

2. 단위와 차원



과학기술 : 정량적으로 문제를 해결

수학이나 산수의 숫자 : 추상적인 양

물리량 : 양의 크기가 많고 적음을 나타냄 => 「수치×[단위]」 => 사용된 단위에 대해 서로 공통적 이해 필요

물리량의 기본량 : 자연현상의 기초 양으로 길이, 질량, 시간, 온도, 힘 등



그림 2-1 단위의 개념

유도량 : 기본량을 가지고 유도된 양으로서 속도, 밀도, 압력, 점성계수 등

차원 : 단위가 어떤 기본량들로 구성되어 있는지를 표현

① 기본량 :

- 기초량(basic quantity) : 길이, 질량, 시간, 온도, 물질량, 전류, 광도
- 보조량(supplementary quantity) : 평면각, 입체각

② 유도량 : 기본량 이외의 모든 물리량

유도단위(derived units, 표 2-2 참고) : 기본단위나 배수단위들을 곱하거나 나눔으로써 얻어지는 합성단위 또는 복합단위와 동일한 차원으로 정의되는 단위.

2-1 차원(dimension)

차원의 표시법 : 길이(L, Length) · 질량(M, Mass) · 시간(T, Time) · 온도(θ , Temperature) 등과 같이 측정될 수 있는 특성으로 표시해 주는 측정의 기본적인 개념

예) 속도 : 길이/시간 => L/T 또는 LT^{-1} [$=LT^{-1}$], 부피 : 길이의 세제곱, => L^3 , 밀도 : 질량/부피, => ML^{-3}

① 절대단위계의 MLS계 : 기본량을 질량, 길이, 시간으로 함.

② 공학단위계(또는 중력단위계)의 FLS계 : 힘, 길이, 시간으로 함

힘 : $[MLT^{-2}]$ 또는 $[F]$

임의의 유도단위 D

$$[D] = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} \dots \quad (2.1)$$

α, β, γ : D 에 관한 차원

차원식 또는 차원 : (2.1)식과 같은 관계식

무차원수(dimensionless number) : $\alpha = \beta = \gamma = 0$ 의 단위가 없고 수치만 나타남. 예) 비중

다음의 식과 같이 유도된 물리적인 방정식의 모든 항은 차원적으로 모두 같음.

$$S = S_0 + V_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad [L] \quad (2.2)$$

2-2 단 위(unit)

동서양에 따른 각종 단위계

CGS : cm, g, s,

MKS : m, kg, s,

FPS : ft, lb, s

(1) 시 간

시간의 기본단위 : 기호 [s]로 표시되는 초

표준 : 원자표준이 이용되며 세슘(cesium) 133의 불변특성에 의하여 정의.

(2) 길 이

길이 1의 기본단위 : 기호 [m]로 표시

표준 : 마더로서 크립톤(krypton) 86으로부터 나오는 등적색광의 파장으로 정의.

(3) 질 량

질량의 기본단위 : 기호 [kg]로 표시되는 킬로그램.

표준 : 프랑스 파리에 가까운 Sévres시의 국제도량형국에 보존되어 있는 백금-이리듐 원봉.
 질량은 물질의 양의 척도.

국제단위계, SI 단위(system of international unit)

국제도량형 총회에서 모든 나라가 공동으로 사용할 수 있는 단위계

=> 주로 MKS 단위계

표 2-1 대표적인 물리량의 SI 단위와 관습단위

구분	기본량 (차원)	물리량 기호	차원	SI 단위		CGS 단위		FPS 단위	
				이름	기호	이름	기호	이름	기호
기초량	길이	l	L	meter	m	Centimeter	Cm	foot(feet)	ft
	질량	m	M	kilogram	kg	gram	g	pound	lb
	시간	t	T	second	s	second	s	second	s
	물질량	n	N	mole	mol	gram mole	gmol	pound mole	lbmol
	온도	T	θ	Kelvin	K	Celcius	$^{\circ}\text{C}$	Fahreneit	$^{\circ}\text{F}$
	전류	I	A	ampere	A				
	광도	I_0	C	candela	cd				
보조량	평면각			radian	rad				
	입체각			steradian	sr				

표 2-2 기본적인 SI 유도단위와 공학단위

차원	기호	SI 단위	공학단위	MLT	FLT
넓이		m^2	m^2	$[\text{L}^2]$	$[\text{L}^2]$
부피		m^3	m^3	$[\text{L}^3]$	$[\text{L}^3]$
밀도		$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$\text{kgf}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4$	$[\text{ML}^{-3}]$	$[\text{FT}^2\text{L}^{-3}]$
속도		$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	$[\text{LT}^{-1}]$	$[\text{LT}^{-1}]$
가속도		$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$	$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$	$[\text{LT}^{-2}]$	$[\text{LT}^{-2}]$
힘, 무게	N	$\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}=\text{J}\cdot\text{m}^{-1}=\text{N}$	kgf	$[\text{MLT}^{-2}]$	[F]
압력		$\text{N}\cdot\text{m}^{-2}, \text{Pa}$	kgf/m^2	$[\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}]$	$[\text{FL}^{-2}]$
에너지, 일	J	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$	kgf·m	$[\text{ML}^2\text{T}^{-2}]$	[FL]
동력	W	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}=\text{J}\cdot\text{s}^{-1}$	kgf·m/s	$[\text{ML}^2\text{T}^{-3}]$	$[\text{FLT}^{-1}]$
각속도		$\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$	$\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$	$[\text{T}^{-1}]$	$[\text{T}^{-1}]$
주파수	Hz	cycle/s	cycle/s	$[\text{T}^{-1}]$	$[\text{T}^{-1}]$

표 2-3 SI 접두어

단위 × 10승수	접두어	기 호	단위 × 10승수	접두어	기 호
10 ¹⁸	exa	E	10 ⁻¹	deci	d
10 ¹⁵	penta	P	10 ⁻²	centi	c
10 ¹²	tera	T	10 ⁻³	milli	m
10 ⁹	giga	G	10 ⁻⁶	micro	μ
10 ⁶	mega	M	10 ⁻⁹	nano	n
10 ³	kilo	k	10 ⁻¹²	pico	p
10 ²	hecto	h	10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ¹	deca	da	10 ⁻¹⁸	atto	a

* SI 접두어는 "단위"가 아니라 "수치"인 것에 주의

표 2-4 화학공학에서의 실용단위

명 칭	정 의	차원	상용단위	참 고
밀 도	단위체적의 질량 $\rho = m/V$	M/L ³	gr/cc kg/m ³	상온에서의 물의 밀도 1000 kg/m ³ 표준상태에서의 공기의 밀도 1.293 kg/m ³
비 용 (비체적)	단위질량이 점하는 체적 $v = (V/m) = (1/\rho)$	L ³ /M	cc/gr m ³ /kg	상온에서의 물의 비용 0.001 m ³ /kg
비중량	단위체적의 중량	F/L	Kg/m ³	$\gamma = \rho(g/g_c)$
압 력	단위면적에 작용하는 힘 $P = f/A$	F/L ²	Kg/cm ² , atm(기압) mmHg(수은주) 1 mmH ₂ O(수주)	1 atm = 760 mmHg = 1.033 Kg/cm ² 1 Kg/cm ² = 10,000 Kg/m ² 1 Kg/m ² = 1 mmH ₂ O
일 (에너지)	힘 × 변위(거리) $W = f \cdot \Delta l$	FL	Kg · m atm · m ³ kWh	1 Kg · m = 9.807 joule
동 력 (공률)	단위시간에 하는 일	FL/T	PS(미터 마력) hp(영국 마력) kW(전력)	1 PS = 75 Kg · m/s 1 hp = 76 Kg · m/s 1 kW = 102 Kg · m/s

물리량의 수치와 단위를 문장 중에 사용 방법 :

① 특히 []은 붙이지 않음(4m/s : ○, 4[m/s] : ×).

② 「속도는 a [m/s],」와 같이 기호, a 자신은 [m/s]를 단위로 한 수치를 나타내므로, 단위는 필요없지만 [] 내에 주기

③ 「 $a=4$ [m/s]와 같이 식,」일 경우, 4의 값은 [m/s] 단위의 수치. 「 a [m/s]=4,」와 같이 쓰면 오해가 줄어들지만, 혼용해서 쓰고 있는 실정.

④ 「1000 [cm³] × 1.041 [g/cm³] = 1041 [g],」 이 경우 물리량끼리의 연산이므로 []를 붙일 필요없음.

2-3 단위 환산

단위환산 : 하나의 양을 나타내는 데에는 여러 가지 단위를 사용할 수 있는데, 이 양을 서로 비교하거나 상호관계를 조사하기 위해서 단위를 통일하는 것

=> 환산인자를 활용(=달러를 원화로 환전하듯)

예) 길이에 대한 환산인자(또는 환산계수)

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm} = 10^6 \mu\text{m} = 10^9 \text{ nm}$$

음미 : 위의 길이의 물리량들은 모두 같다는 의미이므로 환산인자를 곱하거나 나누거나 할 때는 수학상(환산인자가 분자, 분모에 같은 물리량이므로 값은 1)으로 아무런 문제가 발생하지 않음

$$\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \cdot \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \cdot$$
$$\frac{1 \text{ ft}}{30.48 \text{ cm}} \cdot \frac{30.48 \text{ cm}}{1 \text{ ft}} \cdot \frac{1 \text{ ft}}{0.3048 \text{ m}} \dots$$

2-4 일상생활에서의 단위 환산

「강의실 학생의 혼기와 에너지(열과 전구)에 대한 단위 환산의 실제」

「150인의 학생이 있다면 강의실이 혼기로 인해 더워지고, 공기도 열게 되고 있는 것 같고 답답한 기분이 든다.」

인간의 기초대사량 : 1500 kcal/d. = 강의실 내의 온도는 15 K(15℃)도 상승

인간이 발생하는 열



실내의 산소량은 $149 \text{ mol} / (134,000 \times 0.21 = 28,100 \text{ mol}) \times 100 = 0.5\%$



그림 2-2 인간의 기초대사량은
1500kcal/d



그림 2-3 전구로 인한 열 발생

2-5 스케일-업과 단위가 없는 수(무차원수)와 유사성

스케일-업(scale-up) : 실험실적 제조방법(프로세스) => 대규모인 연속식 장치로 실현

어려움 : 실험실에서의 양은 수 그램 => 화학공장에서의 실제의 제조량은 1일당 100톤으로 그 스케일의 차는 매우 큼.

스케일-업 방법 : 무차원수와 유사성

예) 유체 중의 물체의 움직임에 위급하는 경우

$$\text{레이놀즈수} : Re = \rho U l / \mu = l U / (\mu / \rho) = l U / \nu \quad [-]$$

물체의 길이 : l [cm],

속도 : U [cm/s],

유체의 밀도 : ρ [g/cm³],

점도 : μ [g/(cm·s)],

동점도 : ν [cm²/s]

물리적인 의미 : 레이놀즈수가 같으면 스케일이 달라도 흐름의 모양은 같음.

=> 무차원수가 같으면 어떤 스케일의 다른 물체의 움직임도 「역학적」으로 유사 => 공학 분야에서 굉장히 많은 무차원수를 구사하며, 매우 중요.

2-7 질량과 무게

질량 : 물질의 양에 관한 척도이고, 위치에 따라 변하지 않음, 기호 kg

무게 : 중력과 관계되며 위치에 따라 변함.

힘 : 가속도(a)에 의하여 물체에 작용, 힘과 무게는 같은 유도량

$$f = ma \quad \text{또는} \quad mg \text{ [kg} \cdot \text{m/s}^2\text{]}$$

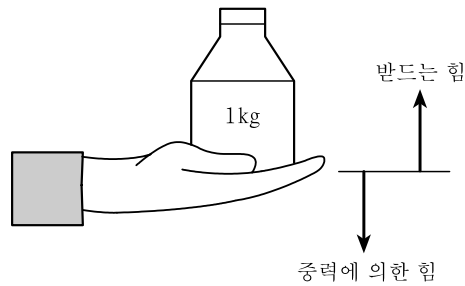


그림 2-7 중력 또는 무게

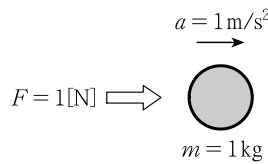


그림 2-8 절대단위계 힘

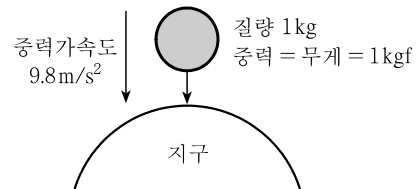


그림 2-9 공학단위계(중력단위계의 힘)

표준 중력가속도 : 위도 45°의 해수면에서의 중력가속도로, 그 값은

$$g = 9.80665 \text{ m/s}^2 = 980 \text{ m/s}^2 = 32.174 \text{ ft/s}^2$$



그림 2-10 저울로 본 질량과 무게

힘을 중량으로 환산하는 환산인자

$$F = 9.8 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 9.8 \text{ N} = 1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg중} = 1 \text{ Kg}$$

중력환산인자 g_c

$$g_c = 9.807 \text{ (kg} \cdot \text{m/s}^2\text{)/kgf}$$

$$F = mg/g_c \text{ [kgf]}$$

표 2-5 단위계에 의한 힘에 대한 정의 차이

절대단위계, SI 단위계		중력단위계
뉴턴 법칙의 정의		힘과 질량의 수치가 지상에서 동일해지도록 함
가속도가 포함된 것으로 직감적이지 않다		직감적으로 알기 쉽다
kg	← 질량 →	$\text{Kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}$
$\text{kg} \cdot \text{m}/(\text{s}^2) = \text{N}$	← 힘 무게·중량 →	Kg or kgf or kg중

g_c 가 주로 나타나는 경우 :

- ① 압력 $1 \text{ Kg/cm}^2 = 0.9807 \times 10^5 \text{ Pa}$
또는 $p_f \text{ [Kg/m}^2\text{]} = (1/g_c)p \text{ [kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)\text{]} = \text{Pa}$
- ② 유동 $\rho v^2/2$ 는 압력(동압)
- ③ 토크