

기본단위로 표시된 단위



SI유도단위

유도단위는 어떤 관련된 양들을 물리적 원리에 따라 연결시키는 대수(代數) 관계에 따라 여러 기본단위들이 조합하여 형성되는 단위이다. 즉 이들은 기본단위들을 곱하기와 나누기의 수학적 기호로 연결하여 표현하게 된다. 따라서 원리적으로는 물리적 원리에 따라 무수히 많은 유도단위가 생성될 수 있다. 이들 가운데 어떤 유도단위에는 특별한 명칭과 기호가 주어졌고, 이 특별한 명칭과 기호는 또한 그 자체가 기본단위나 다른 유도단위와 조합하여 다른 양의 단위를 표시하는데 사용되기도 한다.

SI유도단위의 유도량, 명칭, 기호

유도량	SI유도단위	
	명칭	기호
넓이	제곱미터	m ²
부피	세제곱미터	m ³
속력, 속도	미터 매 초	m/s
가속도	미터 매 초 제곱	m/s ²
파동수	역 미터	m ⁻¹
밀도, 질량밀도	킬로그램 매 세제곱미터	kg/m ³
비(比)부피	세제곱미터 매 킬로그램	m ³ /kg
전류밀도	암페어 매 제곱미터	A/m ²
자기장의 세기	암페어 매 미터	A/m
(물질량의) 농도	몰 매 세제곱미터	mol/m ³
광휘도	칸델라 매 제곱미터	cd/m ²
굴절률	하나 (숫자)	1 (가)

(가) 기호 "1"은 숫자와 조합될 때에는 일반적으로 생략된다.

위 표에서 직접 기본단위들로 표시된 유도단위의 몇 가지 예를 들었다. 이 유도단위는 기본단위들의 곱이나 나누기에 의해 얻어진다.

위 표에서 몇가지 명칭에 관하여 설명하면, 넓이의 단위는 m를 제곱하여 만들어진 단위로 '제곱미터'가 되었고, 부피의 단위도 마찬가지로 '세제곱미터'가 되었으나, 가속도의 경우 '미터 매 제곱초'가 아니고 '미터 매 초 제곱'이 되는 이유는 제곱초라는 단위가 있는 것이 아니고 다만 시간의 단위 초를 제곱한 것을 나타내기 때문이다. 굴절률의 단위는 같은 단위의 비를 나타내는 무차원 단위로서 순수한 숫자 '1'(하나 또는 일)을 나타낸다. 예로서, 영어로는 '(the number) one'으로 되어 있는데, 우리말로로는 '일' 대신 '하나'로 하였다.

특별한 명칭과 기호의 단위



어떤 유도단위들은 편의상 특별한 명칭과 기호가 주어졌는데, 1999년 제 21차 CGPM에서 채택한 촉매 활성도 카탈(단위 kat)을 포함하여 현재 모두 22개이며 이들이 표 3에 실려 있다. 이 특별한 명칭과 기호는 자주 사용되는 단위를 표시하기 위하여 간결한 형태로 되어 있다. 그리고 이 명칭과 기호는 그 자체가 다른 유도단위를 표시하는데 사용되기도 하는데, 뒤에 표 4에서 몇 가지 그러한 예를 보겠다. 이러한 특별한 명칭과 기호중에서 라디안과 그테라디안은 순전히 기하학적으로 정의된 단위로서 이들 각각의 정의는 다음과 같다.

SI유도단위

유도량	SI유도단위			
	명칭	기호	다른 SI단위로 표시	SI기본단위로 표시
평면각	라디안	rad		$m \cdot m^{-1} = 1$
입체각	스테라디안	sr		$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
주파수	헤르츠	Hz		s^{-1}
힘	뉴턴	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
압력, 응력	파스칼	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
에너지, 일, 열량	줄	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
일률, 전력	와트	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
전하량, 전기량	쿨롱	C		$s \cdot A$
전위차, 기전력	볼트	V	W/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
전기용량	패럿	F	C/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
전기저항	옴	Ω	V/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
전기전도도	지멘스	S	A/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
자기선속	웨버	Wb	$V \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
자기선속밀도	테슬라	T	Wb/m^2	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
인덕턴스	헨리	H	Wb/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
섭씨온도	섭씨도	$^{\circ}C$		K
광선속	루멘	lm	$cd \cdot sr$	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot cd = cd$
조명도(광조도)	럭스	lx	lm/m^2	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr$
(방사능핵종의) 방사능	베크렐	Bq		s^{-1}
흡수선량, 비(부여)에너지	그레이	Gy	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
선량당량, 환경선량당량 방향선량당량, 개인선량 당량, 조직당량선량	시버트	Sv	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
촉매활성도	캐탈	kat		$mol \cdot s^{-1}$

어떤 유도단위들은 편의상 특별한 명칭과 기호가 주어졌는데, 1999년 제21차 CGPM에서 채택한 촉매활성도 캐탈(단위 kat)을 포함하여 현재 모두 22개이며 이들이 표 3에 실려 있다. 이 특별한 명칭과 기호는 자주 사용되는 단위를 표시하기 위하여 간결한 형태로 되어 있다. 그리고 이 명칭과 기호는 그 자체가 다른 유도단위를 표시하는데 사용되기도 하는데, 뒤에 표 4에서 몇 가지 그러한 예를 보겠다. 이러한 특별한 명칭과 기호 중에서 라디안과 스테라디안은 순전히 기하학적으로 정의된 단위로서 이들 각각의 정의는 다음과 같다.

라디안(rad)

"라디안(radian)은 한 원의 원둘레에서 그 원의 반지름과 같은 길이의 호를 자르는 두 반지름 사이의 평면각이다" 즉, 원의 반지름과 같은 길이의 원 둘레에 대한 중심각이다. 예를 들어 직각은 $\pi/2$ rad이 되는데, 왜냐하면 원의 둘레가 반지름의 2π 배이고 직각은 그 $1/4$ 이기 때문이다.

스테라디안(sr)

"스테라디안(steradian)은 한 공의 표면에서 그 공의 반지름의 제곱과 같은 넓이의 표면을 자르고 그 꼭지점이 공의 중심에 있는 입체각이다" 즉, 공의 반지름의 제곱과 같은 넓이를 가진 공의 표면에 대한 중심 입체각이다. 따라서 공의 전 표면적은 반지름 제곱의 4π 배이므로 전체 공의 입체각은 $4\pi sr$ 이 된다. 1960년 국제단위계를 도입할 당시에는 이들을 보충단위라는 부류로 분류하고 이들의 특성에 대한 문제는 미결상태로 두었었는데, 뒤에 평면각은 일반적으로 두 길이의 비로 입체각은 면적과 길이의 제곱과의 비로 표현된다는 것을 고려하여 이들이 무차원 유도단위로 간주되어야 한다고 결정하였다. 즉, 라디안과 스테라디안은 같은 차원을 갖지만 서로 다른 성질을 갖는 양들을 구별하기 위하여 유도단위의 표현에 유용하게 사용할 수도 있고 또는 생략할 수도 있는 무차원 유도단위이다. 실제로 기호 rad와 sr은 필요한 곳에 쓰이나 유도단위 "1"은 일반적으로 숫자와 조합하여 쓰일 때 생략된다. 광도 측정에서는 보통 스테라디안(기호 sr)이 단위의 표시에 사용된다. 유도단위를 구성하는데 이들을 사용한 몇 가지 예가 표 4에 있다.

또한 표 3의 끝 부분에 있는 3개의 단위인 베크렐, 그레이, 시버트는 특별히 인간의 보건을 위하여 제15차 CGPM(1975)과 제16차 CGPM(1979)에서 승인된 양이다.

표 3과 4의 끝 칸은 그 유도단위가 어떻게 SI 기본단위에 의하여 표시되고 있는가를 보여주고 있다. 이 칸에서 그 값이 1인 m 0, kg 0 ... 등과 같은 인자들은 생략되었다.

앞에서 언급한 바와 같이 하나의 SI 단위가 몇 개의 다른 물리량에 대응할 수 있다. 그에 대한 여러 가지 보기가 표 4에 나와 있는데 여기 나와 있는 양들이 그 전부는 아니다. 줄 매 켈빈(J/K)은 엔트로피뿐만 아니라 열용량의 SI 단위이며, 또한 암페어(A)는 유도 물리량인 기자력 뿐만 아니라 기본량인 전류의 SI 단위이기도 하다. 그러므로 어떤 양을 명시하기 위하여 단위만을 사용해서는 안 된다.

왜냐하면 그 단위는 다른 양의 단위도 될 수 있기 때문이다. 이러한 규칙은 비단 과학기술 서적뿐만 아니라 예를 들자면, 측정장비에도 적용된다 (즉, 측정장비는 단위와 측정되는 물리량 모두를 표시하여야 한다).

유도단위는 기본단위의 명칭들을 유도단위의 특별한 명칭들과 조합하여 여러 가지 다른 방법으로 표현될 수 있다. 이것은 일반 물리적인 개념을 고려하여 대수학적으로 자유롭게 표현할 수 있음을 뜻한다. 예를 들어 줄을 뉴턴 미터로 또는 킬로그램 미터 제곱 매 초 제곱으로 쓸 수도 있다. 그러나 어떤 주어진 경우에 특정한 표현식이 다른 것들 보다 더 유용할 수 있다.

실제로는 같은 차원을 갖는 양들의 구별을 용이하게 하기 위하여, 어떤 양들에 대해서는 어떤 특별한 단위명 혹은 단위의 조합을 선호하여 사용한다.

예를 들면, 주파수의 SI 단위로 역초 대신에 헤르츠가 지정되어 있고, 각속도의 SI 단위도 역초 보다는 라디안 매 초가 지정되어 있다(이 경우 라디안이란 단어를 그대로 사용하는 이유는 각속도가 2π 와 회전 주파수의 곱이라는 것을 강조하기 위함이다). 이와 유사하게, 힘의 모멘트에 대한 SI 단위로는 줄 대신에 뉴턴 미터가 지정되어 있다.

전리방사선분야에서도 이와 비슷하게 방사능의 SI 단위로 역초보다는 베크렐을, 흡수선량과 선량당량의 SI 단위로 줄 매 킬로그램보다는 각각 그레이나 시버트가 사용된다. 특별한 명칭인 베크렐, 그레이, 시버트는 역초나 줄 매 킬로그램의 단위를 사용함으로써 일어날 수 있는 과오로 인한 사람의 건강에 대한 위험도 때문에 특별히 도입된 양들이다.

SI유도단위의 유도량, 명칭, 기호, 다른SI단위로 표시법, SI기본단위로 표시법 안내

유도량	SI유도단위		
	명칭	기호	SI기본단위로 표시
점성도	파스칼 초	Pa·s	$m^{-1}\cdot kg\cdot s^{-1}$
힘의 모멘트	뉴턴 미터	N·m	$m^2\cdot kg\cdot s^{-2}$
표면장력	뉴턴 매 미터	N/m	$kg\cdot s^{-2}$
각속도	라디안 매 초	rad/s	$m\cdot m^{-1}\cdot s^{-1} = s^{-1}$
각가속도	라디안 매 초 제곱	rad/s ²	$m\cdot m^{-1}\cdot s^{-2} = s^{-2}$
열속밀도, 복사조도	와트 매 제곱미터	W/m ²	$kg\cdot s^{-3}$
열용량, 엔트로피	줄 매 켈빈	J/K	$m^2\cdot kg\cdot s^{-2}\cdot K^{-1}$
비열용량, 비엔트로피	줄 매 킬로그램 켈빈	J/(kg · K)	$m^2\cdot s^{-2}\cdot K^{-1}$
비에너지	줄 매 킬로그램	J/kg	$m^2\cdot s^{-2}$
열전도도	와트 매 미터 켈빈	W/(m · K)	$m\cdot kg\cdot s^{-3}\cdot K^{-1}$
에너지 밀도	줄 매 세제곱미터	J/m ³	$m^{-1}\cdot kg\cdot s^{-2}$
전기장의 세기	볼트 매 미터	V/m	$m\cdot kg\cdot s^{-3}\cdot A^{-1}$
전하밀도	쿨롱 매 세제곱미터	C/m ³	$m^{-3}\cdot s\cdot A$
전기선속밀도	쿨롱 매 제곱미터	C/m ²	$m^{-2}\cdot s\cdot A$
유전율	패럿 매 미터	F/m	$m^{-3}\cdot kg^{-1}\cdot s^4\cdot A^2$
투자율	헨리 매 미터	H/m	$m\cdot kg\cdot s^{-2}\cdot A^{-2}$
몰에너지	줄 매 몰	J/mol	$m^2\cdot kg\cdot s^{-2}\cdot mol^{-1}$
몰엔트로피, 몰열용량	줄 매 몰 켈빈	J/(mol · K)	$m^2\cdot kg\cdot s^{-2}\cdot K^{-1}\cdot mol^{-1}$
(X선,γ선의) 조사선량	쿨롱 매 킬로그램	C/kg	$kg^{-1}\cdot s\cdot A$
흡수선량률	그레이 매 초	Gy/s	$m^2\cdot s^{-3}$
복사도	와트 매 스테라디안	W/sr	$m^4\cdot m^{-2}\cdot kg\cdot s^{-3} = m^2\cdot kg\cdot s^{-3}$
복사휘도	와트 매 제곱미터 스테라디안	W/(m ² · sr)	$2\cdot m^{-2}\cdot kg\cdot s^{-3} = kg\cdot s^{-3}$

무차원 양의 단위, 차원 1을 가지는 양



일부 물리량은 같은 종류의 두 물리량의 비로써 정의되며 따라서 숫자 1로 표현되는 차원르 가지게 된다. 이러한 물리량의 단위는 필연적으로 다른 SI 단위들과 일관성을 갖는 유도단위가 된다. 그리고 두 동일한 SI 단위의 비로 구성되기 때문에 이 단위도 숫자 1로 표시될 수 있다. 따라서 차원적으로 곱한 결과가 1로 주어지는 모든 물리량의 SI 단위는 숫자 1이다. 굴절률, 상대 투자율, 마찰계수 등이 이러한 물리량의 예이다.

표 2에 굴절률의 단위가 예로 나와 있는데 바로 이것을 가리킨다. 그 명칭을 "하나"로 하고 기호는 숫자 "1"로 나타나 있다.

이 단위의 사용법은 다른 SI 단위들과 다른 점에 유의하여야 한다. 표 2의 각주에서 "숫자와 조합될 때에는 일반적으로 생략된다."고 했는데, 실제로는 예외 없이 생략된다고 보아야 한다. 즉 굴절률이 1.2인 경우 " $r = 1.2$ "와 같이 단위 기호 "1"을 쓰지 말고 그냥 " $r = 1.2$ "로 표시하라는 뜻이다. 그 이유는 자명하다고 하겠다. "1.2" 다음의 "1"을 단위 기호로 인식하기도 어려울 뿐 아니라 읽을 때에도 문제가 있다고 본다. 한글로는 "하나"라는 명칭을 주어 "일 점 이 하나"라고 단위 명칭을 구분하는 것이 가능하나, 예로서 영어로는 "one point two one"으로 읽어야 되니 단위 명칭을 구분할 수 없기 때문이다.

이 단위 "1"의 십진 배량이나 분량을 표시할 때에도 위와 비슷한 이유로 다른 단위처럼 SI 접두어를 쓰지 말고 10의 멱수로 표시하도록 되어 있다. 즉 이 단위의 1000배 또는 1/1000 되는 단위를 표시할 때 k1(킬로하나) 또는 m1(밀리하나) 등으로 표시하지 말고 103 또는 10-3 으로 표시하라는 것이다. 또한 ppm, pphm, ppb 와 같은 약호도 사용해서는 안 된다. 이들은 모두 특정 언어(이 경우는 영어)에서 온 약어이므로 언어에 따라 그 값이 다를 수도 있기 때문에 국제적으로 통용하는데 적합하지 않기 때문이다. 위의 예에서 ppb는 'parts per billion'인데 billion이 미국에서는 109 을 가리키고, 유럽에서는 1012 을 가리키므로 ppb가 10-9 을 뜻하는지 또는 10-12 을 뜻하는지 명확하지 않기 때문이다. 따라서 이 경우는 반드시 10의 멱수를 사용하여야 한다.

어떤 경우에는 기호 %(백분율, 퍼센트)가 0.01 대신 사용되는데 이것은 허용되고 있다. 이 기호는 어디까지나 0.01을 가리키는 것이므로 "질량 백분율" 또는 "부피 백분율"이라는 수식적 표현은 의미가 없으며 이런 표현을 사용해서도 안 된다. 따라서 % (m / m) 이나 % (V / V) 같은 표현을 해서는 안 된다.

질량 분율(mass fraction)을 나타낼 때는 "질량 분율이 0.67이다," 또는 "질량 분율이 67 %이다" 라고 표현하는 것이 좋다. 또는, 질량 분율은 5 $\mu\text{g/g}$, 부피 분율은 mL/m³ 의 형태로 나타낼 수도 있다. 이와 마찬가지로 전압의 비를 나타낼 때도 ppm을 사용하지 말고 $\mu\text{V/V}$ 의 형태를 사용하도록 권장하고 있다.

이 밖에도 단위 1을 가지는 다른 물리량에는 프랜틀(Prandtl) 수 / 와 같은 "특성 숫자"와 분자수나 축퇴 (에너지 준위의 수), 통계역학의 분배함수와 같이 계수를 나타내는 숫자 등이 있다. 이런 모든 물리량은 무차원 또는 차원 1 인 것으로 기술되며 SI 단위는 1 이다. 이런 물리량들의 값은 단지 숫자로 주어지며 일반적으로 단위 1 은 구체적으로 표시되지 않는다. 그러나 몇 가지의 경우에는 이런 단위에 특별한 명칭이 주어지는데 이는 주로 일부의 복합유도단위 사이의 혼란을 피하기 위해서이다. 이에 해당되는 예로 라디안, 스테라디안, 네퍼 등이 있다.