

Ch. 1

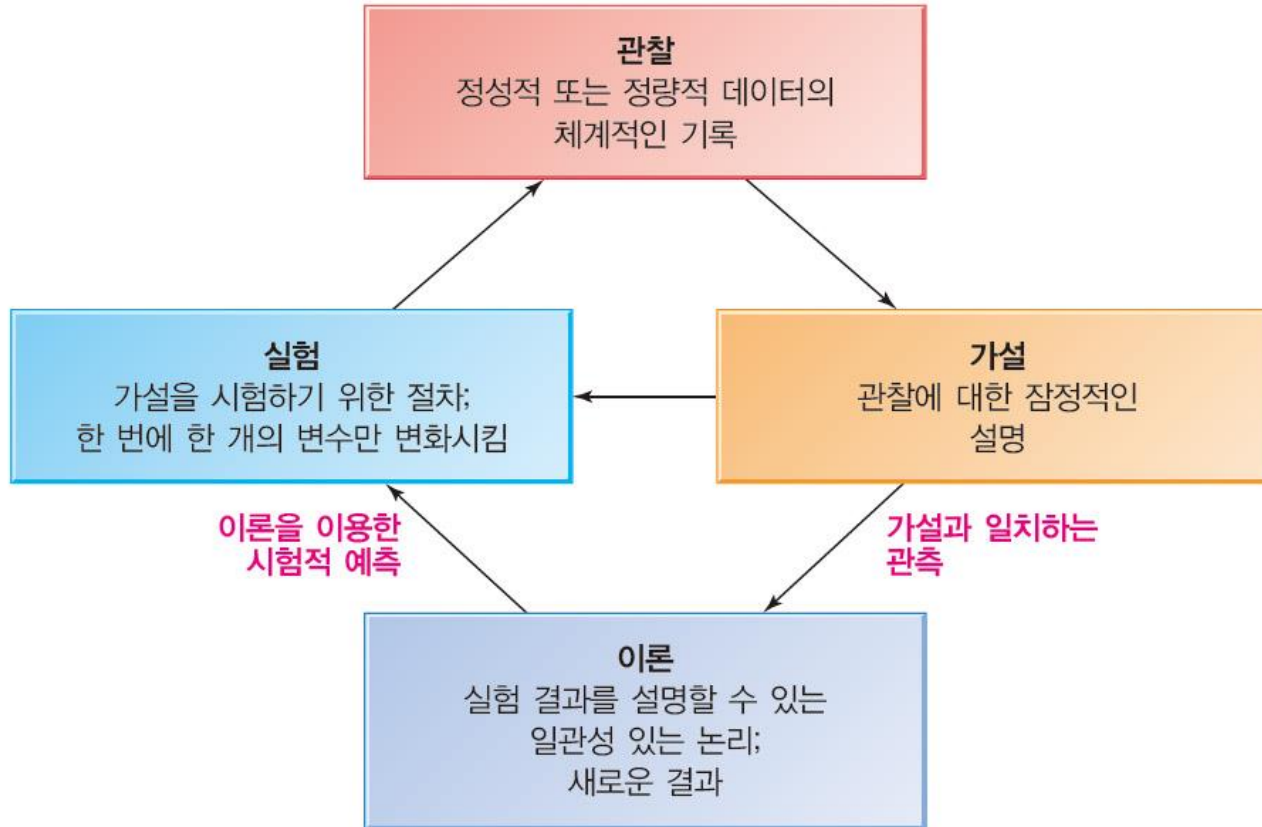
화학적 도구: 실험과 측정

- 1.1 화학적 맥락에서의 과학적 방법: 개선된 약제 인슐린
- 1.2 실험과 측정
- 1.3 측정의 정확도, 정밀도, 유효 숫자
- 1.4 수의 반올림
- 1.5 계산: 단위 환산

화학 (chemistry)

- 물질의 조성, 성질과 변화를 다루는 학문
- 지난 2세기 동안 자연에서 일어난 변화와 커다란 사회적 변화 모두에 깊이 관련
- 생명이 유전적으로 조절되는 방법을 상세하게 연구하는 현대 분자생물학 혁명의 중심

1.1 화학적 맥락에서의 과학적 방법:



1.2 실험과 측정

- 화학은 실험 과학
- 실험이 재현성을 가지려면 실험하는 물질들에 대하여 양, 부피, 온도 등을 완전하게 나타내야 함.
- 전 세계가 국제단위계(SI unit)를 사용함.
- 미터법에 기반을 가지고 있음.

표 1.1 일곱 가지 기본 SI 측정 단위

물리량	단위명	약자
질량	킬로그램(kilogram)	kg
길이	미터(meter)	m
온도	켈빈(kelvin)	K
물질량	몰(mole)	mol
시간	초(second)	s
전류	암페어(ampere)	A
광도	칸델라(candela)	cd

- 매우 크거나 작은 수는 **과학적 표기법(scientific notation)**으로 표기함.
예) 55,000은 5.5×10^4 , 0.003 20은 3.20×10^{-3}

표 1.2 SI 단위의 배수를 나타내는 몇 가지 접두사. 자주 사용되는 접두사는 붉은색 글씨로 나타내었다.

인자	접두사	기호	예
$1,000,000,000,000 = 10^{12}$	테라(tera)	T	1 teragram (Tg) = 10^{12} g
$1,000,000,000 = 10^9$	기가(giga)	G	1 gigameter (Gm) = 10^9 m
$1,000,000 = 10^6$	메가(mega)	M	1 megameter (Mm) = 10^6 m
$1000 = 10^3$	킬로(kilo)	k	1 kilogram (kg) = 10^3 g
$100 = 10^2$	헥토(hecto)	h	1 hectogram (hg) = 100 g
$10 = 10^1$	데카(deka)	da	1 dekagram (dag) = 10 g
$0.1 = 10^{-1}$	데시(deci)	d	1 decimeter (dm) = 0.1 m
$0.01 = 10^{-2}$	센티(centi)	c	1 centimeter (cm) = 0.01 m
$0.001 = 10^{-3}$	밀리(milli)	m	1 milligram (mg) = 0.001 g
$*0.000\ 001 = 10^{-6}$	마이크로(micro)	μ	1 micrometer (μm) = 10^{-6} m
$*0.000\ 000\ 001 = 10^{-9}$	나노(nano)	n	1 nanosecond (ns) = 10^{-9} s
$*0.000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$	피코(pico)	p	1 picosecond (ps) = 10^{-12} s
$*0.000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$	펨토(femto)	f	1 femtomole (fmol) = 10^{-15} mol

*큰 수를 나타낼 때 소수점의 왼쪽으로 세 자리마다 쉼표를 찍어서 표시하는 것과 비슷하게 매우 작은 수를 나타낼 때 과학에서는 흔히 소수점 다음의 세 자리마다 약간 공간을 띄워서 표시한다.

표 1.3 몇 가지 유도 단위

양	정의	유도 단위(이름)
면적	길이 곱하기 길이	m^2
부피	면적 곱하기 길이	m^3
밀도	단위 부피당 질량	kg/m^3
속도	단위 시간당 거리	m/s
가속도	단위 시간당 속도 변화	m/s^2
힘	질량 곱하기 가속도	$(kg \cdot m)/s^2$ (뉴턴, N)
압력	단위 면적당 힘	$kg/(m \cdot s^2)$ (파스칼, Pa)
에너지	힘 곱하기 거리	$(kg \cdot m^2)/s^2$ (줄, J)

1.3 측정의 정확성, 정밀성, 유효 숫자

측정의 불확실 정도에 대하여 말할 때 **정확성**과 **정밀도**라는 용어를 이용함.

정확성(accuracy): 측정에서 참값에 얼마나 가까운가를 나타냄.

정밀도(precision): 여러 독립적인 측정이 서로 얼마나 잘 일치하는지를 나타냄.

참값이 54.441 778 g인 테니스공의 무게를 측정?

측정 #	욕실 저울	실험실 저울	분석용 저울
1	0.1 kg	54.4 g	54.4418 g
2	0.0 kg	54.5 g	54.4417 g
3	0.1 kg	54.3 g	54.4418 g
(평균)	(0.07 kg)	(54.4 g)	(54.4418 g)

정확성: x
정밀도: x

정확성: o
정밀도: x

정확성: o
정밀도: o

측정의 불확실성을 나타내고자 기록한 값;

확실하다고 확신하는 자릿수에 어림하는 자릿수 하나를 더해서 표시함.

예) 1도마다 표시가 되어 있는 수는 온도계를 읽을 때

25℃는 확신할 수 있지만 25℃와 26℃ 눈금 사이는 어림하여 25.3℃라고 표기함.

유효숫자(significant figure);

측정에서 기록된 전체 자릿수

측정 #	욕실 저울	실험실 저울	분석용 저울
1	0.1 kg	54.4 g	54.4418 g
2	0.0 kg	54.5 g	54.4417 g
3	0.1 kg	54.3 g	54.4418 g
(평균)	(0.07 kg)	(54.4 g)	(54.4418 g)

3개의 유효숫자

6개의 유효숫자

- 마지막에 있는 숫자를 제외한 모든 숫자는 확실함.
- 마지막 숫자는 어림값임.

유효 숫자(significant figure) 규칙;

4.803 cm	유효 숫자 4개: 4, 8, 0, 3
0.006 61 g	유효 숫자 3개: 6, 6, 1
55.220 K	유효 숫자 5개: 5, 5, 2, 2, 0
34,200 m	유효 숫자가 3개(3, 4, 2)에서부터 5개(3, 4, 2, 0, 0) 사이

1. 숫자의 가운데 있는 0은 다른 숫자처럼 처리함. 즉 항상 유효 숫자임.
4.803 cm는 4개의 유효 숫자를 소유함.
2. 수의 시작하는 부분에 있는 0은 유효숫자가 아님.
이것은 소수점의 위치를 나타내기 위해서만 사용.
0.006 61 g은 3개의 유효 숫자를 소유함.($0.006\ 61\ \text{g} = 6.61 \times 10^{-3}\ \text{g}$).
3. 수의 끝에 있는 0이 소수점 다음에 있으면 항상 유효 숫자임.
이런 0은 유효숫자가 아니라면 사용되지도 않음.
55.220 K는 5개의 유효 숫자를 소유함.
4. 숫자의 마지막에 있는 0이 소수점 앞에 있으면 유효 숫자일 수도 있고 아닐 수도 있음. (과학적 표기법으로 적으면 유효숫자의 개수를 쉽게 표현 할 수 있음.
34,200를 3.42×10^4 으로 쓰면 3개의 유효 숫자를 소유함,
 3.4200×10^4 으로 쓰면 5개의 유효 숫자를 소유함)

물체를 세서 얻은 수처럼 확실한 수(완전수)는 정확하며 무한대의 유효 숫자를 소유함.

예) 일주일은 정확하게 7일이며 6.9, 7.0, 7.1이 아님.

1 피트는 정확하게 12 인치이며 11.9, 12.0, 12.1이 아님.

더욱이 과학적 표기법에서 사용되는 10의 지수도 정확한 수 임. (즉 10^3 은 정확한 수이지만 1×10^3 이라는 수는 1개의 유효 숫자를 소유함.)

1.4 수의 반올림

278마일을 가는 데 11.70 갤런의 휘발유가 소모된 자동차의 연비를 계산

$$\text{연비} = \frac{\text{마일}}{\text{갤런}} = \frac{278 \text{ mi}}{11.70 \text{ gal}} = 23.760684 \text{ mi/gal (mpg)}$$

- 계산기에는 8개의 숫자가 나타나지만 측정값은 그것만큼 정밀하지 못함.
- 실제로 답은 유효 숫자 3개뿐임.
- 유효 숫자가 아닌 모든 숫자를 없애서 23.8 mi/gal으로 반올림 (rounded off) 되어야 함.

계산에서의 유효 숫자 처리

1. 곱셈이나 나눗셈에서 답은 원래 두 수의 어느 것보다도 더 많은 유효 숫자 개수를 가질 수 없음.

$$\begin{array}{ccc} \text{유효 숫자 3개} & & \text{유효 숫자 3개} \\ & \swarrow & \nwarrow \\ & \frac{278 \text{ mi}}{11.70 \text{ gal}} & = 23.8 \text{ mi/gal} \\ & \swarrow & \\ & \text{유효 숫자 4개} & \end{array}$$

2. 덧셈이나 뺄셈에서 답은 원래 두 수의 어느 것보다도 소수점 오른쪽에 더 많은 유효 숫자 개수를 가질 수 없음.

$$\begin{array}{r} 3.18?? \\ + 0.01315 \\ \hline 3.19?? \end{array}$$

← 소수점 아래 2자리

← 소수점 아래 5자리

← 소수점 아래 2자리

반올림 규칙;

1. 제거하려는 첫 숫자가 5보다 작으면 버리고 그 다음 숫자들도 모두 버림.
즉 5.664 525는 유효 숫자 3개로 반올림하면 버리는 첫 숫자(4)가 5보다 작기 때문에 5.66의 값을 가짐.
2. 제거하려는 첫 숫자가 5보다 크면 왼쪽에 있는 숫자에 1을 더하여 반올림.
즉 5.664 525는 유효 숫자 2개로 반올림하면 버리는 첫 숫자(6)가 5보다 크기 때문에 5.7의 값을 가짐.
3. 제거하려는 첫 숫자가 5이고 다음에 0이 아닌 숫자가 더 있으면 올림.
즉 5.664 525는 유효 숫자 4개로 반올림하면 5 다음에 0이 아닌 숫자(2, 5)가 있기 때문에 5.665의 값을 가짐.
4. 제거하려는 숫자가 5이고 다음에 아무 것도 없으면 버림.
즉 5.664 525는 유효 숫자 6개로 반올림하면 5 다음에 다른 숫자가 없기 때문에 5.664 52의 값을 가짐.

1.5 계산: 단위 환산

측정, 무게 달기, 용액 준비 등의 많은 과학 활동은 숫자 계산을 포함하며 흔히 양을 한 단위에서 다른 단위로 환산할 필요가 있음.

차원 분석법(dimensional analysis method);

- 서로 다른 단위를 포함하는 계산을 하는 가장 간단한 방법임.
- 단위들 사이의 관계를 나타내는 환산 인자(conversion factor)를 사용하여 한 단위로 표시된 양을 동등한 양을 가진 다른 단위로 환산할 수 있음.

처음 양 × 환산 인자 = 동등한 양

관계: 1 m = 39.37 in.

이 관계를 분수를 사용하면 인치당 미터 또는 미터당 인치의 2개 환산 인자가 생성됨.

미터와 인치 사이의 환산 인자

$$\frac{1 \text{ m}}{39.37 \text{ in.}} = \frac{39.37 \text{ in.}}{1 \text{ m}} = 1$$

문제 해결에서 차원 분석법의 열쇠:

- 단위를 수치처럼 취급하여 숫자처럼 곱하고 나눌 수 있음.
- 문제를 풀 때 이 생각을 하면 원하지 않은 단위를 없애고 원하는 단위만 남긴 식을 세울 수 있음.
- 보통 알고 있는 것을 적고 그 아는 양을 조작하는 것이 가장 좋은 방법임.

예) 69.5 인치 키를 미터로 고친다면?

미터와 인치 사이의 환산 인자

$$\frac{1 \text{ m}}{39.37 \text{ in.}} = \frac{39.37 \text{ in.}}{1 \text{ m}} = 1$$

1. 69.5 인치에 2개 중 하나의 환산 인자를 곱하면 원하는 답을 얻을 수 있음.
2. 키를 인치로 적고 인치당 미터의 환산 인자를 키에 곱하는 식을 설정함.

$$69.5 \text{ in.} \times \frac{1 \text{ m}}{39.37 \text{ in.}} = 1.77 \text{ m}$$

처음 양 → 69.5 in. 환산 인자 → 1 m / 39.37 in. 동등한 양 → 1.77 m 원하는 단위