

Uluslararası Birim Sistemi (Fransızca: *Système international d'unités*, SI)

Birim Sistemi: Ölçmenin anlam ifade edebilmesi için ölçüm sonuçları bir birimle verilir. Ölçülecek büyüklüğü karşılaştırmak için o büyüklük cinsinden seçilen (kişiler, yer ve zamana göre değişmeyen) büyüklüğe **birim** denir.

SI birim sistemi 1960'taki "Ağırlıklar ve Ölçümler" genel konferansında tanımlanmış ve buna resmi bir statü verilmiştir. SI Birim Sistemi'nin genel kabulü, teknik iletişimi kolaylaştırmak içindir.

Temel birimler ve türetilmiş birimler olarak ikiye ayrılabilir.

Temel birimler

Temel birimler, doğrudan ölçülüp kendi başına ifade edilebilirler.

Kütle (kg), zaman(s), sıcaklık (K), uzunluk (m), madde miktarı (mol), aydınlatma şiddeti (cd), elektrik akımı (A) büyüklüklerinden oluşmaktadır.

Ağırlık analitik kimyada çok kullanılır fakat kütle ile arasında fark vardır. Kütle bulunulan yere göre değişmez. Ancak ağırlık yerçekimine bağlıdır. Ağırlık cisim ile yerküre arasındaki çekim kuvvetidir. Bulunulan yere göre değişir.

SI Temel Birimler

Büyüklük	Birim	Sembol
Kütle	kilogram	kg
Uzunluk	metre	m
Zaman	saniye	s
Elektrik akım şiddeti	amper	A
Madde miktarı	mol	mol
Sıcaklık	kelvin	K
Aydınlatma şiddeti	kandela	cd

Diğer bütün birimler bu temel birimlerden türetilir.

Türetilmiş Birimler

Enerji, kuvvet ve yük gibi diğer fiziksel büyüklüklerin hepsi temel birimler cinsinden yazılabilir.

Ölçülmesi için başka büyüklüklerin ölçülmesine ihtiyaç duyulan büyüklüklere **türetilmiş büyüklük** denir. Her türetilmiş büyüklüğün bir tanımlayıcı denklemi vardır, **temel büyüklüklerin çarpımı veya oranı olarak ifade edilebilirler**.

Bazı büyüklüklerden türetilmiş birimlere örnekler verilirse; enerji (J) SI birimi cinsinden karşılığı $\text{m}^2\text{kg/s}^2$ dır. Bir diğer örnek basınç (Pa) SI birimi olarak kg/ms^2 , kuvvet ise (N) SI birimi cinsinden mkg/s^2 ile verilir. Analitik kimyada çok kullanılan büyüklük frekans (Hz), birimi s^{-1} dir. Frekans gibi hacim de L olarak çok kullanılmaktadır ve SI sistemine çevirmek için 10^{-3} çarpanı kullanılır. Yani $10^{-3} \text{ m}^3 = 1\text{L}$ dir. Basınç birim atm'nin SI karşılığı ise 101325 N/m^2 .

Temel Birimlerden Türetilmiş Diğer Birimler

Büyüklük	Birim	Sembol
Uzunluk	Santimetre	cm
	Kilometre	km
	Milimetre	mm
Alan	Metrekare	m^2
	Kilometrekare	km^2
	Milimetrekare	mm^2
Hacim	Metreküp	m^3
	Kilometreküp	km^3
	Hektometreküp	hm^3
Hız	Santimetre/saniye	cm/s
	Metre/saniye	m/s
	Kilometre/saat	km/h
	Milimetre/saniye	mm/s
İvme	Metre/saniyekare	m/s^2
Yoğunluk (kütle yoğunluğu)	Kilogram/metreküp	kg/m^3
Özgül hacim	Metreküp/kilogram	m^3/kg
Işık şiddeti	Kandela/metrekare	cd/m^2
Kütle	Gram	g
	Miligram	mg
Zaman	Dakika	min
	Gün	d
	Yıl	yıl
	Saat	h
Kuvvet	Newton	N
	Kilonewton	kN
Basınç	Pascal	Pa

	Kilopascal	kPa
Akış(debi)	Metreküp/saniye	m ³ /s
	Litre/saniye	L/s
Debi ve Verim	Metreküp/gün	m ³ /d
	Metreküp/yıl	m ³ /yıl
İş ve enerji	Terajoule	Tj
	Megajoule	MJ
	Kilojoule	kJ
	Joule	J
Güç	Megawatt	MW
	Kilowatt	kW
	Watt	W
Frekans	Megahertz	MHz
	Kilohertz	kHz
	Hertz	Hz
Viskozite Dinamik	Pascalsaniye	Pas(N/m ²)s
Vizkozite Kinematik	Metrekare/saniye	m ² /s
Sıkıştırılabilirlik	Milimetrekare/Newton	mm ² /N
Sağlamlaştırma	Metrekare/yıl	m ² /yıl
Güç Momenti	Newton metre	Nm
Yüzey Gerilimi	Newton/metre	N/m
Isı Kapasitesi	Joule/kelvin	J/K
Özgül Isı Kapasitesi	Joule/kilogram kelvin	J/(kgK)
Özgül enerji	Joule/kilogram	J/kg
Termal İletkenlik	Watt/metre kelvin	W/(mK)
Enerji yoğunluğu	Joule/metreküp	J/m ³

Birimler skaler ve vektörel olarak da sınıflandırılabilir.

Skaler (Yönsüz)

Vektörel (Yönlü)

Kütle (eşit kollu terazi) , madde miktarı

Ağırlık (dinamometre,, yaylı kantar)

Uzunluk

Sürat (uzunluk (yol) /zaman)

Yerdeğiştirme (doğudan batıya, kuzeyden güneye.. gibi)

Hız (kuzeyden güneye doğru esen rüzgar 10 km/h),yerdeğiştirme /zaman

Zaman

Kuvvet

Enerji

Momentum

Çevirme Faktörleri

Büyüklük	Birim	Sembol	SI Karşılığı
Hacim	litre	L	10^{-3} m^3
	mililitre	mL	10^{-6} m^3
Uzunluk	angstrom	$\text{\AA}$	10^{-10} m
	inch	in	0,0254 m
Kütle	pound	lb	0,45359237 kg
Kuvvet	din	din	10^{-5} N
Basınç	atmosfer	atm	101325 Nm^{-2}
	torr	1 mmHg	$133,322 \text{ Nm}^{-2}$
	Pound/in ²	psi	$6894,76 \text{ Nm}^{-2}$
Enerji	erg	erg	10^{-7} J
	elektron volt	eV	$1,6021892 \times 10^{-19} \text{ J}$
	termokimyasal kalori	cal	4,184 J
	İngiliz termal birimi	Btu	1055,06 J
Güç	Beygir gücü		745,700 W

Örnek: 0,268 atmosferlik basınç kaç Paskal eder?

En yaygın basınç birimi atmosferdir (atm). SI sisteminde basınç; m² başına bir Newtonluk kuvvete eşit olan Paskal (Pa) dır.

1 atm = 101325 N/m² = 101325 Pa olduğu **tablodan** bulunur.

(0,268 atm) (101325 Pa/atm)= 27 200 Pa

Örnek: Saatte 2 mil (1 mil = 1,609 km) yürüyen bir kişinin kullandığı enerjiyi (100 poundluk vücut kütlesi başına saatte 46 + 45 = 91 kalori) vücut kütleinin kilogramı başına saatte kilojoule olarak ifade ediniz.

100 poundluk vücut kütlesi başına saatte 46 kalori vücudun temel fonksiyonları için gerekir. 45 kalori ise saatte 2 mil yürüyen kişinin (100 lb' lik vücut kütlesi) harcadığı enerjidir.

91 kalori = 91 kcal.

1 cal = 4,184 J; bu yüzden 1 kcal = 4,184 kJ ve,

91 kcal x 4,184 kJ/kcal = 3,8 x 10² kJ

1 lb = 0,4536 kg, bu yüzden 100 lb = 45,36 kg' dır.

Bu nedenle enerji tüketim hızı = 91 kcal /h/100 lb = 3,8 x 10² kJ/h /45,36 kg = 8,4 kJ/h/kg bulunur.

Veya,

Hız: 91 kcal /h/100 lb x 4,184 kJ/kcal x 1 lb/0,4536 kg = 8,4 kJ/h/kg

Örnek : 500 m³ su kaç L'dir?

1 L /10⁻³ m³ x 500 m³ = 500 000 L

Çok küçük veya çok yüksek değerleri ifade etmek için de ön ekler kullanılır. Nano-, piko-, atto-, femto-, kilo-, desi-, santi-, mili-, mikro- gibi.

Birimlerin alt ve üst katlarını belirtmek için kullanılan örnekler aşağıdaki **tabloda** verilmiştir. $3,2 \times 10^{-11}$ s gibi bir sayıyı yazmak her zaman uygun olmaz, bu yüzden 32 ps yazarız. Bir pikosaniye (ps) 10^{-12} s dir. $3,2 \times 10^{-12}$ s yi pikosaniyeye aşağıdaki gibi dönüştürürüz.

$$3,2 \times 10^{-11} \text{ s} / 10^{-12} \text{ s/ps} = 32 \text{ ps}$$

Ön ekler

Örnek	Sembol	Faktör
Yotto	Y	10^{24}
Zetta	Z	10^{21}
Exa	E	10^{18}
Peta	P	10^{15}
Tera	T	10^{12}
Giga	G	10^9
Mega	M	10^6
Kilo	k	10^3
Hekta	h	10^2
Deka	da	10^1
Desi	d	10^{-1}
Santi	c	10^{-2}
Mili	m	10^{-3}
Mikro	μ	10^{-6}
Nano	n	10^{-9}
Piko	p	10^{-12}
Femto	f	10^{-15}
Atto	a	10^{-18}
Zepto	z	10^{-21}
Yokto	y	10^{-24}

SI da hacim birimi (uzunluk)³ metre küp (m³) dür. Ancak yaygın olarak kullanılan hacim birimi L' dir ve bir kenarı 0,1 m olan bir kübün hacmidir. $1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ mL}$ ' dir. $1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$ tür. Küçük miktarlarla çalışıldığında genellikle μL kullanılır ($1 \mu\text{L} = 10^{-3} \text{ mL} = 10^{-6} \text{ L}$).

Derişim Birimleri

Derişim: Belirli bir hacimde ya da kütlevde çözünmüş olan madde miktarına denir. Seyreltik veya derişik çözeltiler vardır. Çözücü çözüne göre çok az ise seyreltik, fazla ise derişik çözelti olur. Molarite, molalite, yüzde, ppt, ppm, ppb (binde, milyonda, milyarda bir), mol kesri ve normalite gibi derişim birimleri vardır.

Molarite: Genel tanımı ile 1 L çözeltide çözünmüş olan maddenin mol sayısına denir ve M harfi ile gösterilir. Birimi ise mol/L dir. Mol: Avagadro sayısı ($6,02 \times 10^{23}$) kadar tanecik (atom, molekül, iyon) sayısına denir. Molaritenin **analitik molarite (derişim), tür veya denge molaritesi ve ozmolarite** gibi çeşitleri vardır. Molarite sıcaklık ile değişir.

Örnek: 500,0 mL, 0,2 mol NaCl ile hazırlanan çözeltinin derişimi kaç molardır?

$$M = \text{mol} / L = 0,2 \text{ mol NaCl} / 0,500 L = 0,4 \text{ mol/L}$$

Örnek : 0,01 M 0,2 L HCl çözeltisinde, çözünen HCl'in kütlesini bulunuz. (H: 1 g/mol, Cl: 35,5 g/mol)

$$0,01 M = \text{mol} / 0,2$$

$$\text{mol} = 0,002$$

$$\text{HCl' in kütlesi} = 0,002 \text{ mol} \times 36,5 \text{ g/mol} = 0,073 \text{ g}$$

Analitik Molarite: Başlangıç derişimi demektir. Yani bir litre çözeltide çözünmüş olan maddelerin toplam mol sayısıdır. Çözeltideki maddelere bakılmaksızın çözünen maddenin miktarı ile ilgilidir. Örneğin 1 M Sodyum hidrosit hazırlanmak istendiği zaman 40 g sodyum hidroksit alınır (1 mol), bir miktar saf suda çözülür ve 1 litreye saf su ile tamamlanır. Çözeltide sodyum hidrosit yoktur. Sodyum iyonları ve hidroksit iyonları vardır. Bir bileşiğin kimyasının iyi bilinmesi gerekmez. Örneğin 1 M oksalik asit ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) hazırlanmak istenirse 90 g (1 mol) tartılır, balon jøjeye konur sonra biraz suda çözülür ve bir litreye saf su ile tamamlanır. Oksalik asit zayıf asittir ve suda tamamen iyonlaşmaz ancak % 22' si iyonlaşır. Fakat çözelti hazırlamak için başlangıç derişimi olan analitik derişimden faydalanılır. Aslında bu derişime Formal derişim de denilebilir (F).

Örnek: 500 mL 0,1 M NaOH çözeltisi nasıl hazırlanır.

Molaritenin tanımına göre 1 litrelik çözelti için 0,1 mol NaOH gereklidir.

Hazırlanacak çözeltinin hacmi 1 litrenin yarısı olduğuna göre gerekli olan NaOH miktarı da $(0,1 \text{ mol L}^{-1} / 2) = 0,05 \text{ mol}$ olacaktır.

Şimdi sıra 0,05 mol NaOH ın kaç gram olduğunu bulmaya gelmiştir. 1 mol NaOH 40 g olduğuna göre 0,05 mol NaOH'ın $(0,05 \text{ mol} \times 40 \text{ g mol}^{-1}) = 2 \text{ g}$ dır.

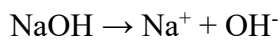
O halde yapılacak iş terazide 2 g NaOH tartıp 500 mL'lik bir balon jojeye koymak ve az miktarda suda çözdükten sonra hacim çizgisine kadar saf su ile doldurmaktır.

Örnek: 2,50 g etil alkol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) içeren 3,50 L sulu etanol çözeltisinin molar derişimini hesaplayınız.

$$\text{mol etanol} = 2,50 \text{ g} \times 1 \text{ mol etanol} / 46,07 \text{ g/mol etanol} = 0,0542 \text{ mol}$$

$$C = 0,0542 \text{ mol} / 3,5 \text{ L} = 0,015 \text{ M}$$

Tür veya denge molaritesi: Köşeli parantezle gösterilir. Çözeltideki bütün türlerin ayrı ayrı molaritesini belirtir. Denge halindeki derişimdir ve molar derişim diye de kullanılır. Tamamen iyonlaşan bileşikler için tür yani molar derişim sıfırdır. Yalnız çözünmüş olanların derişiminden bahsedilir. Örneğin analitik derişimi 1,0 M olan sodyum hidrositin tür derişimi 0,0 dır. Çünkü sodyum hidroksit tamamen iyonlaşmıştır, çözeltide sodyum hidroksit molekülleri bulunmamaktadır. İyonlaştığında Na^+ ve OH^- iyonlarına dönüşür. $[\text{NaOH}] = 0,0$ $[\text{Na}^+] = 1,0 \text{ M}$, $[\text{OH}^-] = 1,0 \text{ M}$

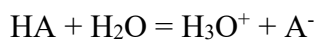


Örnek: 285 mg triklorasetik asit içeren 10,0 mL' lik bir sulu çözeltide analitik derişimi ve türlerin denge molar derişimlerini hesaplayınız. Sulu çözeltide % 73 iyonlaşır. $\text{MA} = 163,4 \text{ g/mol}$, Cl_3CCOOH (HA)

$$\text{mol} = (285 \text{ mg HA} / 1000 \text{ mg HA}) \times 1 \text{ g HA} \times 1 \text{ mol HA} / 163,4 \text{ g HA} = 1,744 \times 10^{-3} \text{ mol HA}$$

$$C_{\text{HA}} = (1,744 \times 10^{-3} \text{ mol HA} / 10,0 \text{ mL}) \times 1000 \text{ mL/L} = 0,1744 \text{ mol /L} = 0,174 \text{ M}$$

HA' nın % 73'ü iyonlaşır.



$$[\text{HA}] = C_{\text{HA}} \times (100 - 73) / 100 = 0,174 \times 0,27 = 0,047 \text{ M}$$

$$[\text{A}^-] = (73 \text{ mol A}^- / 100 \text{ mol HA}) \times 0,174 \text{ mol /L} = 0,127 \text{ mol /L}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{A}^-] = 0,127 \text{ mol /L}$$

Örnek: a) 2,00 L 0,108 M BaCl_2 çözeltisi $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (244,3 g/mol)'dan nasıl hazırlanır?

b) 500 mL 0,0740 M Cl^- çözeltisi katı $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ' dan nasıl hazırlanır?

$$\text{a) } 2,00 \text{ L } \text{BaCl}_2 \times 0,108 \text{ mol BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} / 1 \text{ L} = 0,216 \text{ mol BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

$$0,216 \text{ mol BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \times 244,3 \text{ g BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} / 1 \text{ mol BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 52,76 \text{ g BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 52,8 \text{ g BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

52,8 g $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tartılır, balon jojeye konur ve bir miktar saf suda çözülür. Sonra 2 litreye saf su ile tamamlanır.

$$\text{b) } \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ kütlesi} = 0,0740 \text{ mol /L} \times 0,500 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mol BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}{2 \text{ mol Cl}^-} \times 244,3 \text{ g BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} / \text{mol BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 4,52 \text{ g}$$

4,52 g $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ alınır, balon jojeye konur, bir miktar saf suda çözülür ve 500 mL' lik balon jojenin çizgisine kadar saf su ile tamamlanır.

Örnek: a) Tipik bir deniz suyunun 100 mL' si 2,7 gram tuz (NaCl) içerir. Okyanustaki NaCl ' nin molaritesi nedir?

b) MgCl_2 'nin okyanustaki derişimi 0,054 M' dır. 25 mL deniz suyunda kaç gram MgCl_2 vardır?

$$\text{a) } \text{NaCl} \text{ mol kütlesi} = 58,44 \text{ g / mol}$$

$$\text{NaCl} \text{ mol sayısı} = 2,7 \text{ g} / 58,44 \text{ g / mol} = 0,046 \text{ mol}$$

$$\text{NaCl}' \text{ nin molaritesi} = \text{mol NaCl} / \text{L deniz suyu} = 0,046 \text{ mol} / 100 \times 10^{-3} \text{ L} = 0,46 \text{ M}$$

$$\text{b) } \text{MgCl}_2' \text{ nin mol kütlesi} = 24,30 \text{ g/mol} + 2 \times 35,45 \text{ g/mol} = 95,20 \text{ g/mol}$$

$$\text{MgCl}_2' \text{ nin kütlesi} = 0,054 \text{ mol /L} \times 25 \times 10^{-3} \text{ L} \times 95,20 \text{ g/mol} = 0,13 \text{ g}$$

Örnek: a) CaSO_4 'ün formül (molekül) kütlesini hesaplayınız. 50 mL hacimde 1,2 gram CaSO_4 içeren çözeltide CaSO_4 molaritesini hesaplayınız.

b) 50 mL 0,086 M CaSO_4 çözeltisinde kaç gram CaSO_4 vardır?

$$\text{a) } \text{CaSO}_4' \text{ün formül (molekül) kütlesi} = 40,078 + 32,065 + 4 \times 15,999 = 136,139 = 136,14 \text{ g / mol}$$

$$\text{mol CaSO}_4 = 1,2 \text{ g CaSO}_4 / 136,14 \text{ g/mol CaSO}_4 = 8,81 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{M} = 8,81 \times 10^{-3} \text{ mol} / 0,050 \text{ L} = 0,18 \text{ mol /L}$$

b) $\text{mol CaSO}_4 = 0,086 \text{ mol} / \text{L} \times (50 \text{ mL} / 1000 \text{ mL} \times 1 \text{ L}) = 0,086 \times 0,050 = 4,3 \times 10^{-3} \text{ mol}$
 $\text{g CaSO}_4 = 4,3 \times 10^{-3} \text{ mol CaSO}_4 \times 136,14 \text{ g} / \text{mol CaSO}_4 = 0,58 \text{ g CaSO}_4$

Ozmolarite: Bir litre çözeltide çözülmüş olan taneciklerin toplam mol sayısına denir. Elektrolit olmayan bir maddenin molaritesi ozmolaritesine eşittir (Fruktoz gibi). Kuvvetli elektrolitlerde çözeltideki iyonların toplam mol sayısı molarite ile çarpılır. Yani 1 mol BaCl_2 çözeltiye üç mol iyon verir.

Örnek : 0,108 M BaCl_2 çözeltisinin ozmolaritesi nedir?

$$\text{Ozmolarite} = 3 \times 0,108 = 0,324 \text{ M}$$

Çözeltinin ozmolaritesi molaritesinin üç katıdır.

Molalite: Bir kilogram çözücüde çözünen maddenin mol sayısıdır (m). Molalite sıcaklık ile değişmez.

Molalitenin tanımı çözeltinin toplam hacmine bağlı olmadığından molal çözeltilerde son hacim veya son kütle önemli değildir. Önemli olan çözücünün kütlesidir. Örneğin 58,46 g NaCl 1000 g suda çözülürse 1 molal çözelti elde edilir. NaCl çözeltisinin molalitesi 1 olup “1 m NaCl çözeltisi” şeklinde belirtilir. Oysa çözeltinin toplam kütlesi 1058,5 g’ dır.

Örnek: 1 m ve 0,1 m HCl çözeltileri nasıl hazırlanır?

1000 g suda 36,5 g HCl çözmekle 1 m çözelti, 0,1 m HCl çözeltisi ise 3,65 g HCl çözmekle yapılır.

Örnek: 30,8 g KOH’ın 1100 g suda çözünmesiyle oluşan çözelti kaç molaldır? (KOH : 56 g/mol)

$$1100 \text{ g} = 1,100 \text{ kg}$$

$$\text{mol} = \text{g KOH} / \text{Molekül kütlesi} = 30,8 \text{ g KOH} / 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ KOH} = 0,55 \text{ mol KOH}$$

$$m = \text{çözünenin mol sayısı} / \text{kg çözücü} = 0,55 \text{ mol KOH} / 1,1 \text{ kg su} = 0,5 \text{ mol} / \text{kg} = 0,5 \text{ molal KOH}$$

Örnek: 5,7 g AgNO_3 ’ ün 250 mL suda çözünmesiyle oluşan çözeltinin molal derişimi nedir? (AgNO_3 : 170 g/mol)

$$\text{mol} = 5,7 \text{ g AgNO}_3 / 170 \text{ g/mol} = 0,0335 \text{ mol}$$

$$m = \text{çözünenin mol sayısı} / \text{kg çözücü}$$

250 mL su, suyun yoğunluğu 1,0 g/mL olduğu için 250 g’ dır.

O halde,

$$m = 0,0335 \text{ mol} / 0,250 \text{ kg} = 0,134 \text{ molal (mol/kg)}$$

Örnek: 120 g suda 12 g NaOH çözölmüştür. Bu çözöltinin molalitesi nedir? (NaOH : 40 g /mol)

$$\text{mol} = 12 \text{ g NaOH} / 40 \text{ g/mol} = 0,3 \text{ mol NaOH}$$

$$m = 0,3 \text{ mol} / 0,012 \text{ kg su} = 2,5 \text{ molal}$$

Örnek : 0,200 m KNO₃ çözöltisi hazırlamak için 250 g suya kaç gram KNO₃ gerekir? (KNO₃ = 101,1 g/mol)

Molalitenin tanımından,

$$\text{mol} = m \times \text{çözöcünün kütlesi (g)} = 0,200 \text{ mol /kg} \times 0,250 \text{ kg} = 0,05 \text{ mol}$$

$$\text{g KNO}_3 = 0,05 \text{ mol KNO}_3 \times 101,1 \text{ g/mol KNO}_3 = 5,06 \text{ g KNO}_3 \text{ gerekir.}$$

Örnek: 1 m FeSO₄.5H₂O nasıl hazırlanır?

242 g FeSO₄ 5H₂O alınır, 910 g suda çözölür. 90 g su beş mol sudan gelmektedir.

Örnek: 500 g suda 9,8 g H₂SO₄ (98 g/mol) çözünmesi ile oluşöan çözöltinin derişimi kaç molaldır?

$$\text{mol H}_2\text{SO}_4 = 9,8 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \times 1 \text{ mol} / 98 \text{ g H}_2\text{SO}_4 = 0,1 \text{ mol}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4\text{'ün molalitesi} = 0,1 \text{ mol} \times (1000 \text{ g} / 1 \text{ kg}) / 500 \text{ g} = 0,2 \text{ m}$$

Örnek: 25,00 mL CH₃OH (metanol, d= 0,7914 g/mL) kloroform içinde çözünerek 500,0 mL' ye tamamlanıyor. Yoğunluğu 1,454 g/mL olan çözöltinin molalitesini hesaplayınız. CH₃OH: 32,042 g/mol

$$V = 25,00 \text{ mL} \quad d = 0,7914 \text{ g/mL}$$

$$d = m/V$$

$$\text{Metanol'ün kütlesi} = d \times V = 0,7914 \text{ g/mL} \times 25,00 \text{ mL} = 19,78 \text{ g CH}_3\text{OH}$$

$$\text{mol CH}_3\text{OH} = 19,78 \text{ g} / 32,042 \text{ g/mol} = 0,617 \text{ mol}$$

$$\text{Çözöltinin kütlesi} = 1,454 \text{ g/mL} \times 500 \text{ mL} = 727 \text{ g}$$

$$\text{Çözöcünün kütlesi} = 727 - 19,78 \text{ g} = 707,22 \text{ g kloroformun kütlesi} = 0,707 \text{ kg}$$

$$m = 0,617 \text{ mol} / 0,707 \text{ kg} = 0,872 \text{ molal} = 0,9 \text{ m}$$

Yüzde Derişim:

100 g çözeltide çözünen maddenin gram cinsinden miktarına kütlece yüzde derişim denir.

Genellikle kütlece derişim ifadesinde kütlece ifadesi kullanılmaz.

100 mL çözeltide çözünen maddenin hacim cinsinden miktarına hacimce yüzde derişim denir.

Kütlece yüzde (w/w) = (çözünenin kütlesi / çözeltinin kütlesi) x 100

Hacimce (v/v) = (çözünenin hacmi / çözeltinin hacmi) x 100

Kütle / Hacimce (w/v) = (çözünenin kütlesi / çözeltinin hacmi) x 100

Örnek: Kütlece % 5' lik 500 g NaOH çözeltisi nasıl hazırlanır? Tanıma göre 100 gram çözelti içinde 5 gram katı NaOH bulunmaktadır. $5 \text{ g NaOH} / 100 \text{ g} \times 500 \text{ g} = 25 \text{ g NaOH}$ (Çözeltinin toplam hacmi 500 gram olduğuna göre $5 \times 5 = 25$ gram NaOH gereklidir). O halde $500 - 25 = 475$ gram çözücü (yani su) gereklidir. Suyun yoğunluğu 1 g/mL olarak kabul edilirse, 25 g NaOH tartılıp 475 mL suda çözülür.

Veya;

$$5 = (\text{çözünenin kütlesi} / 500 \text{ g}) \times 100 = 5/0,2 = 25 \text{ g}$$

$500 - 25 = 475$ gram çözücü (yani su) gereklidir. Suyun yoğunluğu 1 g/mL olarak kabul edilirse, 25 g NaOH tartılıp 475 mL suyun bir miktarı ile çözülüp kalan su üzerine eklenir.

Örnek: 50,0 g suda 15,0 g NaCl çözümlere hazırlanan çözeltide NaCl'nin kütlece yüzdesi nedir, 200 g NaCl ile aynı yüzdede kaç gram çözelti hazırlanabilir?

$$\% = (15,0 / 50,0 + 15,0) \times 100 = \% 23$$

$$23 = 200 / \text{çözelti kütlesi} \times 100 = 870 \text{ g çözelti}$$

Örnek: % 37'lik HCl çözeltisinin molarite ve molalitesini bulunuz. $d_{\text{HCl}} = 1,19 \text{ g/mL}$

1 L (1000 mL) çözeltinin kütlesi;

$$1,19 \text{ (g/mL)} \times 1000 \text{ mL} = 1,19 \times 10^3 \text{ g çözelti}$$

Litredeki HCl kütlesi = $(37,0 \text{ g HCl} / 100,0 \text{ g çözelti}) \times 1,19 \times 10^3 \text{ g} = 4,40 \times 10^2 \text{ g HCl}$
/L

HCl ' nin molekül kütlesi = 36,46 g /mol

$$M = \text{mol} / L = 440 \text{ g HCl} / 36,46 \text{ g/mol} / 1 \text{ L} = 12,06 \text{ M} = 12,1 \text{ M}$$

$$m = \text{mol} / \text{kg} \text{ çözücü}$$

100 g çözeltide 37,0 gram HCl vardır. Çözücü miktarı (burada su) = $100 \text{ g} - 37,0 \text{ g} = 63,0 \text{ g H}_2\text{O}$ (0,063 kg H₂O)

$$\text{mol HCl} = 37,0 \text{ g HCl} / 36,46 \text{ g/mol} = 1,01 \text{ mol}$$

$$m = 1,01 \text{ mol} / 0,063 \text{ kg su} = 16,03 \text{ mol /kg}$$

Örnek: Kütlece % 48'lik HBr çözeltisinin molarite ve molalitesini bulunuz.

$$1 \text{ L (1000 mL) çözeltinin kütlesi} = 1,50 \text{ g/mL} \times 1000 \text{ mL} = 1500 \text{ g çözelti}$$

$$\text{HBr' nin kütlesi} : (48,0 \text{ g HBr} / 100,0 \text{ g çözelti}) \times 1500 \text{ g çözelti} = 720 \text{ g HBr}$$

$$\text{mol HBr} = 720 \text{ g} / 80,912 \text{ g / mol} = 8,89 \text{ mol/L}$$

$$\text{mol HBr} = 48 \text{ g HBr} / 80,912 \text{ g / mol} = 0,5932 \text{ mol}$$

$$\text{Çözücü miktarı} = 100 - 48 = 52 \text{ g}$$

$$m = 0,5932 \text{ mol HBr} / 0,052 \text{ kg su} = 11,41 \text{ mol / kg}$$

Örnek : Aşağıdaki çözeltileri nasıl hazırlarsınız.

a) 250 mL % 20,0 (w/v) lık sulu aseton çözeltisi

b) 250 mL % 20,0 (v/v) lık sulu aseton çözeltisi

c) 250 g % 20,0 (w/w) lık sulu aseton çözeltisi

$$\text{a) } 20,0 = (\text{g aseton} / 250 \text{ mL}) \times 100$$

$$\text{g aseton} = 20,0 \times 250 \text{ mL} / 100 \text{ mL} = 50,0 \text{ g aseton}$$

veya;

$$(20,0 \text{ g aseton} / 100 \text{ mL}) \text{ çöz.} \times 250 \text{ mL} = 50,0 \text{ g-aseton}$$

50,0 g aseton alınır ve 250 mL' ye saf su ile seyreltilir.

$$\text{b) } (20,0 \text{ mL aseton} / 100 \text{ mL}) \text{ çöz.} \times 250 \text{ mL} = 50,0 \text{ mL}$$

50,0 mL aseton alınır, 250 mL' ye saf su ile tamamlanır.

$$\text{c) } (20,0 \text{ g aseton} / 100 \text{ g çöz.}) \times 250,0 \text{ g} = 50,0 \text{ g aseton}$$

$$250,0 \text{ g çöz} - 50,0 \text{ g aseton} = 200 \text{ g}$$

50,0 g aseton alınır 200,0 g suda çözülür.

Örnek : Hacimce % 90'lık (v/v) alkol içeren 2,0 L çözeltinin kaç mL' si sudur?

$$90 = (\text{mL alkol} / 2\,000 \text{ mL}) \times 100$$

$$\text{mL alkol} = 180\,000 / 100 = 1\,800 \text{ mL}$$

$$\text{mL su} = 2000 - 1800 = 200 \text{ mL}$$

Örnek: % 10 (w/v)'luk 3 litre KCl çözeltisi nasıl hazırlanır.

$$10 = (x / 3000 \text{ mL}) \times 100$$

$$x = 30000 / 100 = 300 \text{ g katı KCl alınır,}$$

Tanıma göre çözeltinin her 100 mL sinde 10 g katı KCl bulunması gerekmektedir. O halde 3 litresinde 300 g katı KCl bulunmalıdır. Bu çözeltinin hazırlanması için 300 g katı KCl tartılır ve bir kaba alınır. Üzerine toplam hacim 3 litre olacak şekilde saf su eklenir.

Binde bir (ppt), milyonda bir(ppm), milyarda bir (ppb) derişimler

$$C_{\text{ppt}} = (\text{çözünenin kütlesi} / \text{çözeltinin kütlesi}) \times 10^3$$

$$C_{\text{ppm}} = (\text{çözünenin kütlesi} / \text{çözeltinin kütlesi}) \times 10^6$$

$$C_{\text{ppb}} = (\text{çözünenin kütlesi} / \text{çözeltinin kütlesi}) \times 10^9$$

Burada C_{ppm} , milyonda kısım derişimini gösterir. Yukarıdaki formülde pay ve paydanın aynı kütle biriminde olması gerekir. Daha seyreltik çözeltelerde, yukarıdaki formülde 10^6 ppm yerine 10^9 ppb kullanıldığı zaman sonuç milyarda kısım (ppb) olur. Bu türden bir diğer birim de özellikle deniz bilimlerinde kullanılan binde 10^3 kısımdır (ppt).

Analitik kimyada çok kullanılan milyonda bir, **toplam çözeltinin milyon gramında çözünen maddenin bir g bulunduğunu ifade eder**. Yoğunluğu yaklaşık 1,00 g/mL olan sulu çözelti için 1 ppm = 1 µg/mL = 1 mg/L ye eşittir.

$$C_{\text{ppm}} = \text{çözünenin kütlesi (mg)} / \text{çözeltinin hacmi (L)}$$

Örnek: 63,3 ppm $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ (329,3 g/mol) içeren bir sulu çözeltideki K^+ iyonlarının molaritesini bulunuz.

Bu çözeltinin 10^6 gramı 63,3 gram bileşik içermektedir. Böyle seyreltik bir sulu çözeltinin yoğunluğu, saf suyun yoğunluğuna eşit, yani 1,00 g/mL kabul edilebilir. Bu nedenle,

63,3 ppm $K_3Fe(CN)_6$ = 63,3 mg $K_3Fe(CN)_6$ /L

$$C_{(K_3Fe(CN)_6)} = 63,3 \text{ mg/L} \times 1 \text{ g} / 1000 \text{ mg} \times 1 \text{ mol} / 329,3 \text{ g} = 1,922 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

3 mol K^+ iyonu bulunmakta,

$$[K^+] = 1,922 \times 10^{-4} \times 3 \text{ mol } K^+ / 1 \text{ mol } K_3Fe(CN)_6 = 5,77 \times 10^{-4} \text{ mol } K^+ / L = 5,77 \times 10^{-4} \text{ M}$$

Örnek : 1,02 g/mL yoğunluğundaki bir tuzlu su 17,8 ppm NO_3^- içermektedir. Sudaki nitratın molaritesini hesaplayınız.

$$[NO_3^-] = (17,8 \text{ g } NO_3^- / 10^6 \text{ g}) \times 1,02 \text{ g/mL} \times 1000 \text{ mL/L} \times 1 \text{ mol} / 62,065 \text{ g } NO_3^- = 2,93 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Normalite: Bir litre çözeltide bulunan maddenin eşdeğer gram sayısına denir ve N ile gösterilir.

$$N = \text{çözeltinin eş-g sayısı} / V$$

$$N \times V = \text{çözeltinin eş-g sayısı}$$

$$\text{Eş-g sayısı} = \text{çözünenin kütlesi} / MA / \text{etkin değerlik} = g \text{ çözünen} / \text{eş-g}$$

$$\text{eş-g} = MA / \text{tesir değeri} (\text{etkin değeri})$$

Etkin değeri (tesir değeri); **Bir maddenin bir kimyasal olayda yer değiştiren ya da yer değiştirebilen elektrikselsel yük sayısına tesir değeri denir.** Bu yer değiştiren ya da yer değiştirebilen elektrikselsel yük cinsi ve sayısı asitlerde, bazlarda, tuzlarda ve redoks olaylarında farklıdır.

Bileşikler üç grupta toplayarak tesir değerliğini bulabiliriz.

Asit ve bazlarda;

Asitlerin tesir değeri, 1 mol asidin sulu çözeltiye verebileceği H^+ iyonu sayısıdır.

HCl'in sulu çözeltiye verebileceği H^+ iyonu sayısı 1 dir. Tesir değeri 1 dir.

H_2SO_4 'in sulu çözeltiye verebileceği H^+ iyonu sayısı 2 dir. Tesir değeri 2 dir.

H_3PO_4 'in sulu çözeltiye verebileceği H^+ iyonu sayısı 3 tür. Tesir değeri 3 tür.

Organik asitlerde karboksil grubundaki hidrojen yer değiştirebileceğinden tesir değerliğini karboksil grubu sayısı belirler.

CH_3COOH ' in verebileceği H^+ iyonu sayısı 1 dir. Tesir değeri 1 dir.

Bazlarda tesir değeri, 1 mol bazın sulu çözeltiye verebileceği OH^- iyonu sayısıdır.

KOH in sulu çözeltiye verebileceği OH^- iyonu sayısı 1 dir. Tesir değeri 1 dir.

$Ca(OH)_2$ in sulu çözeltiye verebileceği OH^- iyonu sayısı 2 dir. Tesir değeri 2 dir.

$\text{Al}(\text{OH})_3$ in sulu çözeltiye verebileceği OH^- iyonu sayısı 3' tür. Tesir değeri 3 tür.

Yapısında OH^- iyonu bulundurmeyen bazların tesir değeri, **bir mol bazın aldığı H^+ iyonu sayısı** kadardır.

Amonyak $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$ tepkimesi gereği 1 proton aldığından tesir değeri 1 dir.

Karbonat anyonu $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ tepkimesi gereği 2 proton aldığından tesir değeri 2 dir.

Tuzların tesir değeri; Tuzun bir cins iyonunun toplam yük sayısıdır (bir formül birimi içinde bulunan toplam (+) ya da (-) yük sayısına eşittir).

KCl de $\text{K}^+ + 1$ yüklü veya $\text{Cl}^- - 1$ yüklüdür. Tesir değeri 1'dir.

CaCO_3 ' ta Ca^{2+} yüklü veya CO_3^{2-} yüklüdür. Tesir değeri 2 dir.

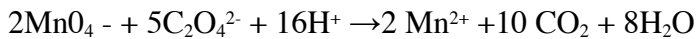
Al_2O_3 te Al^{3+} yüklüdür. Toplam + yük + 6'dır. $\text{O}^{2-} - 2$ yüklüdür. Toplam – yük –6 olacağından, tesir değeri de 6' dır.

Yükseltgenme-indirgenme (redoks) tepkimeleri için etkin (tesir) değeri, alınıp verilen elektron sayısıdır.

$\text{Zn}(\text{k}) + \text{Cu}^{2+}(\text{suda}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{suda}) + \text{Cu}(\text{k})$ redoks tepkimesinde alınan ve verilen elektron sayısı 2 dir. TD = 2 dir.

$\text{MnO}_4^- + 3\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$ tepkimesinde MnO_4^- içindeki manganın değeri +7'den, MnO_2 içinde +4'e indirgendiği için aktarılan elektron sayısı 3'tür. Bu tepkimeye göre MnO_4^- ' in tesir değeri 3 tür ve eşdeğer kütlesi, formül ağırlığının üç e bölünmesiyle bulunur.

Örnek: Saf $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (134,00 g/mol)' den 0,2121 g'lık bir numune 43,31 mL KMnO_4 çözeltisi ile titre ediliyor. KMnO_4 çözeltisinin normalitesi nedir?



Eşdeğerlik noktasında;

$$\text{eş-g Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 = \text{eş-g KMnO}_4$$

$$V(\text{KMnO}_4) \times N(\text{KMnO}_4) = \text{gNa}_2\text{C}_2\text{O}_4 / \text{eş-g Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$$

$$0,4331 \text{ L KMnO}_4 \times N(\text{KMnO}_4) = 0,2121 \text{ g Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 / 134,00 \text{ g/mol Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 / 2$$

$$N = 0,073093 \text{ eş -g/L KMnO}_4 = 0,07319 \text{ N}$$

$$\text{KMnO}_4 \text{ eş-g} = \text{MA}/5$$

$$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{ eş-g} = \text{MA}/2$$

$$\text{Mn}^{2+} \text{ eş-g} = \text{MA}/5$$

$$\text{CO}_2 \text{ eş-g} = \text{MA}/1$$

Günümüzde normalite pek kullanılmamaktadır. Çünkü tesir değeri tepkimeden tepkimeye değişmektedir. Bunun yerine tepkime yazılarak stokiometrik oranlar kullanılmaktadır.

Mol kesri ve mol yüzdesi

Çözeltideki bileşenlerden bir tanesinin mol sayısının toplam mol sayısına oranıdır ve X ile gösterilir.

$$X = n_1 / (n_1 + n_2 + \dots)$$

$$\text{Mol } \% = \% X$$

Örnek: 2 g etil alkol 100 g suda çözülüyor. Etil alkolün mol kesri ve mol yüzdesini hesaplayınız.

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} (46 \text{ g/mol})$$

$$\text{mol} = 2 \text{ g} / 46 \text{ g/mol} = 0,0435 \text{ mol}$$

$$\text{mol (H}_2\text{O)} = 100 \text{ g} / 18 \text{ g/mol} = 5,555$$

$$X = 0,0435 / (0,0435 + 5,555) = 0,0435 / 5,5985 = 0,00777$$

$$\% X = 100 \times 0,00777 = 0,777$$

Çözeltilerin seyreltilmesi

Örnek: % 28,0 (w/w)'lık NH_3 içeren amonyum hidroksit çözeltisinin yoğunluğu 0,899 g/mL dir.

9,00 mL 0,100 M NH_3 çözeltisi hazırlamak için kaç mL derişik amonyak çözeltisi alınmalıdır? (MA $\text{NH}_3 = 17,03$)

$$\text{g çözelti} = (0,899 \text{ g / mL}) 1000 \text{ mL} = 899 \text{ g / L çözelti.}$$

$$\text{g NH}_3 = (28,0 \text{ g NH}_3 / 100 \text{ g çöz.}) \times 899 \text{ g / L çöz.} = 251,72 \text{ g NH}_3$$

$$\text{mol NH}_3 = 251,72 \text{ g NH}_3 / 17,03 \text{ g/mol} = 14,78 \text{ mol} = 14,8 \text{ mol / L}$$

$$(14,8 \text{ M}) \times (V_{\text{der}}) = (0,100 \text{ M}) \times (9,00 \text{ mL})$$

$$V_{\text{der}} = 0,06 \text{ mL}$$

Örnek : % 98'lik yoğunluğu 1,84 g/mL olan H_2SO_4 çözeltisinden 0,2 N 500 mL'lik nasıl hazırlanır?

$$\text{g çözelti} = 1840 \text{ g}$$

$$\text{g H}_2\text{SO}_4 = (98 \text{ g H}_2\text{SO}_4 / 100 \text{ g çöz}) \times 1840 \text{ g çöz} = 1803,2 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

eş-g sayısı = Maddenin kütlesi / MA/TD = 1803,2 g H₂SO₄/ 98 /2 = 36,8

N = 36,8 eş-g sayısı / 1 L

(C₁) x (V₁) = (C₂) x (V₂)

0,2 N x 500 mL = 36,8 N x V₂

V₂= 2,72 mL H₂SO₄ balonjojeye bir miktar su ve suyun üzerine 2,72 mL H₂SO₄ ilave edilir.
500 mL ye suyla tamamlanır.

Örnek: İçinde hacimce % 40 (v/v) alkol bulunan 1,5 litre çözelti % 95'lik alkolden nasıl hazırlanır.

Tanıma göre 100 mL alkol çözeltisinde 40 mL saf alkol bulunması istenilmektedir.

O halde 1,5 litre için (1500 mL x 0,4 = 600 mL) 600 mL saf alkol gereklidir. 600 mL saf alkol % 95'lik alkolde (600 mL alkol / 95 mL çöz) x100 mL çöz = 631,5 mL' ye denk gelir. Buna göre çözeltiyi hazırlayabilmek için 631,5 mL % 95'lik alkol alınır ve saf su ile 1,5 litreye tamamlanır.

p-fonksiyonu

p-değeri, bir türün molar derişiminin 10 tabanına göre negatif logaritmasıdır. Bu nedenle, bir X türünün p-değeri aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$pX = -\log [X]$$

p-değerleri, binlerce kat mertebesinde değişen derişim degerlerini, küçük pozitif sayılarla ifade etme avantajı sağlar.

Örnek: 5,4 x 10⁻⁴ M HCl ve 2,00 x 10⁻³ M NaCl içeren bir çözeltide her bir iyonun derişimini p-fonksiyonu olarak hesaplayınız.

$$pH = -\log [H] = -\log (5,4 \times 10^{-4}) = 3,27$$

$$pNa = -\log (2,00 \times 10^{-3}) = 2,699$$

Toplam Cl⁻ derişimi, iki çözünenin derişimlerinin toplamıyla verilir:

$$[Cl^-] = 2,00 \times 10^{-3} M + 5,4 \times 10^{-4} M$$

$$= 2,00 \times 10^{-3} M + 0,54 \times 10^{-3} M = 2,54 \times 10^{-3} M$$

$$pCl = -\log 2,54 \times 10^{-3} = 2,595$$

Yoğunluk ve Özgöl Ağırlık

Bir maddenin birim hacminin kütlesine **yoğunluk** denir. SI birim sisteminde yoğunluk birimi kg/L ’ dir. Yoğunlukla g/mL kullanılır. Belirli hacimde bir maddenin kütlesinin, aynı hacimdeki suyun 4°C 'deki kütlesine oranına **özgül ağırlık** denir ve birimsizdir. Bu nedenle, özgül ağırlık, ticari malların tanımlanmasında çok yaygın olarak kullanılır. Suyun yoğunluğu yaklaşık $1,00 \text{ g/mL}$ olduğu için özgül ağırlık ve yoğunluk birbirini yerine kullanılabilir.

Örnek: Özgül ağırlığı 1,42 olan % 70,5 (w/w)’ lik HNO_3 (63,0 g/mol) çözeltisinin molar derişimini hesaplayınız.