



# K LAS

국제단위계(SI units)

산업자원부 기술표준원 한국고정시험기관인증기구(KOLAS)에서는 국제 단위계의 보급확산 및 이해를 돕기 위해 단위 이야기를 연재함

□ 개요

○ 단위란 어떤 물리량의 크기를 나타낼 때 비교의 기준이 되는 크기로, SI단위는 과학기술분야 뿐만 아니라 산업계 및 상거래 등 사회 모든 활동에 있어 기본이 되고 있습니다.

○ "국제단위계"는 1960년 제11차 국제도량형총회(CGPM)에서 SI라는 국제약칭과 함께 채택되었으며, 우리나라는 1961년 계량법을 제정 공포하여 SI단위를 도입한 이후, 1999년 국가표준기본법을 제정하여 SI단위를 법정계량단위로 사용토록 규정하면서 눈부신 산업발전과 함께 공정한 상거래 질서를 유지해오고 있습니다.

\* **국제단위계** : 영어로 "The International System of Units"이며, 약칭 "SI"는 국제적인 공통용어임. 또, "SI"를 용어로 사용할 때 주의할 점은 "SI"가 "국제단위계"를 뜻하므로 "SI단위계"라는 표현은 바르지 못하며, "SI단위", "SI기본단위", "SI접두어" 등은 바른 표현임.

\* **국제도량형총회**(Conference Generale des Poids et Mesures, General Conference of Weights and Measures) : 국제도량형국

(BIPM)에서 주관하는 회의로 도량형에 관한 단위계를 의결하는 기관임. 이 회의에서 의결된 단위는 국제 표준으로 권고되며 대체로 4년 주기로 개최됨. 현재 전 세계적으로 사용되는 국제단위계 SI는 이 회의에서 결정되어 공표한 것임.

\* **국제도량형국**(Bureau International des Poids et Mesures, International Bureau of Weights and Measures) : 1870년 28개국 대표가 프랑스 파리에서 협의한 결과에 따라 1875년 설립된 기관으로 가장 먼저 미터법의 추진을 착수하고, 1921년에 표준화 대상을 전자기 단위계까지 확장하여 이 기관이 정한 전자기 단위가 1948년 국제적으로 승인됨. 1969년에 길이, 질량, 시간, 전류, 열역학 온도, 물질량, 광도(光度) 등 7종류의 기본 단위 등을 포함하는 국제단위계(SI)를 국제도량형총회(CGPM)의 결의를 거쳐 국제 표준으로 제정, 공포함. 특히 1967년에는 시간의 단위인 초를 중전의 천문시에 의한 초에서 원자시에 의한 초를 채택하도록 하고 국제 원자시를 유지하는 등의 역할을 하고 있음.

\* **원자시**(atomic time) : 원자가 흡수 또는 복사하는 고유 전자기파의 진동수는 일정함. 진동수라는 것은 1초간의 파(波)의 수이므로 파수를 세어 보면 1초의 길이가 구해짐. 실험에 제공된 물질

은 암모니아, 세슘, 수소, 탈륨, 루비듐 등인데, 그 중 세슘원자가 현재 실용되고 있음. 즉 Cs 133 원자가 발생하는 광파의 주파수(진동수)가 9 192 631 770 Hz라는 값이 알려져 1956년 이래 10년 이상 역표시의 1초와 비교한 결과, 이 값이 고도의 일정성을 가진 것이 확인되어 1967년에 국제도량형총회에서 국제적으로 공인되었음. 이로써 광파의 진동수에 의하여 초(秒)가 정의되었음. 이 원자초는 단순히 시간의 초를 규정짓는 것이지만, 1958년 1월 1일 세계시 0시에 세계시와 동시에 발족한 것으로 하고, 이후 그 초를 연속 적산하여 시각계를 인위적으로 만들어 학술용으로 쓰고 있음.

#### □ SI단위의 역사

- SI의 시초는 1790년경 프랑스에서 발명된 "십진 미터법"이라 할 수 있습니다. 이 미터법으로부터 분야에 따라 여러 개의 하부 단위계가 생기기 시작하여 많은 단위들이 나타나게 되는데, 일례로 1874년 과학분야에서 사용하기 위해 도입한 CGS계는 센티미터-그램-초에 바탕을 두고 있습니다.
- 1875년 17개국이 미터협약에 조인함으로써 이 미터법이 국제적인 단위체계로 발전하게 되는 계기가 되었으며, 1900년경에는 실용적인 측정인 미터-킬로그램-초(MKS)계에 바탕을 두고 행하여지게 됩니다.
- 1935년에는 국제전기기술위원회(IEC)가 전기단위로 암페어(ampere), 쿨롱(coulomb), 옴(ohm), 볼트(volt) 중 하나를 채택하여 역학의

MKS계와 통합할 것을 추천하였고, 1939년 전자기자문위원회가 이들중 암페어를 선정하여 MKSA계의 채택을 제안, 1946년 국제도량형위원회(CIPM)에 의해 승인됩니다.

- \* 국제전기기술위원회(International Electrotechnical Commission)는 1904년 미국 세인트루이스에서 열린 국제전기회의에서 전자기기에 관한 용어와 규격의 표준화에 대한 필요성이 논의되었고, 1908년 영국 런던의 회의에서 13개국이 참가하여 창설됨. 조직에는 총회, 이사회, 기술위원회, 사무국, 경영자문위원회, 마케팅위원회, 판매정책위원회, 재정위원회 등이 있음. 회원에는 정회원과 준회원이 있으며, 정회원은 국제 표준화 활동에 적극적으로 참가하는 단체로 투표권이 있고 준회원은 제한된 활동을 하며 투표권이 없음. 회원이 되면 각국 위원회는 모든 전기공학적 문제를 공개해야 함. IEC의 목적은 모든 전기공학적 표준화 문제와 기타 관련 문제에 대해 국제적 협력을 증진하고 세계 시장의 요구에 효율적으로 대처하는 것이며, 모든 전기 전자 또는 기술 관련 국제 표준을 준비하고 발간함. IEC에서 다루고 있는 분야는 전자공학, 자기학, 전자자기학, 전기음향학, 원격통신, 에너지 생산과 분배 등 모든 전기공학 문제와 전문 용어, 상징, 안전성, 환경 등의 문제를 포함. 회원국이든 비회원국이든 상관없이 IEC 표준을 채택할 수 있음. ISO(International Organization for Standardization:국제표준화기구)와ITU(International Telecommunication Union : 국제통신연합), WTO(World Trade Organization : 국제무역기구) 등 국제기관뿐만 아



나라 CENELEC(European Committee for Electrotechnical Standardization : 유럽전자공학표준화위원회) 등 지역 단체들과도 협력함. 또 여러 해 동안 전자공학 표준화 분야에 뛰어난 업적을 남긴 사람에게 해마다 켈빈 상을 수여함.

※ **국제도량형위원회**(Comite International des Poids et Mesures, International Committee of Weights and Measures) : 18개의 회원국에서 1명씩 선출한 18명의 위원으로 구성하며, 8개의 자문위원회가 있음. 총회는 적어도 2년에 한 번씩 모이게 되어 있으나 현재는 매년 열리고 있음. 여러 가지 물리상수(物理常數)와 계량의 기준을 제정하고, 그 개선과 보급 등을 목적으로 함. 1960년 길이의 기준으로 크립톤(krypton)의 주황색 스펙트럼선(線)의 파장을 선택하고, 그 165만 763.73배를 1m로 하기로 결정함.

○ 1954년 제10차 국제도량형총회(CGPM)에서 MKSA계의 4개의 기본단위와 온도의 단위 "켈빈도", 그리고 광도의 단위 "칸델라" 모두 6개의 단위에 바탕을 둔 일관성 있는 단위계를 채택하였으며, 1960년 제11차 CGPM에서 이 실용단위계의 공칭명칭을 "국제단위계"라 하고 그 국제적 약칭을 "SI"로 정하였으며 유도단위 및 보충단위와 그 밖의 다른 사항들에 대한 규칙을 정하여 측정단위에 대한 전반적인 세부사항을 마련하였습니다.

○ 1967년에는 온도의 단위가 켈빈도(°K)에서 켈빈(K)으로 바뀌고, 1971년 7번째 기본단위인 몰(mole)이 추가되어 현재의 SI가 완성되었습니다.

□ SI단위 사용실태

- 미국은 1998년 모든 문서에 SI단위를 사용하고 비SI단위는 SI단위와 반드시 병기하도록 관련법을 규정함
- 영국은 1994년에 2001년부터 SI단위를 사용하는 법안을 확정하여 SI단위 도입
- 일본은 1993년 계량법을 개정하여 1999년부터 kgf, mmH<sub>2</sub>O, cal 등 비SI단위 사용을 폐지하고 SI단위만을 사용하도록 규정하고, 비SI단위를 사용하여 검정·검사성적서 등을 발급할 수 없도록 함
- 우리나라는 1999년 국가표준기본법을 제정하여 SI단위를 법정계량단위로 사용토록 규정



[ SI 기본 단위 및 유도단위 · SI 접두어 · SI 이외의 단위 ]

표 1 SI 기본단위의 기호

기본 량	SI 기본 단위	
	명 칭	기 호
길 이	미 터	m
질 량	킬로그램	kg
시 간	초	s
전 류	암페어	A
열역학적 온도	켈 빈	K
물 질 량	몰	mol
광 도	칸델라	cd

표 2 기본단위로 표시된 SI 유도단위의 예

유 도 량	SI 유 도 단 위	
	명 칭	기 호
넓이	제곱미터	m <sup>2</sup>
부피	세제곱미터	m <sup>3</sup>
속력, 속도	미터 매 초	m / s
가속도	미터 매 초 제곱	m / s <sup>2</sup>
과동수	역 미터	m <sup>-1</sup>
밀도, 질량밀도	킬로그램 매 세제곱미터	kg / m <sup>3</sup>
비(比) 부피	세제곱미터 매 킬로그램	m <sup>3</sup> / kg
전류밀도	암페어 매 제곱미터	A / m <sup>2</sup>
자기장의 세기	암페어 매 미터	A / m
(물질량의) 농도	몰 매 세제곱미터	mol / m <sup>3</sup>
광휘도	칸델라 매 제곱미터	cd / m <sup>2</sup>
굴절률	하나(숫자)	1 <sup>(가)</sup>

<sup>(가)</sup> 기호 "1"은 숫자와 조합될 때에는 일반적으로 생략된다.



표 3 특별한 명칭과 기호를 가진 SI 유도단위

유도량	SI 유도단위			
	명칭	기호	다른 SI단위로 표시	SI 기본단위로 표시
평면각	라디안 <sup>(가)</sup>	rad		$m \cdot m^{-1} = 1$ <sup>(나)</sup>
입체각	스테라디안 <sup>(가)</sup>	sr <sup>(다)</sup>		$m^2 \cdot m^{-2} = 1$ <sup>(나)</sup>
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	$\Omega$	$V / A$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
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	$cd \cdot sr$ <sup>(다)</sup>	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot cd = cd$
조명도	럭스	lx	$lm / m^2$	$m^2 \cdot m^{-4} \cdot cd = m^{-2} \cdot cd$
(방사능해종외) 방사능	베크렐	Bq		$s^{-1}$
흡수선량 비(부여)에너지, 커마 선량당량, 환경선량당량, 방향선량당량, 개인선량당량, 조직당량선량	그레이 시버트	Gy Sv	J/kg J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$ $m^2 \cdot s^{-2}$
촉매활성도	캐탈	Kat		$mol \cdot s^{-1}$

(가) 라디안과 스테라디안은 서로 다른 성질을 가지나 같은 차원을 가진 양들을 구별하기 위하여 유도단위를 표시하는데 유용하게 쓰일 수 있다. 유도단위를 구성하는데 이들을 사용한 몇 가지 예가 표 4에 있다.

(나) 실제로 기호 rad와 sr은 필요한 곳에 쓰이나 유도단위 "1"은 일반적으로 숫자와 조합하여 쓰일 때 생략된다.

(다) 광도측정에서는 보통 스테라디안(기호 sr)이 단위의 표시에 사용된다.



표4 명칭과 기호에 특별한 명칭과 기호를 가진 SI 유도 단위가 포함되어 있는 SI 유도단위의 예

유 도 량	SI 유 도 단 위		
	명 칭	기 호	SI 기본단위로 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 <sup>2</sup>	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-2} = s^{-2}$
열속밀도, 복사조도	와트 매 제곱미터	W / m <sup>2</sup>	$kg \cdot s^{-3}$
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 <sup>3</sup>	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
전기장의 세기	볼트 매 미터	V / m	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
전하밀도	쿨롱 매 세제곱미터	C / m <sup>3</sup>	$m^{-3} \cdot s \cdot A$
전기선속밀도	쿨롱 매 제곱미터	C / m <sup>2</sup>	$m^{-2} \cdot s \cdot A$
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 및 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 <sup>2</sup> · sr)	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3}$ $= kg \cdot s^{-3}$

표5 SI 접두어

인 자	접 두 어	기 호	인 자	접 두 어	기 호
10 <sup>24</sup>	요 타	Y	10 <sup>1</sup>	데 시	d
10 <sup>21</sup>	제 타	Z	10 <sup>-2</sup>	센 티	c
10 <sup>18</sup>	엑 사	E	10 <sup>-3</sup>	밀리	m
10 <sup>15</sup>	페 타	P	10 <sup>-6</sup>	마이크로	μ
10 <sup>12</sup>	테 라	T	10 <sup>-9</sup>	나 노	n
10 <sup>9</sup>	기 가	G	10 <sup>-12</sup>	피 코	p
10 <sup>6</sup>	메 가	M	10 <sup>-15</sup>	펨 토	f
10 <sup>3</sup>	킬 로	k	10 <sup>-18</sup>	아 토	a
10 <sup>2</sup>	헥 토	h	10 <sup>-21</sup>	젱 토	z
10 <sup>1</sup>	데 카	da	10 <sup>-24</sup>	욕 토	y



표 6 국제단위계와 함께 사용되는 것이 용인된 SI 이외의 단위

명 칭	기 호	SI 단위로 나타낸 값
분	min	1 min = 60 s
시간 <sup>(가)</sup>	h	1 h = 60 min = 3600 s
일	d	1 d = 24 h = 86 400 s
도	°	1° = (π / 180) rad
분	'	1 ' = (1 / 60)° = (π / 10 800) rad
초	"	1 " = (1 / 60) ' = (π / 648 000) rad
리터 <sup>(나)</sup>	l, L	1 L = 1 dm <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
톤 <sup>(다, 라)</sup>	t	1 t = 10 <sup>3</sup> kg
네퍼 <sup>(다, 사)</sup>	Np	1 Np = 1
벨 <sup>(마, 사)</sup>	B	1 B = (1/2) ln 10 (Np) <sup>(에)</sup>

(가) 이 단위의 기호는 제 9 차 국제도량형총회(1948 ; CR, 70)의 결의사항 7에 있다.

(나) 이 단위와 그 기호 l은 1879년 CIPM(PV, 1879, 41)에서 채택 되었다. 또 다른 기호 L은 제16 차 국제도량형총회(1979, 결의사항 6; CR, 101 및 Metrologia, 1980, 16, 56-57)에서 글자 "l"과 숫자 "1"과의 혼동을 피하기 위해 채택되었다. 리터의 현재 정의는 제12차 국제도량형총회(1964 ; CR, 93)의 결의사항 6에 있다.

(다) 이 단위와 그 기호는 1879년 CIPM(PV, 1879, 41)에서 채택되었다.

(라) 몇몇 영어사용국가에서 이 단위는 "메트릭톤"이라 불리운다.

(마) 네퍼는 마당 준위, 일률 준위, 음압 준위, 로그 감소같은 로그량의 값을 표현하는데 사용된다. 네퍼로 표현된 양의 값을 얻기 위하여 자연로그가 사용된다. 네퍼는 SI와 일관성을 갖지만 아직 국제도량형총회에서 SI 단위로 채택되지 아니하였다.

(마) 벨은 마당 준위, 일률 준위, 음압 준위, 감쇠같은 로그량의 값을 표현하는데 사용된다. 벨로 표현된 양의 값을 얻기 위하여 밑이 10인 로그가 사용된다. 분수인 데시벨, dB가 보통 사용된다.

(사) 이 단위를 사용할 때 양을 명시하는 것이 특히 중요하다. 단위가 양을 의미하기 위하여 사용되어서는 아니된다.

(에) 네퍼가 SI와 일관성을 갖을 지라도 아직 국제도량형총회에서 채택되지 아니하였기 때문에 Np에는 괄호를 하였다.

표 7 국제단위계와 함께 사용되는 것이 용인된 SI 이외의 단위  
(SI 단위로 표현된 그 값들은 실험적으로 얻어진다.)

명 칭	기 호	정 의	SI 단위로 나타낸 값
전자볼트 <sup>(가)</sup>	eV	(나)	1 eV = 1.602 177 33 (49) × 10 <sup>-19</sup> J
통일원자질량단위 <sup>(가)</sup>	u	(다)	1 u = 1.660 540 2 (10) × 10 <sup>-27</sup> kg
천문단위 <sup>(가)</sup>	ua	(라)	1 ua = 1.495 978 706 91 (30) × 10 <sup>11</sup> m

(가) 전자볼트와 통일원자질량단위에 대한 값은 CODATA Bulletin, 1986, No. 63에서 인용되었다. 천문단위로 주어진 값은 IERS 회의록(1996), D.D. McCarthy ed., IERS Technical Note 21, Observatoire de Paris, July 1996 에서 인용된 것이다.

(나) 전자볼트는 하나의 전자가 진공중에서 1 볼트의 전위차를 지날 때 얻게 되는 운동에너지이다.

(다) 통일원자질량단위는 정지상태에 있으며 바닥상태에 있는 속박되지 않은 12C 핵중 원자질량의 1/12과 같다. 생화학 분야에서 통일원자질량단위는 또한 달톤(기호 Da)으로 불리운다.

(라) 천문단위는 지구-태양의 평균 거리와 거의 같은 길이의 단위이다. 이 값이 태양계에서 물체의 운동을 표현하는데 사용될 때, 태양중심 중력상수는 (0.017 202 098 95)2 ua3 d<sup>-2</sup>이 된다

표 8 국제단위계와 함께 사용되는 것이 현재 용인된 그 밖의 SI 이외의 단위

명 칭	기 호	SI 단위로 나타낸 값
해리 <sup>(가)</sup>		1 해리 = 1852 m
노트		1 해리 매 시간 = (1852/3600) m / s
아르 <sup>(나)</sup>	a	1 a = 1 dam <sup>2</sup> = 10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
헥타아르 <sup>(나)</sup>	ha	1 ha = 1 hm <sup>2</sup> = 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
바아	bar	1 bar = 0.1 MPa = 100 kPa = 1000 hPa = 10 <sup>5</sup> Pa
옹스트롬	Å	1 Å = 0.1 nm = 10 <sup>-10</sup> m
바안 <sup>(다)</sup>	b	1 b = 100 fm <sup>2</sup> = 10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>

(가) 해리는 항해나 항공의 거리를 나타내는데 쓰이는 특수 단위이다. 위에 주어진 관례적인 값은 1929년 모나코의 제1차 국제특수수호학회에서 "국제 해리"라는 이름 아래 채택되었다. 아직 국제적으로 합의된 기호는 없다. 이 단위가 원래 선택된 이유는 지구 표면의 1 해리는 대략 지구 중심에서 각도 1 분에 상응하는 거리이기 때문이다.

(나) 이 단위와 기호는 1879년 CIPM(PV, 1879, 41)에서 채택되었으며 토지면적을 표현하는데 사용되고 있다.

(다) 바안은 핵물리학에서 유효 단면적을 나타내기 위하여 사용되는 특수 단위이다.