

Likidoei eta gasen **fluidoak** edo **jariakinak** deritze, erraz jaria daitezkeelako ontzi batetik bestera.

1. Materiaren agregazio-egoerak

Materia nonahi dago, eta nahikoa da ingurura begiratzea haren aniztasunaz ohartzeko. Izan ere, materiaren itxura orokorra, forma, propietate bereizgarriak eta abar era askotan ager daitezke.

Hala ere, inguruan dugun **materia** guztia hiru multzotan sailkatzen da: **solidoa**, **likidoa** edo **gaseoso**. Edozein gorputz material, ura adibidez, hiru **agregazio-egoera** horietako batean egongo da, ingurunearen ezaugarrien arabera.

1.1. Agregazio-egoeren ezaugarriak

Egoera solidoa

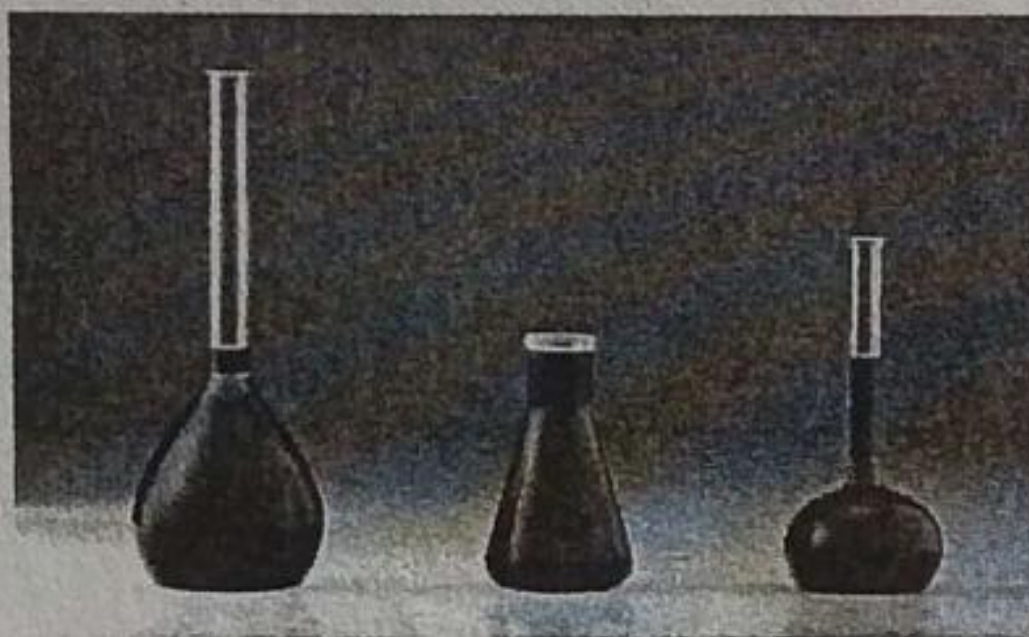
Solidoen bereizgarria **forma** eta **bolumen konstanteak** dira.



Beharrezkoa da oso indar handia aplikatzea solidoak **deformatzeko** edo **apurtzeko**.

Egoera likidoa

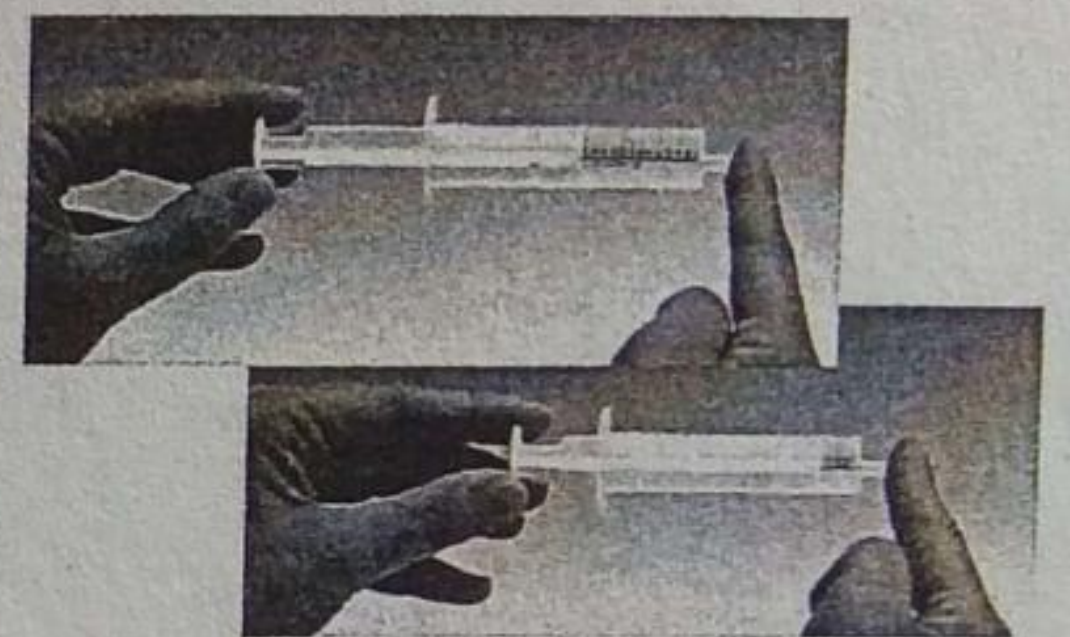
Likidoen bereizgarriak **bolumen konstantea** eta dauden ontziaren **formara egokitzeko** ahalmena dira.



la **konprimiezinak** dira.

Egoera gaseoso

Gasen bereizgarria **forma** eta **bolumen aldakorak** dira.

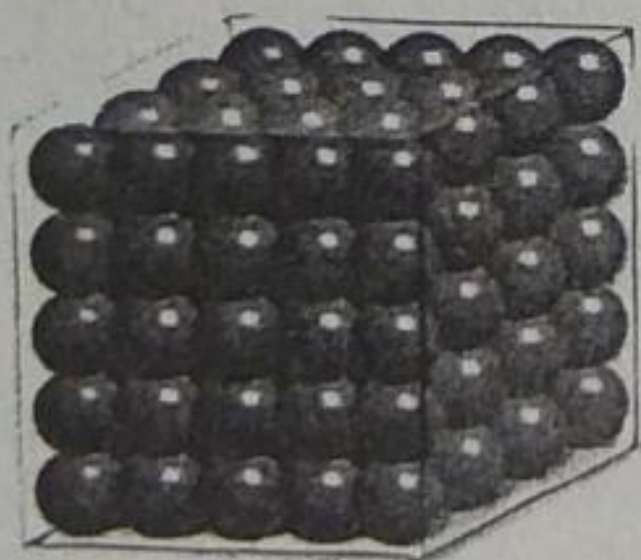


Erraz **konprimitu** eta **heda** daitezke.

Gasen propietateak azaldu nahian sortutako teoriaren arabera, **materia** oso partikula txikiz osaturik dago. Ondorengo zientzialariek teoria hura osatzeko eta solido nahiz likidoetara ere zabaltzeko egin zituzten ekarpenek **materiaren eredu zinetiko-molekularra** agerrarazi zuten.

1.2. Materiaren eredu zinetiko-molekularra

Egoera solidoa



Partikulak elkarrengandik oso **hurbil** daude, eta etengabe **bibratzen** dute, baina ez dira **tokiz aldatzen**.

Tenperatura igoz gero, partikulak gehiago mugitzen dira beren oreka-posizioaren inguruan, eta gutxiago, berriz, **tenperatura jaitsean**.

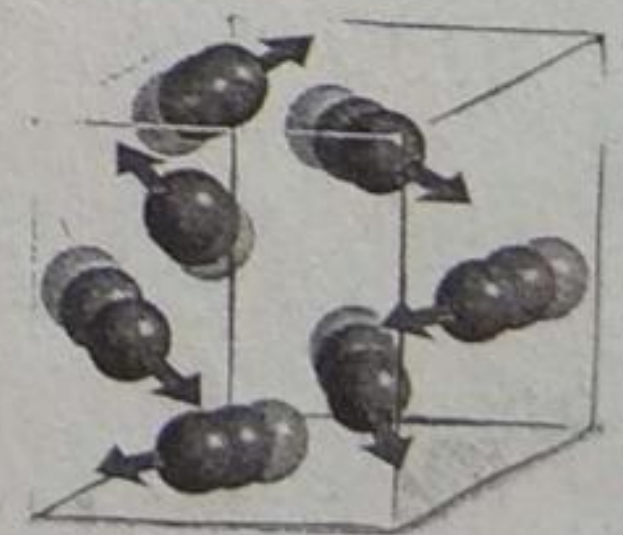
Egoera likidoa



Partikulak elkarrengandik **hurbil** daude, baina **ez dute posizio finkorik**.

Etengabe eta norabide guztietara mugitzen dira, baina bata bestetik **gehiegi aldendu gabe**.

Egoera gaseoso



Partikulak oso **urrun** daude **elkarrengandik**.

Dauden ontziak baino askoz bolumen txikiago dute, baina alde guztietara mugitzen direnez, **osorik betetzen** dute ontziaren bolumena.

Eredu zinetiko-molekularrari esker, agregazio-egoeren beste propietate batzuk argitu dira:

- Solidoak likidoak baino dentsuagoak izaten dira, eta likidoak gasak baino askoz dentsuagoak.
- Likidoek zein gasek *difusio*- edo *barreiatze*-ahalmen handia dute; hots, bi gasek edo bi likidok elkar ukituz gero, nahasteko joera dute.

1.3. Egoera-aldaketaren teoria zinetiko-molekularra

Presioaren eta temperaturaren gorabeheren ondorioz, agregazio-egoera batetik bestera pasatzen da.

Temperatura handituz

Solidoaren partikulek gehiago bibratzen dute, hurbilentz dituzten partikulen erakarpén-indarrak gaintitu arte. Puntu horretara iritsita, *likidoen* partikulak bezala higituko dira.

Likidoaren partikulak askeago eta gehiago higituko dira, beste partikulen erakarpén-indarra gaintitu arte. Puntu horretara iritsita, *gasen* partikulak bezala higituko dira.



Likidoaren partikulak astiroago higituko dira, alboko partikulen erakarpén-indarrek heldzen dieten arte. Hortik aurrera, posizio finkoa izango dute, eta bertan bibratu baino ez dute egingo.

Gasaren partikulak astiroago higituko direnez, inguruko aldamentetik pasatzean, multzoaren erakarpén-indarrek atxiki egingo dituzte.

Temperatura txikituz

JARDUERAK

1. Materiaren teoria zinetiko-molekularrean oinarrituz, eman jarraian deskribatzen diren gertaera hauen azalpena:
 - Solidoak eta likidoak ia konprimiezinak dira.
 - Gasak konprimitu eta hedatu egin daitezke.
 - Likidoak eta gasak jariatu egin daitezke. Solidoak, aldiz, ez.
 - Likidoek eta gasek forma aldakorra dute.
 - Gasen dentsitatea likidoena eta solidoena baino askoz txikiagoa da. Likidoen dentsitatea solidoena baino txikiagoa izaten da.
 - Gasak hermetikoki itxitako ontzietan gordetzen dira. Likidoak eta solidoak, berriz, atmosferara irekitako ontzietan gorde daitezke.
2. Azaldu zergatik bihurtu daitekeen solido bat likido nahikoa berotuz gero.
 - Eta zergatik solidotzen dira likidoak hozten direnean?
3. Esan zer den sublimazio-prozesua, eta azal ezazu materiaren teoria zinetiko-molekularrean bidez.
4. Gasek presioa egiten dute haien partikulek talka egiten dutelako ontziaren paretetan.
 - Errepidean ibiltzean, pneumatikoek barne-presio handiagoa dute, marruskadurak berotu egiten dituelako. Zergatik gertatzen da hori?
5. Badago materiaren laugarren agregazio-egoera bat, plasma deritzona. Bilatu informazioa eta azaldu zein diren plasma egoeraren ezaugarriak.

ADI!

Substantzia purua kontzeptuak adiera desberdinak ditu kimikan eta merkataritza-alorrean.

Behi-esne purua ez da 'substantzia purua', esne hutsa baizik, gehigarriekin aizundu gabea, alegia.

2. Substantzia materialen sailkapena


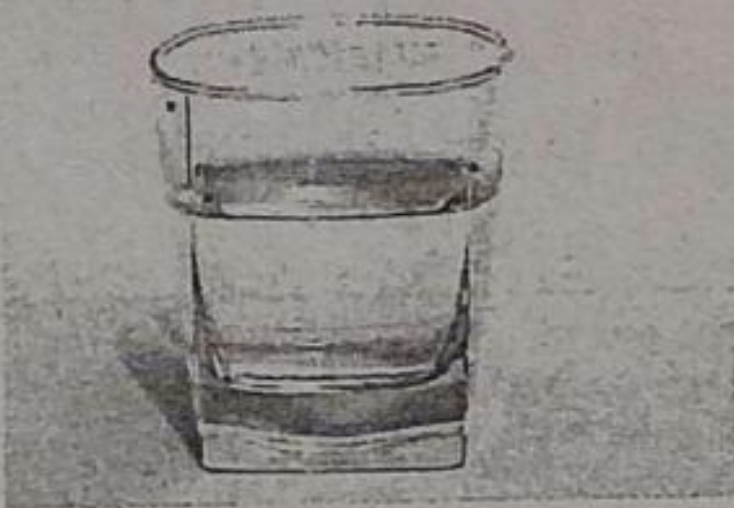


Naturan hainbeste substantzia egonik, sailkatu egin behar dira hobeto aztertzeko.

Era erraz eta emankorra dago substantziak bereizteko: beste substantzia bakunagotan banandu daitezkeen ala ez begiratzea, eta banantzerik baldin badago, hori egiteko metodoa.

Irizpide horri helduz, sailkapen hau ezarri da:

Materia

Bi multzotan sailka daiteke:

Substantzia puruak		Substantzia puruen nahasteak	
<ul style="list-style-type: none"> Konposizio finkoa eta propietate konstante eta bereizgarriak dituzte. Ezin dira substantzia bakunagotan banandu prozesu fisikoen bitartez. 		<ul style="list-style-type: none"> Konposizio eta propietate aldakorrak dituzte. Substantzia bakunagotan banandu daitezke, prozesu fisikoen bidez. 	
Motak		Motak	
Elementuak Deskripzioa	Konposatuak Deskripzioa	Nahaste homogeneoak Deskripzioa	Nahaste heterogeneoak Deskripzioa
<p>Substantzia puruak dira, eta ezin dira beste substantzia bakunagotan deskonposatu.</p>  <p>Adibideak: urrea, sufrea, burdina, kobrea, oxigenoa, merkurioa...</p>	<p>Substantzia puruak dira, eta beste substantzia bakunagotan banandu daitezke.</p>  <p>Adibideak: ura, sodio kloruroa, butanoa, azido sulfurikoa...</p>	<p>Nahasteak dira, eta propietate eta konposizio berberak dituzte puntu guztietan.</p>  <p>Adibideak: ura kobre (II) sulfatoarekin, gasolina, airea, kafea...</p>	<p>Nahaste hauen propietateak eta konposizioa aldatu egiten dira puntu batetik bestera.</p>  <p>Adibideak: granittoa, zementua, ozpin-olioa, hondartzako harea...</p>

JARDUERAK

6. Esan substantzia hauek zer diren, nahaste homogeneoak, nahaste heterogeneoak edo substantzia puruak: granittoa, gasolina, itsasoko ura, butanoa, airea, kea, silizioa, tinta txinatarra, esnea, oliba-olio purua, karbonoa, diamantea, ardoa, txorrotako ura, ur destilatua, egurra, pintura, aluminioa eta altzairua.

7. Ura bota dugu bost sailoditan, eta bakoitzean, substantzia hauetako bat: azukrea, etil alkohola, burdinaren lima-hautsa, ozpina eta harea. Nahasteak astindu ditugu.

— Esan zer kasutan eratu den nahaste homogeneoa.

03 Lege ponderalak

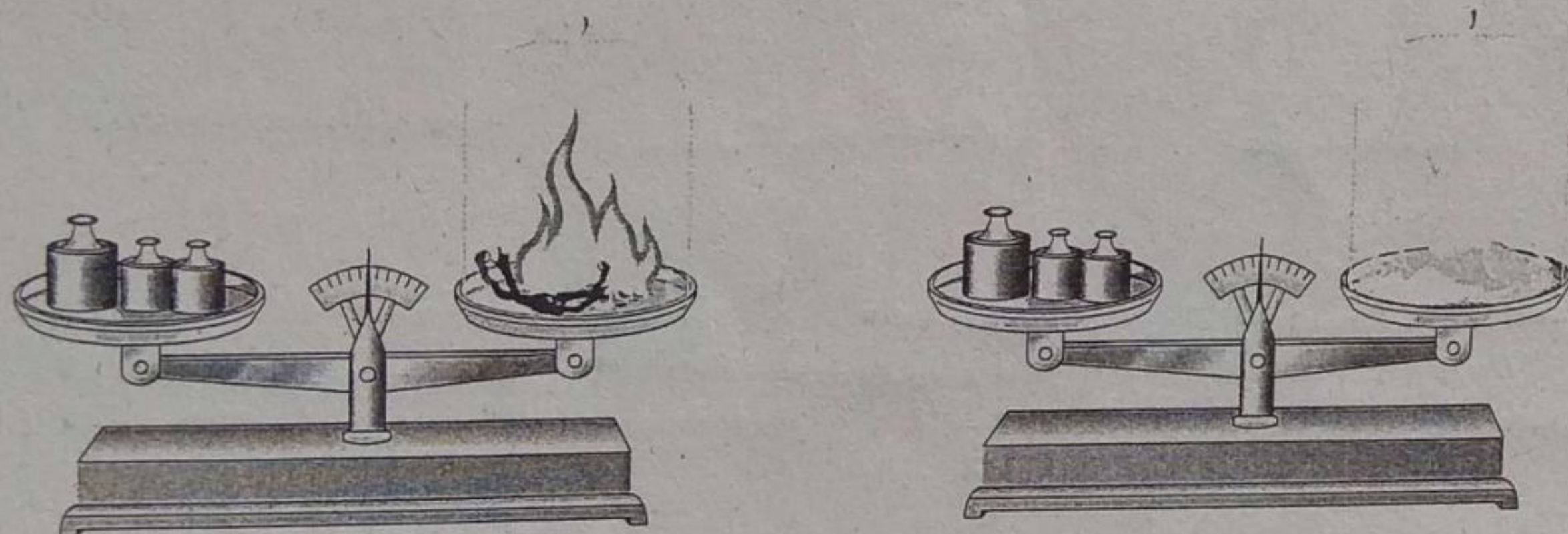
XVIII. eta XIX. mendeetan, kimikak aurrerapen handia egin zuen, erreakzio kimikoetako substantzien kantitateen arteko erlazioak azaltzen saiatu ziren zientzialari batzuei esker: Lavoisierrek, Proustek eta Daltonek, esperimentuetan oinarrituta, lege ponderal deritzen lege multzoa enuntziatu zuten.

Masaren kontserbazioaren legea

A. L. Lavoisier kimikari frantsesak, Pariseko kale argiteriaren teknikak hobetzeko asmoz, errekontzan jarri zuen bere ikerketen arreta nagusia. Airearen konposizioa ikertu zuen, aire kantitate jakin bat zeukan ontzi itxi batean merkurioa berotuz. Ikusi zuen metalaren gainean kaltzinatu geruza bat agertzen zela, harik eta erreakzioak bilakatzeari uzten zion arte. Neurketen doitasunaren garrantziaz jabetuta, erreakzioaren aurretik eta ondoren neurtu zituen substantzien masak. Multzo osoak (metala, kaltzinatua, airea eta ontzia) berdin pisatzen zuen berotu ondoren eta prozesuari ekin aurretik.



Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794). Lavoisierrek kimikari egindako ekarpenik garrantzitsuena materiarekin egindako esperimentazio-prozesuetako neurketa zehatzak dira, segur aski. Haiei esker enuntziatu zuen masaren kontserbazioaren legea.



Airearen konposizioa ikertzeko Lavoisierrek egindako esperimentua

Hala, 1789an, kimikako lehen legetzat har daitekeena enuntziatu zuen Lavoisierrek. Legeak haren izena darama, eta masaren kontserbazioaren lege ere baderitzo:

Lavoisierren legeak edo masaren kontserbazioaren legeak dio sistema isolatu baten masa ez dela aldatzen haren barruko transformazioak gora-behera.

Lege hori erreakzio kimikoei aplikatuz gero, masaren kontserbazioaren legea honela adieraz daiteke: hasierako substantzien edo erreaktiboen masa amaierako substantzien edo produktuen masaren berdina da:

erreaktiboak (hasierako substantziak) → produktuak (amaierako substantziak)

$$m_{\text{erreaktiboak}} = m_{\text{produktuak}}$$

Lavoisierren legea handik urteetara berretsi zuen Hans Henrich Landolt suitzar kimikariak (1831-1910), zeinak saiakuntza zorrotz bat egin baitzuen 1908an, substantzien disoluzioak eta balantza oso sentikorra eta doitasun handikoa erabiliz. Landoltek Lavoisierren emaitza berak lortu zituen.



Erreakzio kimikoetan, masa beti mantentzen da konstante.

Proporzio finkoen legea

Louis Joseph Proustek substantzia batzuen konposizioa ikertu zuen. Haren helburua zen ezartzea ea substantzia bakoitzak konposizio finko bat zuen edo ea materia edozein proporziotan konbina zitekeen, garai hartako zientzialari batzuek esaten zuten bezala. Ondoren, bere esperimntuen emaitzak orokortu zituen beste lege ponderaletako bat enuntziatuz:

▶ **Prousten legeak** edo **proporzio finkoen legeak** dioenez, bi elementu edo gehiago elkartzen direnean konposatu jakin bat eratzeko, beren masen proporzio konstante baten arabera elkartzen dira, hasierako masak eta konposatua lortzeko baliatutako prozesua gorabehera:

$$\frac{1. \text{elementuaren masa}}{2. \text{elementuaren masa}} = \text{konstante}$$

Adibidez, bi ur lagin analizatzean, emaitza hauek lortzen dira:

Uraren masa	Hidrogenoaren masa	Oxigenoaren masa
18 g	2 g	16 g
50 g	5,56 g	44,44 g

Datuen analisiak erakusten du beti balio bera duela hidrogenoaren eta oxigenoaren masen arteko erlazioak, analizatutako ur kantitatea gorabehera.

$$\frac{m(\text{H})}{m(\text{O})} = \frac{2 \text{ g}}{16 \text{ g}} = \frac{5,56 \text{ g}}{44,44 \text{ g}} = 0,125$$

Claude Louis Berthollet (1748-1822) frantziar kimikariak ez zuen berehala onartu lege hori; haren zehaztasuna zalantzan jartzen zuen, ikusi baitzuen ezin zuela egiaztatu substantzia batzuetan. 1807an, Prousten legearen zehaztasuna onartu zen, nahiz eta konposatu solido batzuek, bertolido deritzenek, ez duten betetzen.

ADIBIDEA

Halitaren lagin bat analizatzen da, 70 g-koa. Halita minerala sodio kloruroz (NaCl) osatuta dago; 27,62 g sodio (Na) lortzen dira, eta gainerakoa kloroa (Cl) da. Itsasoko uraren 1 L lurruntzen da eta 35 g NaCl lortzen dira; horietatik, 13,76 g sodio elementu kimikoarenak dira. Ikusi ea Prousten legea betetzen den.

• Bi laginetako kloro masak kalkulatu dira:

$$m = 70 \text{ g} - 27,62 \text{ g} = 42,38 \text{ g Cl, halitan}$$

$$m = 35 \text{ g} - 13,76 \text{ g} = 21,24 \text{ g Cl, itsasoko urean}$$

Sodio masaren eta kloro masaren arteko erlazioa lortzen da lagin bakoitzean. Halitaren kasuan:

$$\frac{\text{Na-aren } m}{\text{Cl-aren } m} = \frac{27,62 \text{ g}}{42,38 \text{ g}} = 0,65$$

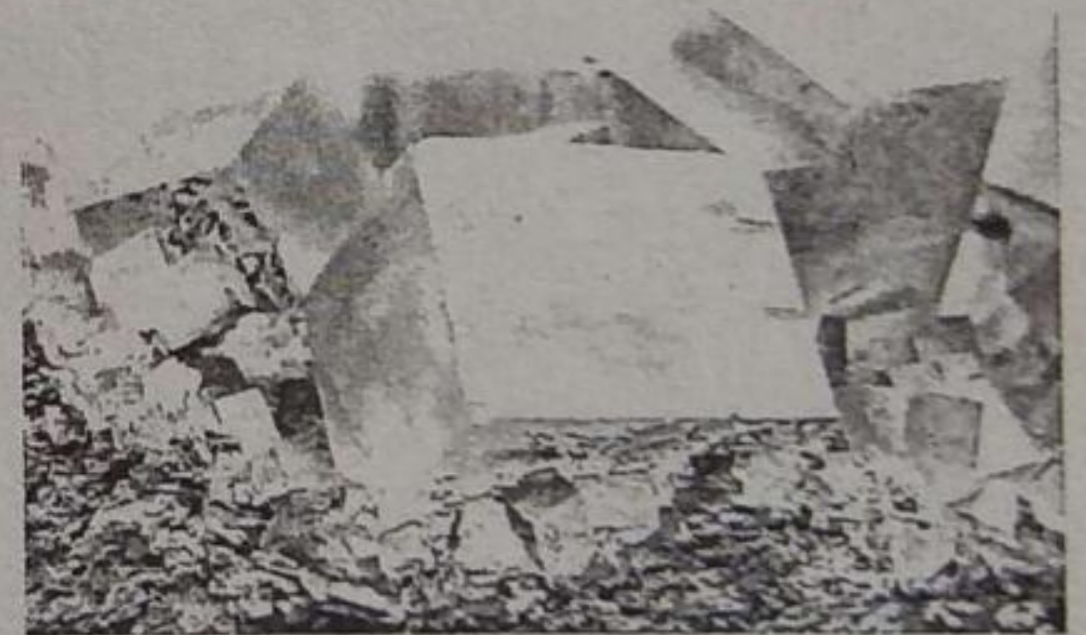
Itsasoko uraren kasuan:

$$\frac{\text{Na-aren } m}{\text{Cl-aren } m} = \frac{13,76 \text{ g}}{21,24 \text{ g}} = 0,65$$



LOUIS PROUST
(Chimiste),
membre de l'Académie des Sciences.
Né à ... (Paris) le ...

▶ **Louis Joseph Proust (1754-1826).** Frantziako Iraultzan, Espainian egin zituen ikerketak Proustek.



▶ Halita minerala (NaCl)

Kloro eta sodio elementuak proporzio berean konbinatzen dira beti NaCl konposatua eratzeko, substantzia hori dagoen ingurunea gorabehera. Beraz, betetzen da Prousten legea.

Proporzio anizkoitzen legea

1803an, John Dalton ingeles kimikariak lege berri bat enuntziatu zuen bi elementu kimiko zenbait konposatu desberdin eratzeko elkartzen direnean zer gertatzen den azaltzeko.

☒ **Proporzio anizkoitzen legeak** edo **Daltonen legeak** dioenez, bi elementu zenbait elementu desberdin eratzeko elkartzen direnean, elementu baten kantitatea finkoa izanik, beste elementuaren kantitateen arteko erlazioa osoko zenbaki bakunek osatzen dute.

Nitrogenoaren oxidoekin egiazta daiteke Daltonen legea:

Nitrogenoaren masa	Oxigenoaren masa	Konposatua
14 g	32 g	NO ₂
14 g	16 g	NO
28 g	16 g	N ₂ O

Aurreko taulari begiratuta, ikusten da nitrogenoa eta oxigenoa nitrogeno dioxidoa eta nitrogeno oxidoa eratzeko elkartzen direla, besteak beste. Nitrogeno kantitatea berdina bada (14 g), bi konposatu horiek eratzeko behar den oxigeno kantitateen arteko erlazioa osoko zenbaki bakunek osatzen dute:

$$\frac{32 \text{ g}}{16 \text{ g}} = \frac{1}{2}$$

Orobat betetzen da Daltonen legea oxigenoaren masa konstante mantenduta (16 g) eta nitrogeno oxidoa eta dinitrogeno oxidoa eratzeko behar den nitrogeno masen arteko erlazioa ezarrita (hurrenez hurren, 14 g eta 28 g):

$$\frac{14 \text{ g}}{28 \text{ g}} = \frac{1}{2}$$

ADIBIDEA

Burdina oxigenoarekin konbinatzen da, eta bi oxido ematen ditu: burdina(II) oxidoa eta burdina(III) oxidoa. 100 g burdina dauzkagu.

a. Kalkulatu oxigenoaren zer masa behar den oxido bakoitza eratzeko.

☉ Burdina(II) oxidoan (FeO), oxigenoaren masa adierazpen honen bidez kalkulatzen da:

$$\frac{55,8 \text{ g Fe}}{16 \text{ g O}} = \frac{100 \text{ g Fe}}{\text{O-aren } m} \Rightarrow m = 28,67 \text{ g O, FeO-an}$$

Burdina(III) oxidoan (Fe₂O₃), oxigenoaren masa adierazpen honen bidez kalkulatzen da:

$$\frac{111,6 \text{ g Fe}}{48 \text{ g O}} = \frac{100 \text{ g Fe}}{\text{O-aren } m} \Rightarrow m = 43,01 \text{ g O, Fe}_2\text{O}_3\text{-an}$$

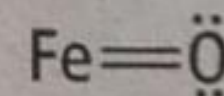
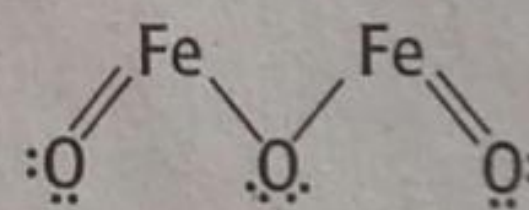
b. Frogatu Daltonen legea betetzen dela.

☉ 100 g burdina hartu ditugu. Beraz, oxigeno masen arteko erlazioa osoko zenbaki bakunek osatzen dela egiaztatu behar dugu:

$$\frac{28,67 \text{ g O}}{43,01 \text{ g O}} = \frac{1}{1,5} = \frac{2}{3}$$



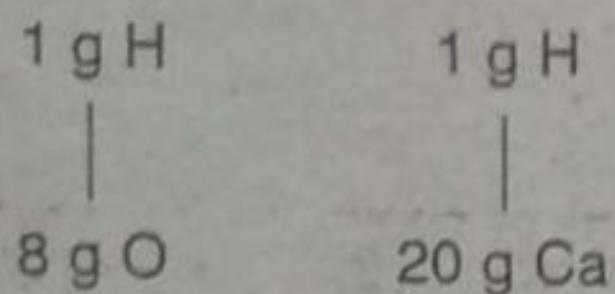
☒ John Dalton (1766-1825). Prousten lanetan eta bere ikerketetan oinarritu zen proporzio anizkoitzen legea emateko.



☒ Fe₂O₃-aren eta FeO-aren egitura molekularrak

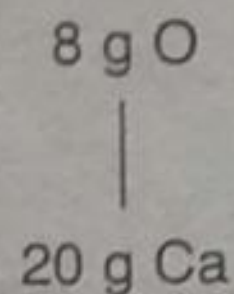
Prousten legea aplikatzen da, eta konposatuen formula kimikoa zein den jakin beharra dago.

Daltonen legeak dio elementuetako baten kantitateak finkoa izan behar duela.

ADI!

1 g hidrogenok, 8 g oxigenorekin konbinatuta, H₂O-a eratzen du, eta 20 g kaltziorekin, CaH₂-a.

Oxigenoa eta kaltzioa elkarrekin konbinatzen direnean, bien arteko erlazioa honako hau da: 8 g oxigeno 20 g kaltzioko.



Elementu berberak, bestalde, *konbinazio-masa bat baino gehiago* izan ditzake, osatzen duen konposatuaren arabera.

- CO-an, adibidez, karbonoak +2 oxidazio-zenbakia du, eta masa baliokide hau, gutxi gorabehera: $12/2 \text{ g} = 6 \text{ g}$.
- CO₂-an, ordea, karbonoaren oxidazio-zenbakia +4 da, eta masa baliokidea, gutxi gorabehera, honako hau: $\frac{12}{4} \text{ g} = 3 \text{ g}$.

3.4. Proportzio baliokideen legea

J. B. Richter kimikari alemaniarra (1762-1807) ohartu zenez, elementu baten masa berberarekin konbinatzen diren elementu desberdinen masen artean erlazio bat betetzen da, nahiko interesgarria.

Datu esperimentalen arabera, 1 g hidrogeno, 8 g oxigeno eta 20 g kaltzio *kantitate kimikoki baliokidetzat jo daitezke, elkarrekin konbinatu ez ezik elkar ordeztu ere egin baitezakete konposatuetan*. Egiaztapen horretan oinarrituta, Richter-ek, 1802an, *proportzio baliokideen edo konbinazio-masen legea* proposatu zuen.



Elementu baten masa kantitate berarekin konbinatzen diren beste elementu batzuen masa kantitateek adierazten dute zer masa-erlazio betetzen den elementu horiek elkarrekin konbinatzen direnean, edo bestela, erlazioaren multiplo edo azpimultiplo errazak.

Lege horretatik elementuen *masa baliokidea* kontzeptua ondorioztatu zen. Oxigenoa edo hidrogenoa erreferentziatzat hartuta, masa baliokidea honela definitzen da:



Elementu baten masa baliokide edo gramo-baliokidea deitzen zaio 8,0 g oxigenorekin edo 1,008 g hidrogenorekin konbinatzen den elementu horren masari.

Kontzeptu horren haritik, legea honela ere azaldu daiteke:



Bi elementu elkarrekin konbinatzen direnean, bakoitzetik bere masa baliokidea konbinatzen da, edo kantitate proportzionala.

Erraz egiazta daitekeenez, **masa baliokidea** edo konbinazio-masa, *gramotan, elementuaren masa atomikoaren eta haren balentziaren arteko zatidura da.*

ADIBIDEA

Bi substantziaren lagin bana aztertuta, lehenak 4,563 g sulfre eta 0,287 g hidrogeno ditu, eta bigarrenak, 1,327 g sulfre eta 1,006 g magnesio. Kalkulatu magnesioaren masa baliokidea.

— Datuak: Lehen konposatua: 4,563 g S + 0,287 g H

Bigarren konposatua: 1,327 g S + 1,006 g Mg

— Sulfrearen masa baliokidea kalkulatzeko, lehen konposatuaren datuez baliatuko gara:

$$\text{S-aren masa baliokidea} = 1,008 \text{ g H} \cdot \frac{4,563 \text{ g S}}{0,287 \text{ g H}} = 16,026 \text{ g S}$$

— Datu hori eta bigarren konposatuari dagozkionak erabiliz, magnesioaren masa baliokidea lortuko dugu:

$$\text{Mg-aren masa baliokidea} = 16,026 \text{ g S} \cdot \frac{1,006 \text{ g Mg}}{1,327 \text{ g S}} = 12,149 \text{ g Mg}$$

Magnesioaren masa baliokidea: **12,149 g.**

$$M \text{ baliokidea} = \frac{M \text{ atomikoa}}{B \text{ alentzia}}$$

04 Daltonen teoria atomikoa

Masaren kontserbazioaren legean, proportzio finkoen legean eta proportzio anizkoitzen legean oinarrituta, Daltoni materiaren eraketaren azalpen bat bururatu zitzaion. 1808an, **hipotesi atomikoa** argitaratu zuen; postulatu hauek dauzka:

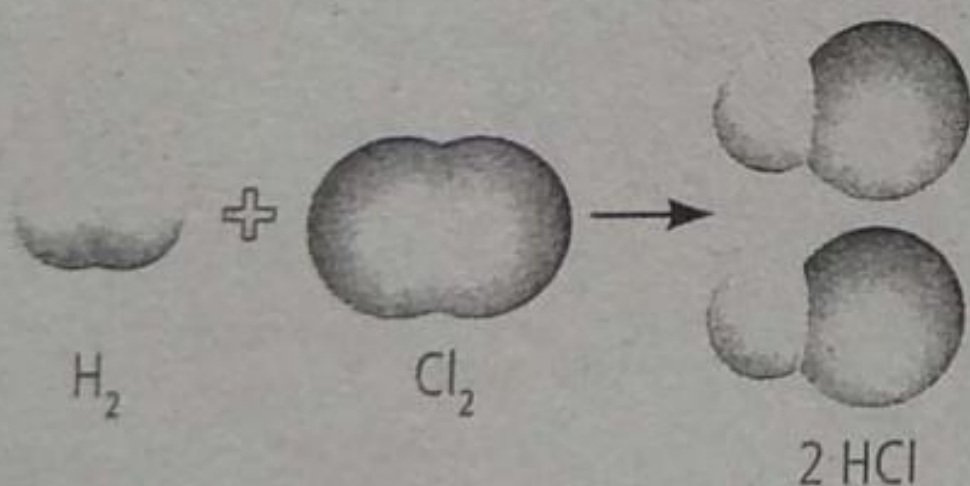
- Materia **atomoz** eratuta dago, eta atomoak partikula oso txiki, zatiezina eta suntsiezinak dira.
- Elementu beraren atomoek ezaugarri berak dituzte —alegia, masa eta propietate berak dituzte—, eta ezaugarri horiek, beste elementuen atomoen masarekin eta propietateekin alderatuta, desberdinak dira.
- Elementu kimiko desberdinen atomoak elkartu egiten dira, eta konposatu kimikoak eratzen dituzte; haien arteko proportzioa osoko zenbaki bakunek osatzen dute.
- Transformazio kimikoetan, atomoak ez dira aldatzen (ez dira sortzen, ez suntsitzen); berrelkartu soilik egiten dira.

Lege ponderalen frogabidea

Daltonen hipotesiaren postulatuak lege ponderalak azaltzen zituzten:

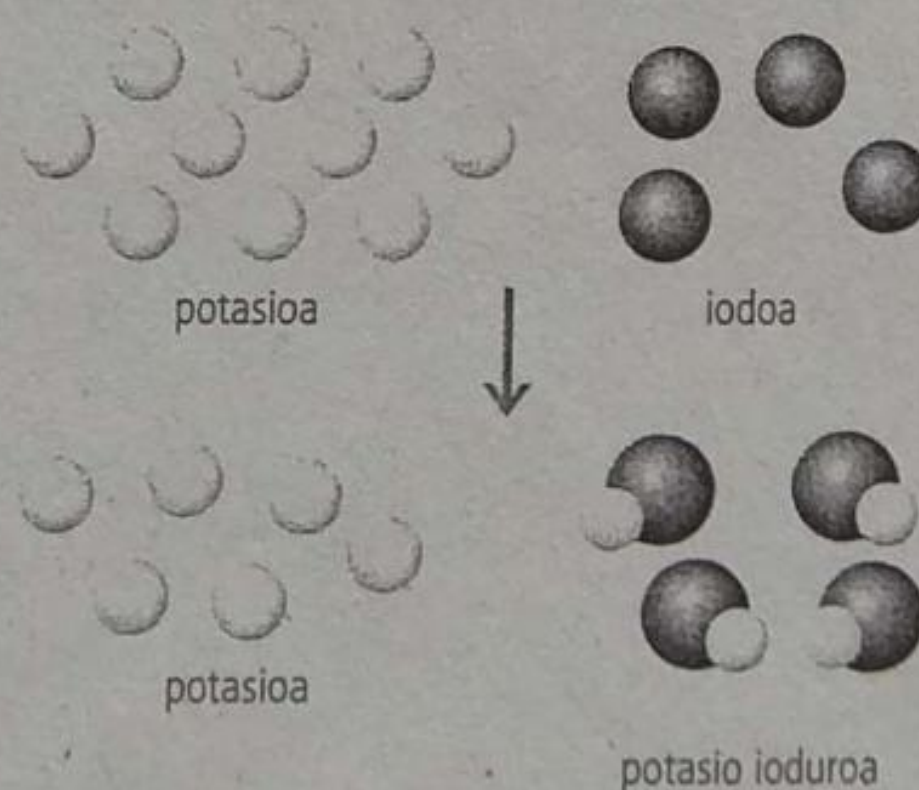
Masaren kontserbazioaren legea

Materia atomoz eratuta dago, eta, erreakzio kimikoan, atomo horiek ez dira eraldatzen, baizik eta berrantolatu egiten dira. Elementu kimiko bakoitzeko atomoen kopurua berdina da erreaktiboetan eta produktuetan, eta, beraz, haien masak ere berdinak dira.



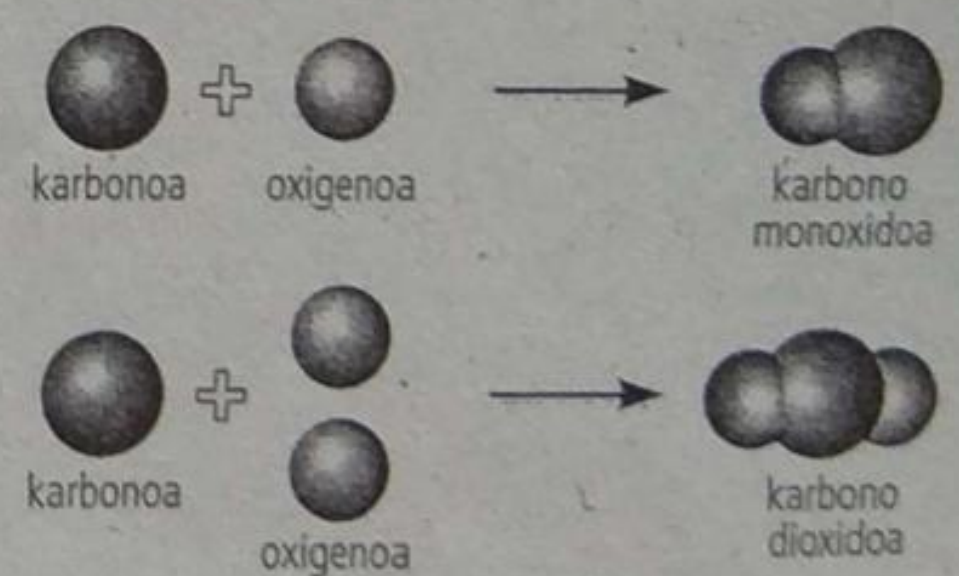
Proportzio finkoen legea

Konposatua elementu kimiko bakoitzeko atomo kopuru jakin batez eratuta badago eta atomo bakoitzak beti masa bera badu, konposatua eratzen duten elementuen masen arteko erlazioa konstantea da.



Proportzio anizkoitzen legea

Atomoen zatiezintasunean datza: elementu baten masa atomo bati dagokiona dela jotzen bada, harekin konbinatzen den beste elementu baten masak atomo kopuru oso bati dagozkie, eta inoiz ez zatiki bati; horregatik, haien arteko erlazioa osoko zenbaki bakunetz osatuta dago.



Gaur egun, oso gaindituta dago Daltonen teoria. Badakigu atomoak zatigarriak direla; bereizten dituen ezaugarria ez dela masa, baizik eta zenbaki atomikoa; eta, isotopoak daudenez, elementu baten atomo guztiek ez dutela masa bera. Daltonek bigarren ordenako atomo deitu zien konposatuei; gaur egun, molekula deritzegu atomoak elkartzean eratzen diren partikulei. Hori guztia horrela izanik ere, teoria ontzat hartzen da, aldaketa kimikoetan.



Daltonen hipotesiaren onarpena ez zen batiere zabala izan, eta atomoen existentzia esperimenterki berretsi ondoren soilik pasatu zen teoriaren kategoriara.

5. Avogadro-ren printzipioa

Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) kimikari frantsesak aztertu zuen zein den erreakzio batean diharduten gasen bolumenen arteko erlazioa. Horren fruitu, 1808an **konbinazio-bolumenen legea** eman zuen, **Gay-Lussac-en legea** deritzona:

Erreakzio kimiko batean parte hartzen duten **substantzia gaseosoen bolumenak presio eta temperatura berberetan neurtuz gero, haien artean zenbaki oso eta bakunen erlazio bat dago.**

Lege esperimental horrek adierazten digunez, gasen bolumenek proportzio baten arabera dihardute konposatuak eratzean ere (1. taula).

Gasen arteko erreakzioetan ageri ziren erlazio bolumetriko horiek arrazoitzeke, kimikari italiar batek, Amadeo Avogadro-k (1776-1856), hipotesi hau proposatu zuen 1811n, gaur egun **Avogadro-ren printzipioa** deritzona:

Gas desberdinen **bolumen berdinek, presio eta temperatura berberetan neurtuz gero, partikula kopuru bera dute.**

Printzipio horren haritik jarraituz, gas batzuen partikulak ez dira atomoak, atomoen agregatuak baizik, Avogadro-k **molekulak** deituak. Horren arabera, elementuen atomoak elkartu egiten dira elementuaren **molekulak** eratzeke (1. ird.).

Azaldutakoa ekarpen garrantzitsua izan zen, Dalton-en teoriak bakarrik hartzen baitzituen kontuan elementu atomobakarrak.

5. ADIBIDEA

Erreparatu 1. irudiari, eta jo ezazu gas guztiak presio eta temperatura berberetan neurtu direla. Horren arabera, kalkulatu:

- a) Zenbat litro oxigenok erreakzionatzen duten 8 L hidrogenorekin. **4 l**
 b) Zenbat litro ur lor daitezkeen erreakzioan. **4 l**

- a) 1. irudiaren arabera, 2 hidrogeno-bolumenek 1 oxigeno-bolumenekin erreakzionatzen dute. Proportzioa aplikatuz:

$$8 \cancel{\text{L H}_2} \cdot \frac{1 \text{ L O}_2}{2 \cancel{\text{L H}_2}} = 4 \text{ L oxigeno}$$

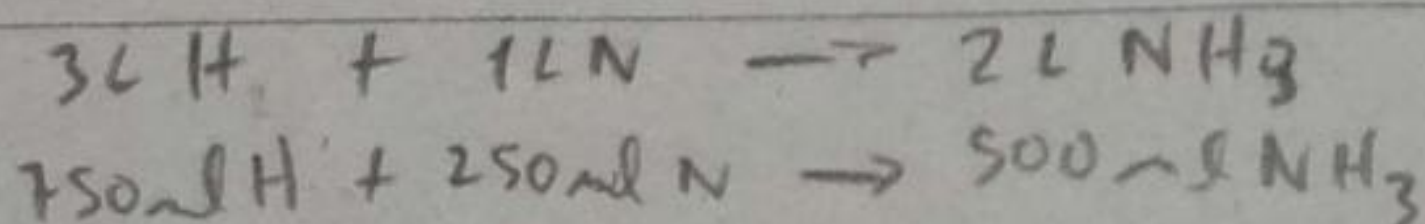
- b) Erreakzioan diharduten 2 hidrogeno-bolumeneko, 2 ur-bolumen lortzen ditugu:

$$8 \cancel{\text{L H}_2} \cdot \frac{2 \text{ L ur}}{2 \cancel{\text{L H}_2}} = 8 \text{ L ur}$$

JARDUERAK

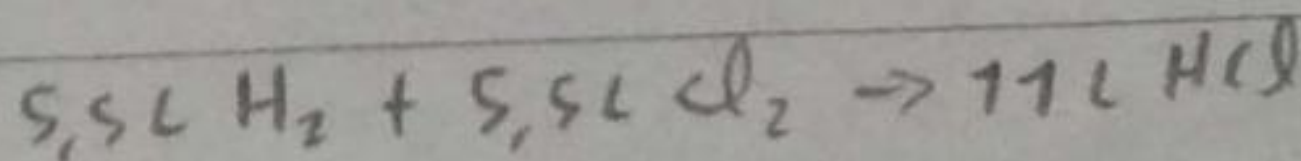
15. 3 L hidrogeno eta 1 L nitrogeno konbinatzean, 2 L amoniako sortzen zaizkigu. 500 mL amoniako lortu nahi baditugu presio eta temperatura berberetan jardunez, zenbat hidrogeno eta nitrogeno beharko ditugu?

Sol.: 750 mL hidrogeno eta 250 mL nitrogeno



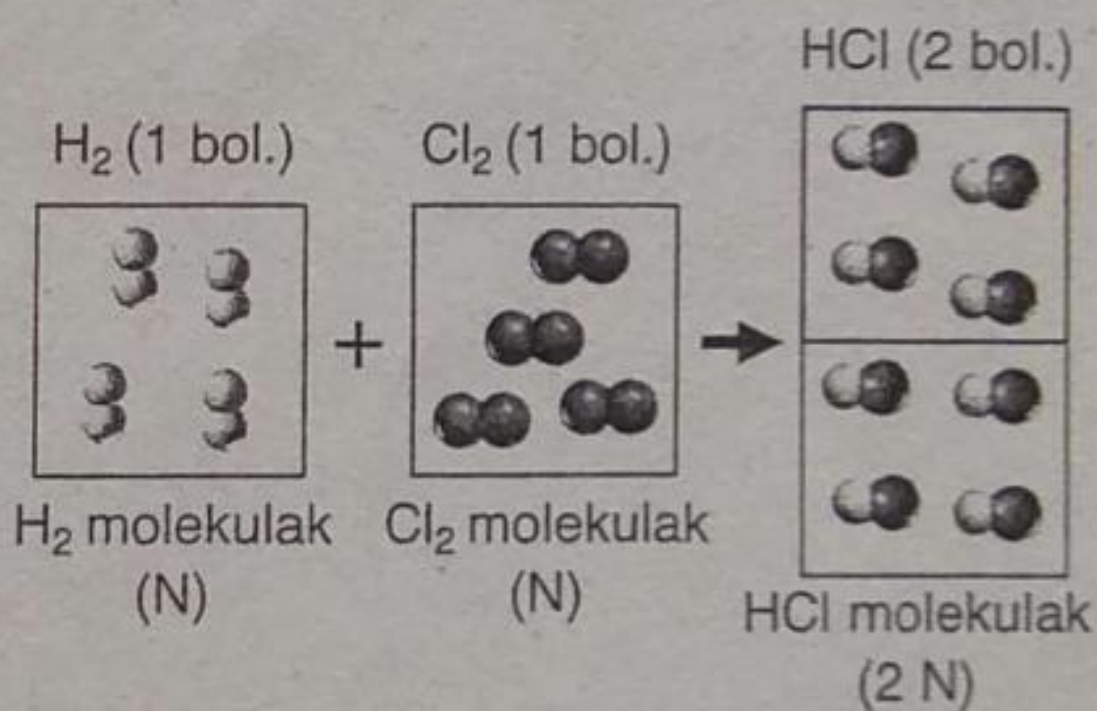
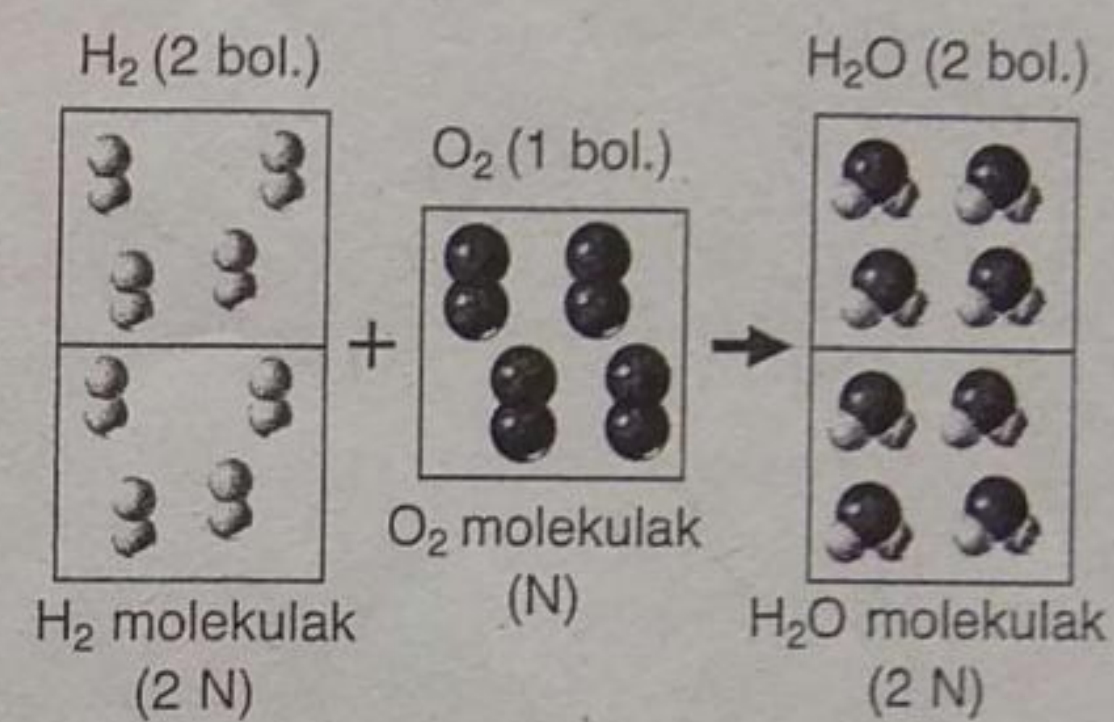
16. Aztertu 1. irudia, eta kalkulatu hidrogeno kloruroaren zer bolumen lortuko dugun 5,5 L hidrogeno 5,5 L klororekin erreakzionaraziz eta neurretak presio eta temperatura berberetan eginda.

Sol.: 11 L hidrogeno kloruro



2 hidrogeno bol.	+ 1 oxigeno bol.	→	2 ur bol.
1 hidrogeno bol.	+ 1 kloro bol.	→	hidrogeno kloruroaren 2 bol.

■ 1. taula.

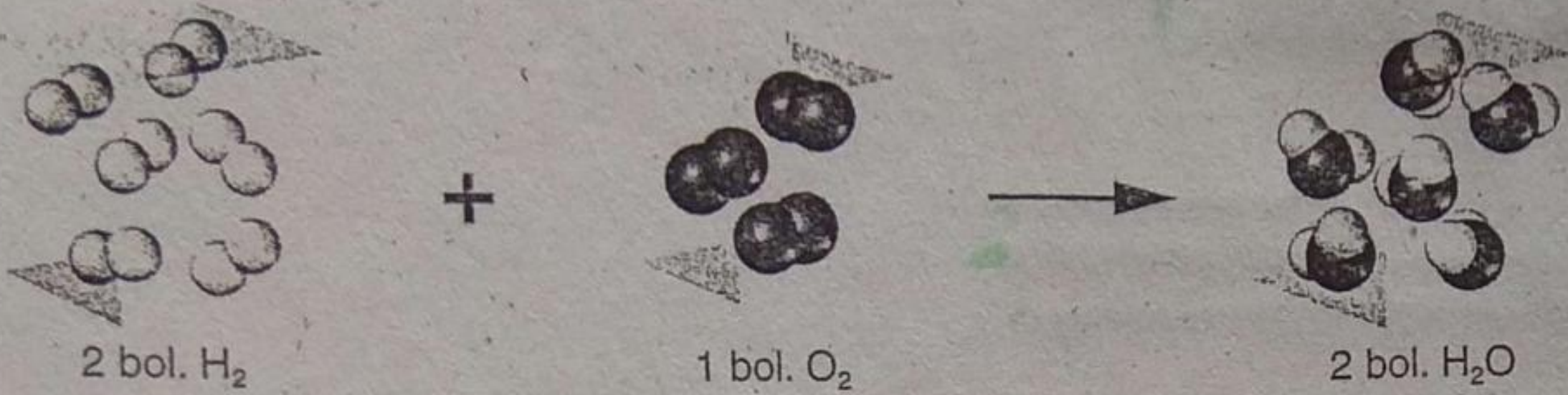


■ 1. ird.

Gasen arteko erreakzioen interpretazioak

Avogadroren legeak molekularen kontzeptua ekarri digu. Eta lege hori Daltonen teoria atomikoarekin uztartuz gero, **teoria atomiko-molekularra** izango dugu. Lege horri esker:

- Gay Lussacen legea justifikatu zen, Daltonen hasierako teoria atomikoarekin ezin baitzen azaldu.
- Zenbait konposatu sinpleren formula zuzenak (adibidez, urarena) aurkitu ziren, hainbat substantzia sinpleren molekulen izaera diatomikoan oinarrituta: oxigenoa, O_2 ; hidrogenoa, H_2 ; nitrogenoa, N_2 ; eta abar.



Gas nobleak alde batera utzita, oinarritzko gasen molekulak diatomikoak direnez, Gay Lussac-en legea justifika dezakegu; kasu honetan, uraren osakerari aplikatuta.

Ariketa ebatziak

3 Bi ontzi dauzkagu, presio eta temperatura berean. Lehenengoan 0,95 g butano daude eta bigarrenean —bolumen bikoitza duela— 1,05 g oxigeno.

- Konpara ezazu bi ontzietan dagoen molekula kopurua.
- Zer erlazio dago butano-molekula baten eta oxigeno-molekula baten artean?

Soluzioa

- Avogadroren legearen arabera, oxigenoa duen ontziak butano-ontziaren bolumen bikoitza duenez eta presio eta temperatura berean daudenez, oxigenoaren ontzian molekula bikoitzak egongo dira.
- Butanoa duen ontzian n molekula badaude, oxigenoa duen ontzian $2 \cdot n$ egongo dira. Hortaz, hauxe idatz dezakegu:

$$n \cdot m_{\text{butanoa}} = 0,95 \text{ g} ; 2 \cdot n \cdot m_{\text{oxigenoa}} = 1,05 \text{ g}$$

Bi ekuazioak zatitu eta berriz ordenatuta, honako hau aterako zaigu:

$$\frac{m_{\text{butanoa}}}{m_{\text{oxigenoa}}} = 2 \cdot \frac{0,95}{1,05} = \boxed{1,81}$$

• Bolumen berdineko bi ontzi ditugu presio eta temperatura berean. Lehenengoan 0,391 g kloro daude, eta bigarrenean 0,143 g azetileno:

- Non egongo dira molekula gehiago? Zergatik? *Berlan berdin*
- Zer erlazio dago azetileno-molekula baten eta kloro-molekula baten artean?

0,391 g Cl

0,143 g acetileno

$$\frac{0,391}{0,143} = \frac{2,73}{1} \text{ erlazioa}$$

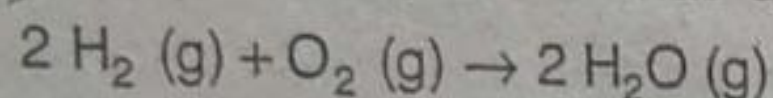
a) 0 x 2

b) $\frac{0,95}{0,525} = \frac{1,75}{2}$

Masa erlatiboa

Avogadro-ren printzipioa eta proportzio definituen legeak uztartuz, molekulen formulak iritsi eta, atomoen eta molekulen masak konparatu ahal izan ziren, eta haien masa erlatiboak kalkulatu ere bai.

Esate baterako, uraren formula H_2O da, zeren 2 hidrogeno-bolumen 1 oxigeno-bolumenekin konbinatzean 2 ur-lurrun bolumen lortzen baitira. Erreakzioa, beraz, honako hau da:



Esperimentalki egiazta daitekeenez, 8 g oxigenok 1 g hidrogenorekin erreakzionatzen dute, eta 9 g ur (H_2O) sortzen dira. Horregatik:

$$\frac{m(O)}{2 m H} = \frac{8}{1}$$

$$m(O) = 16 m(H)$$

Eta hidrogeno atomoaren masa unitatetzat hartuta, honako hau lortzen da:

$$m(H) = 1 \text{ unitate}$$

$$m(O) = 16 \text{ unitate}$$

$$m(H_2) = 2 \text{ unitate}$$

$$m(O_2) = 32 \text{ unitate}$$

$$m(H_2O) = 18 \text{ unitate}$$

Unitate erlatiboak
(hidrogeno atomo baten masaren araberrakoak)

Masa atomikoak

$$A_r(N) = 14 \text{ u}$$

$$A_r(H) = 1 \text{ u}$$

$$A_r(O) = 16 \text{ u}$$

■ 2. taula.

6. Masa atomikoa eta masa molekularra

Atomoen eta molekulen masei balioa esleitzeko, unitate patroi hau aukeratu zen: *masa atomikoaren unitatea*. Hasieran, unitate hori balioztatzeke, hidrogenoa erabili zen; ondoren, oxigeno-16 isotopoa; eta gaur egun, *karbono-12* isotopoa oinarrituta definitua dago.



Masa atomikoaren unitatea karbono atomo berezi baten hamabirena da, zehazki, karbono-12 isotopoaren ($^{12}_6C$) hamabirena. Unitatearen sinboloa **u** da.

$$1 \text{ u} = \frac{^{12}_6C\text{-aren atomo baten masa}}{12}$$

— *Elementu baten masa atomikoa* kalkulatzeko, unitate patroiarekin konparatzen dugu.

Elementu baten **masa atomiko erlatiboa** elementu horren atomo baten batez besteko masa da, masa atomikoaren unitatetan emana.

Adibidez, sodioaren masa atomikoa 23 u-koa da; hortaz, sodio atomo baten masa 23 aldiz da $^{12}_6C$ -aren atomo baten hamabirena. Honela adierazten da:

$$A_r(Na) = 23 \text{ u}$$

— *Masa molekularra* kalkulatzeko, molekula osatzen duten elementuen masa atomikoen batura egiten da (M_r idazten da).

Elementu baten edo konposatu baten **masa molekular erlatiboa** elementu edo konposatu horren molekula baten batez besteko masa da, masa atomikoaren unitatetan emana.

6. ADIBIDEA

Kalkula itzazu amoniakoaren, NH_3 , eta uraren, H_2O , masa molekularrak. Erabili 2. taulako masa atomikoak.

— Amoniako molekulak 1 nitrogeno atomo eta 3 hidrogeno atomo ditu. Masa molekularra honako hau izango da:

$$M_r(NH_3) = 1 \cdot 14 \text{ u} + 3 \cdot 1 \text{ u} = 17 \text{ u}$$

— Ur molekulak 2 hidrogeno atomo eta 1 oxigeno atomo ditu. Masa molekularra honako hau izango da:

$$M_r(H_2O) = 2 \cdot 1 \text{ u} + 1 \cdot 16 \text{ u} = 18 \text{ u}$$

Kalkulatu

MASA ATOMIKOAK ETA UGARITASUN ERLATIBOA		
Isotopoak	Masa (u)	Ugaritasuna (%)
1H	1,0078	99,985
2H	2,0141	0,015
3H	3,0160	*
^{17}O	16,9991	0,037
^{18}O	17,9992	0,204
^{16}O	15,9949	99,759

$$15,9949 \cdot 99 + 17,9992 \cdot 0,204 + 1$$

Ariketa ebatzia

5 Naturan dagoen silizioa ^{29}Si , ^{30}Si eta ^{31}Si isotopoen nahasteaz osatua dago, honako ugaritasun erlatibo hauek dituztela, hurrenez hurren: % 92,18, % 4,71, eta % 3,11.

Isotopo horien masa atomikoak 27,977, 28,977 eta 29,974 u izanik, hurrenez hurren, kalkula ezazu Si-ren batez besteko masa atomikoa.

Soluzioa

Ariketa ebazteko, isotopo guztien masen batez besteko aritmetikoa kalkulatu behar da, naturako ugaritasunaren arabera haztatuta. Silizioaren batez besteko masa atomikoa, beraz, hauex izango da:

$$A(Si) = \frac{92,18 \cdot 27,977 + 4,71 \cdot 28,977 + 3,11 \cdot 29,974}{100} = 28,086 \text{ u}$$

Konposizio ehundarra

Formula kimikoaren esanahiari erreparatuta, Kimikan oso baliagarria den beste kontzeptu bat aterako dugu: **konposizio ehundarra**:

Konposatu baten konposizio ehundarrak konposatuaren elementu bakoitzaren masa-ehunekoa adierazten du.

Ariketa ebatzia

- Kalkula ezazu $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ kaltzio nitratoaren konposizio ehundarra.

Soluzioa

Ca, N eta O elementuen masa atomikoak aintzat hartuta, eta $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ formularen bakoitza zenbat aldiz agertzen den kontuan izanik, honako hau izango dugu:

$$M[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2] = 1 \cdot 40,08 + 2 \cdot (14,01 + 3 \cdot 16,00) = 164,1 \text{ u}$$

$$\frac{40,08 \text{ u Ca}}{164,1 \text{ u}} = \frac{100}{x} \rightarrow \boxed{x = \% 24,42 \text{ Ca}}$$

$$\frac{2 \cdot 14,01 \text{ u N}}{164,1 \text{ u}} = \frac{100}{y} \rightarrow \boxed{y = \% 17,08 \text{ N}}$$

$$\frac{2 \cdot 3 \cdot 16,00 \text{ u O}}{164,1 \text{ u}} = \frac{100}{z} \rightarrow \boxed{z = \% 58,50 \text{ O}}$$

Lor ezazu amonio nitratoaren, NH_4NO_3 , konposizio ehundarra.

- Datuak: $A_r(\text{N}) = 14 \text{ u}$; $A_r(\text{H}) = 1 \text{ u}$; $A_r(\text{O}) = 16 \text{ u}$
- Masa molekularra eta masa molarra lortuko ditugu:
 $M_r(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 14 \text{ u} + 4 \cdot 1 \text{ u} + 14 \text{ u} + 3 \cdot 16 \text{ u}$
 $M_r(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 80 \text{ u}$; $M(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 80 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Mol bat konposatutan elementu bakoitzaren zenbat gramo dauden kalkulatu dugu:

$$m(\text{N}) = 28 \text{ g} \quad m(\text{H}) = 4 \text{ g} \quad m(\text{O}) = 48 \text{ g}$$

- Masa-portzentajeak adieraziko ditugu:

$$\% \text{N} = \frac{28 \text{ g}}{80 \text{ g}} \cdot 100 = \% 35$$

$$\% \text{H} = \frac{4 \text{ g}}{80 \text{ g}} \cdot 100 = \% 5$$

$$\% \text{O} = \frac{48 \text{ g}}{80 \text{ g}} \cdot 100 = \% 60$$

Konposizio ehundarra: % 35 nitrogenoa, % 5 hidrogenoa, eta % 60 oxigenoa.

- 1) Kalkulatu zein den azido sulfurikoaren, H_2SO_4 , konposizio ehundarra.

Sol.: % 2,0 H, %, 32,7 S eta % 65,3 O

$$\left. \begin{array}{l} \text{H} = 1 \text{ u} \rightarrow 2 \text{ g H} \\ \text{S} = 32 \text{ u} \rightarrow 32 \text{ g S} \\ \text{O} = 16 \text{ u} \rightarrow 64 \text{ g O} \end{array} \right\} 98 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

$$\frac{2 \text{ g H}}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} = \frac{x}{100} = \% 2,04 \text{ H}$$

$$\frac{32}{98} = \frac{x}{100} = \% 32,65 \text{ S}$$

$$\frac{64}{98} = \frac{x}{100} = \% 65,30$$

- 2) Zer konposizio ehundar dagokio kobre (II) sulfato pentahidratuari, $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$?

Sol.: % 25,5 Cu, % 12,8 S, % 57,7 O eta % 4,0 H

6.1. Mola

Substantzia batek dituen partikulen kopurua oinarrizko magnitude honen bidez adierazten da: *substantzia-kantitatea*. SI sisteman, haren unitatea *mola* da.



0,012 kg karbono-12tan dauden atomoen kopurua da **mol** izeneko substantzia-kantitatean dauden oinarrizko osagaien kopurua, osagai horiek atomoak, molekulak, elektroiak nahiz bestelako partikulak izan.

12 g karbono-12tan dauden atomoen kopurua konstante bat da, Avogadro-ren konstantea deritzona, N_A . Horregatik, mol bat materiaren partikula kopurua eta N_A kantitate bera dira.

Ezin ditugu atomoak edo molekulak zenbatu, baina badira bestelako metodoak substantzietako partikula kopurua zehazteko. Metodo horien bitartez lortu da Avogadro-ren konstantearen balioa honako hau dela kalkulatzeko:

$$N_A = 6,022045 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Zenbaki horretaz zer kopuru adierazten den benetan ohartzeko, demagun Lur planeta 15 cm-ko diametroko boletan zatitu dela. Bada, bola kopurua Avogadro-ren zenbakia izango litzateke.

Hemendik aurrera, kalkuluak erraztearren, honako hau hartuko dugu Avogadro-ren konstantearen balioz: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Masa atomikoaren eta molaren definizioetatik ondorioztatzen denez:

Karbono-12aren atomo baten masa 12 u-koa da: $A_r(^{12}\text{C}) = 12 \text{ u}$

Mol bat karbono-12k 12 g-ko masa du: $M(^{12}\text{C}) = 12 \text{ g}$

Baliokidetzaz hori baliagarria da elementu guztietarako; beraz:



Mol bat atomoen **masa, gramotan** adierazita (M), eta elementuaren **masa atomikoa**, masa atomikoaren unitatetan adierazita, **zenbaki berberetz idazten dira**.

Hidrogeno atomo baten masa 1 u-koa da: $A_r(\text{H}) = 1 \text{ u}$

Burdina atomo baten masa atomikoa 55,8 u-koa da: $A_r(\text{Fe}) = 55,8 \text{ u}$

Mol bat hidrogeno atomoen masa 1 g-koa da: $M(\text{H}) = 1 \text{ g}$

Mol bat burdina atomoen masa 55,8 g-koa da: $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g}$

Baliokidetzaz hori molekuletara ere eraman daiteke:



Mol bat **molekularen masa, gramotan** adierazita, eta molekula beraren **masa molekularra**, masa atomikoaren unitatetan adierazita, **zenbaki berberetz idazten dira**.

Ur molekula baten masa 18 u-koa da: $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ u}$
Oxigeno molekula baten masa 32 u-koa da: $M_r(\text{O}_2) = 32 \text{ u}$

Mol bat ur molekularren masa, hots, mol bat urena, 18 g-koa da: $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g}$

Mol bat oxigenoren masa 32 g-koa da: $M(\text{O}_2) = 32 \text{ g}$

7. ADIBIDEA

Sodio atomoaren, Na, masa atomikoa 23 u-koa da. Kalkulatu atomo baten masa gramotan.

— Mol bat sodio atomo $6,022 \cdot 10^{23}$ sodio atomo dira, eta haren masa, 23,0 g.

$$1 \text{ Na-atomo} \cdot \frac{1 \text{ mol Na}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ Na-atomo}} = \frac{23,0 \text{ g Na}}{1 \text{ mol Na}}$$

$$m(\text{Na atomoa}) = 3,82 \cdot 10^{-23} \text{ g Na}$$

8. ADIBIDEA

Kalkula ezazu ur molekula baten masa.

— $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,0 \text{ u}$; $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,0 \text{ g}$

— Mol bat uren masa $6,022 \cdot 10^{23}$ ur molekularren masa da.

$$1 \text{ H}_2\text{O molek.} \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ H}_2\text{O molek.}} = \frac{18,0 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}}$$

$$m(\text{H}_2\text{O molekula}) = 2,99 \cdot 10^{-23} \text{ g H}_2\text{O}$$

Mola

Mol bat $6,022 \cdot 10^{23}$ unitate dituen substantzia-kantitatea da. Honela:

Mol bat molekulan:
 $6,022 \cdot 10^{23}$ molekula daude.

Mol bat atomotan:
 $6,022 \cdot 10^{23}$ atomo daude.

Mol bat elektroitan:
 $6,022 \cdot 10^{23}$ elektroia daude.

Mol kontzeptua partikula kopuru finko bati lotuta dago, partikula horiek zer diren ere: atomoak, ioiak... edo arkatzak eta boligrafoak, moletan zenbatuz gero.

ADI!

Masa molarra: 1 molen masa, substantzia guztien kasuan.

Web-orri honetan azaltzen da zenbat masa den, gramotan, mol bat atomo zenbait elementuren kasuan: <http://reacciones.colegiosandiego.com/moles.html>

Formula enpirikoa: konposatua zer elementuez osatuta dagoen eta elementuan arteko proportziorik sinpleen adierazten du.

Formula molekularra: konposatua zer elementuez osatuta dagoen eta molekulan parte hartzen duten elementuen kopurua adierazten du. Formula enpirikoaren berdina edo bere multiploa izango da.

Konposatu ezorganikoetan oro har formula enpirikoa eta molekularra berdinak izaten dira.

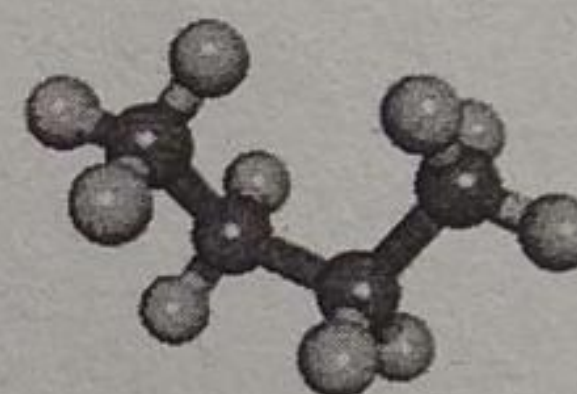
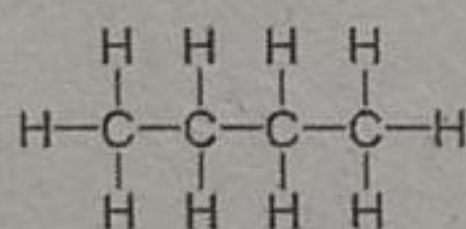
Konposatu organikoetan aldiz formula enpirikoaren multiploa izaten da formula molekularra.

Formula erdi garatua: formula garatuak sinplifikatuta adierazteko.

Formula garatuak: zer atomoz osatuta dauden eta atomoen arteko loturak azaltzen dituzte.

Formula espazialak: Molekulako atomo guztiak, beraien arteko loturak eta espazialki hartzen duten lekua zehazten dute.

Adibidea: Butanoa C_4H_{10} // $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ //



ARIKETAK

1. % 29,1 sodioa, % 40,5 sufrea eta % 30,4 oxigenoa duen konposatuaren formula enpirikoa lortu. Eraitza: $Na_2S_2O_3$
2. %20,7 sodioa, %28,8 sufrea eta % 50,5 oxigenoa duen konposatuaren formula enpirikoa lortu. Eraitza: $Na_2S_2O_7$
3. % 85,0 merkurio duen merkurio kloruroaren formula molekularra lortu, masa molekularra 472 u dela jakinda.
4. 2,32 g zilar oxidoren analisiak 2,16 g zilar dituela eman du.. Oxido horren formula enpirikoa zehaztu.
5. Konposatu organiko baten masa molekularra ⁹²~~180,07~~ g/mol da. Bere ehuneko konposizioak zera eman du: %52,17 karbono, %34,78 oxigeno eta % 13,05 hidrogeno. Konposatu honen formula enpiriko eta molekularra aurkitu. Eraitza: CHO_2 eta $C_4H_4O_8$.
6. Kobrea duen konposatu baten gramo batean 0,3387g kobrea, 0,1493g nitrogeno eta gainerakoa oxigenoa da. Lortu bere formula enpirikoa. $Cu(NO_3)_2$.
7. %40,00 karbono, %6,71 hidrogeno eta %53,29 oxigeno duen karbohidratoaren formula molekularra lortu jakinik 180g/mol-eko masa molekularra duela. Eraitza: $C_6H_{12}O_6$.