smaller means more surface area* and, as for the example of sugar and salt in water, *more reactivity*.**

⇒ 위 그림의 본문에 주어진 문제를 하나씩 해석 해 보면서 풀어 보자. 정육면체 하나의 면은 6개이다. 이 면들의 한 변의 길이가 1cm이면 총 표면적은  $6\text{cm}^2$ 가 된다. 이제 한 변의 길이가 1cm인 정육면체를 세 번 잘라서 한 변의 길이가 0.5cm인 정육면체 총 8개를 생성한다. 이 때 한 변의 길이가 0.5cm인 정육면체 8개의 총 표면적은  $0.5\text{cm} \times 0.5\text{cm} \times 6 \times 8 = 12\text{cm}^2$ 가 된다.

② 이제 한 변의 길이가 1 m인 정육면체를 1변의 길이가 1 나노미터가 되도록 자르면 전체 정육면체의 수와 이에 수반하는 표면적의 변화는? ⇒ 이를 각자가 계산하는 것은 불가능하므로 아래의 표에 수록된 컴퓨터 프로그래밍의 결과를 인용한다. 한 변의 길이가 1m인 정육면체의 표면적은 6m<sup>2</sup>인데 이를 1변의 길이가 1 nm가 되도록 자르면 정육면체들의 수는 10<sup>27</sup>개가 되며 10<sup>27</sup>개의 정육면체들의 표면적의 총 합은 자그마치 6000 km<sup>2</sup>로 **원래 정육면체 표면적의 10억 배가 된다!**



Size of cube side	Number of cubes	Collective surface area
1 m	1	6 m <sup>2</sup>
0.1 m	1 000	60 m <sup>2</sup>
0.01 m = 1 cm	10 <sup>6</sup> = 1 million	600 m <sup>2</sup>
0.001 m = 1 mm	10 <sup>9</sup> = 1 billion	6 000 m <sup>2</sup>
10 <sup>-9</sup> m = 1 nm	10 <sup>27</sup>	6 x 10 <sup>9</sup> = 6 000 km <sup>2</sup>

- 이와 같이 거시적 소재가 “나노화” 되면 표면에 존재하고 있는 원자수의 비율이 커지므로 이로 인한 물성의 변화가 관찰됨 ⇒ 대표적인 재료의 물리적 성질이 융점 (melting point). 같은 소재 (철, 알루미늄, 금, 은, etc)로 이루어져 있더라도 나노 크기로 미분화되면 더 낮은 온도에서 용융됨. ⇒ **그 이유를 10월 4일에 제출하는 연구 IP에서 설명 함.**