

Ensino Secundário Oficial

III CLASSE

Elementos
de Química

Achilles Machado



(14)
(68)
(111)

Sala A
Est. 2
Tab. 3
N.º 10

no. 745





INV.- Nº. 292

ENSINO SECUNDÁRIO OFICIAL



III CLASSE

ELEMENTOS DE QUÍMICA.

1231

I PARTE

1231

POR

ACHILLES MACHADO

Tenente-Coronel graduado de Engenharia;
Professor ordinário de Química na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
Sócio efectivo da Academia das Ciências;
Membro efectivo do Conselho Médico-legal de Lisboa, etc.



1914

IMPRESA LIBANIO DA SILVA
24, Travessa do Fala Só, 26
LISBOA



RC
MACE
54
MAC



ÍNDICE

Elementos de Química

I PARTE — III CLASSE

Composição do ar e da água

	Pág.
Experiência de Lavoisier sobre o ar atmosférico	1
Passagem de uma corrente de ar sobre o cobre aquecido ao rubro ..	4
Passagem de uma corrente de vapor de água sobre o ferro aquecido ao rubro	6

Generalidades

Corpos simples e corpos compostos	8
Fenómenos físicos e fenómenos químicos	8
Propriedades físicas e propriedades químicas	11
Combinações e misturas	12
Principais caracteres que distinguem as combinações e as misturas.	14
Análise e síntese	17
Combinações e decomposições	18
Afinidade	18
Combinações e decomposições endotérmicas e exotérmicas	19
Objecto da Química	20

Elementos mais importantes. Metais e metalóides

Propriedades físicas dos metais e dos metalóides	20
--	----

Leis de Lavoisier e de Proust. Simbolos dos elementos. Fórmulas. Equações químicas

Lei de Lavoisier	25
Lei de Proust ou lei das proporções definidas	26

	Pág.
Composição centesimal.....	27
Enumeração dos elementos mais importantes. Seus símbolos representativos de pesos determinados.....	28
Tabela dos pesos representados pelos símbolos dos elementos.....	29
Conhecidos os pesos representados pelos símbolos dos elementos, compreender a significação das expressões simbólicas chamadas fórmulas.....	30
Conhecida a fórmula de um composto, determinar a sua composição centesimal.....	31
Volumes, no estado gasoso (expressos em litros), praticamente representados pelos símbolos dos elementos e pelas fórmulas dos compostos.....	32
Se um composto e os elementos que o constituem podem existir no estado gasoso, deduzir da fórmula desse composto a sua composição volumétrica.....	33
Regra prática para calcular, aproximadamente, a densidade de um gás ou de um vapor, conhecendo-se a sua fórmula e os pesos representados pelos símbolos dos elementos.....	33
Reacções. Equações químicas.....	35

Estudo do hidrogénio, oxigénio, azoto, ar atmosférico e água

Hidrogénio.....	38
Oxigénio.....	51
Azoto.....	61
Ar atmosférico.....	64
Água.....	70
Problemas.....	87



ELEMENTOS DE QUÍMICA

I PARTE—III CLASSE

COMPOSIÇÃO DO AR E DA AGUA

1. Experiência de Lavoisier sobre o ar atmosférico.— Já em épocas muito anteriores ao século XVIII, vários experimentadores tinham reconhecido que certos corpos, sendo aquecidos em contacto com o ar atmosférico, se transformam em outros corpos com maior pêso.

É o que se observa, por exemplo, com o mercúrio, estanho, chumbo, etc.

Quando se aquece o mercúrio ou azougue, durante muito tempo, em contacto com o ar, a uma temperatura pouco inferior ao ponto de ebulição do metal (357°), vêem-se aparecer, à superfície dêste, pequenas escamas vermelhas, cujo pêso é superior ao do metal que nelas se transformou.

O chumbo, sendo mantido em fusão, transforma-se lentamente, à sua superfície, em uma substância amarela, com um pêso superior ao do metal que lhe deu origem. A qualquer destas substâncias, formadas durante o aquecimento em contacto com o ar, à superfície do mercúrio, do chumbo, do estanho e de outros corpos, dava-se, antigamente, o nome genérico de *cal*.

Estes e outros factos análogos foram interpretados por uma forma muito obscura, até ao ano de 1777, em que um célebre químico francês, Lavoisier, conseguiu explicá-los muito satisfatoriamente, depois de ter procedido a uma experiência notável que passamos a descrever.

Em um *balão* de vidro, cujo *colo* era recurvado em forma de S (fig. 1), introduziu um certo pêso de mercúrio puro.

O colo do balão ia abrir-se dentro de uma campânula contendo ar atmosférico e invertida sôbre uma tina com mercúrio. O volume total do ar contido no bôjo do balão, no seu colo e na campânula foi rigorosamente medido.

Aquecendo o balão, durante 12 dias, quasi sem interrupção, a uma temperatura pouco inferior ao ponto de ebulição do mercúrio, observou, desde o segundo dia, o notável químico

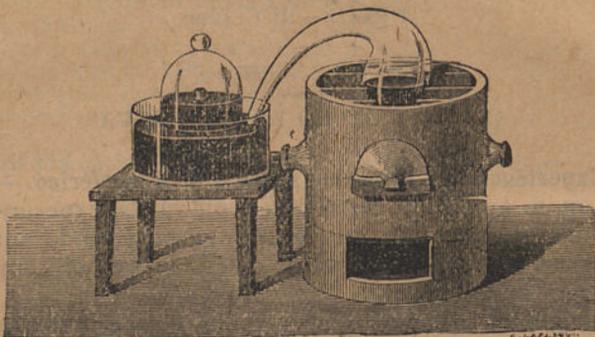


Fig. 1

francês, que à superfície do metal se formavam pequenas manchas e finas escamas vermelhas que, durante quatro ou cinco dias, toram aumentando em número e em volume.

No fim de 12 dias de aquecimento, Lavoisier deixou arrefecer o aparelho e mediu o volume da massa gasosa que se encontrava no balão e na campânula.

Reconheceu que êste volume era inferior ao volume primitivo do ar (nas mesmas condições de pressão e temperatura).

A diminuição de volume observada foi de $\frac{1}{6}$, isto é, o resíduo gasoso contido no aparelho, depois da experiência, occupava $\frac{5}{6}$ do volume primitivo do ar.

Um pavio inflamado apagava-se, logo que era introduzido no seio dêsse resíduo, dentro do qual um pequeno animal morria prontamente asfixiado.

O gás contido no aparelho, depois da *calcinação* prolongada do mercúrio, era, dizia Lavoisier, uma espécie de *mofeta*

incapaz de alimentar a respiração, pelo que lhe deu o nome de *azoto* que deriva do grego e significa *privativo da vida*.

Recolhendo cuidadosamente a *cal mercurial* que, sob a forma de pequenas escamas vermelhas, se formou sobre o mercúrio e aquecendo-a, em uma pequena *retorta* de vidro (fig. 2), posta em comunicação, por meio de um *tubo abdutor*, com uma campânula cheia de mercúrio e invertida sobre um a tina com o mesmo líquido (*tina hidrargiro-pneumática*), pôde Lavoisier recolher, como já o tinha feito Priestley, em 1774,

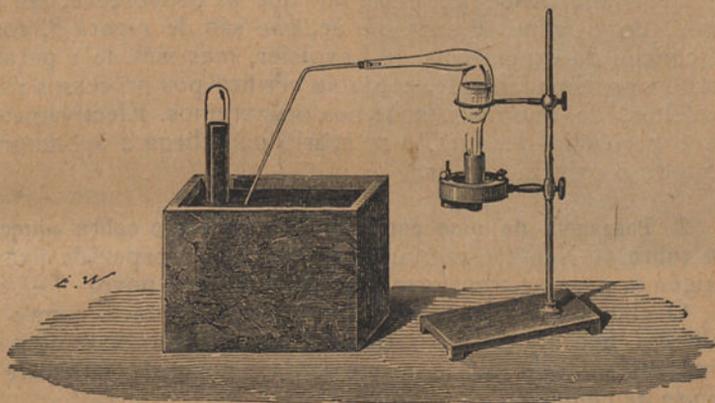


Fig. 2

um gás invisível, cujo volume era sensivelmente igual ao volume de gás que desapareceu, na primeira experiência descrita. Durante a operação, depositaram-se no colo da retorta pequenas gotas de mercúrio.

Um palito de madeira, com a extremidade em brasa, imediatamente se inflamou, quando foi introduzido no seio do gás obtido, que é indispensável à respiração dos animais e ao qual Lavoisier deu o nome de *oxigénio*, em substituição do nome de *ar vital*, pelo qual já tinha sido designado.

A reunião dos dois gases *azoto* e *oxigénio*, na proporção em que tinham sido obtidos, reconstituiu o ar atmosférico, com as suas mais importantes propriedades.

Desta memorável experiência concluiu Lavoisier, que o ar

atmosférico é formado essencialmente de duas partes: uma *parte activa*, o *oxigénio* e uma *parte*, por assim dizer, *inactiva*, o *azoto*.

Concluiu mais que o mercúrio, pelo aquecimento em contacto com o ar, *fixa* uma certa quantidade de *oxigénio*, para se transformar em um produto novo, mais pesado, a *cal mercurial* ou *óxido vermelho de mercúrio*, como hoje se chama.

Este *óxido*, pelo aquecimento a alta temperatura, perde a parte activa do ar, o *oxigénio*, que assim pode ser separado do mercúrio.

Devemos, desde já, observar que as proporções, em volume, do oxigénio e azoto no ar, não são de 1 para 5, como se conclui da experiência de Lavoisier, mas sim de 1 para 4, muito aproximadamente, como se verifica por processos mais perfectos, de que mais tarde nos ocuparemos. Efectivamente, na experiência descrita, o mercúrio não chega a apoderar-se de todo o oxigénio do ar.

2. Passagem de uma corrente de ar sôbre o cobre aquecido ao rubro. — Não é o mercúrio o único corpo capaz de fixar o oxigénio, para se transformar em um produto novo.

O chumbo, por exemplo, aquecido em contacto com o ar, também fixa aquele gás e transforma-se, como dissemos, em uma cal amarela (n.º 1), a que se dá o nome de *massicote* ou *óxido de chumbo*.

O ferro também pode unir-se fácilmente ao oxigénio; é o que se demonstra com uma experiência que pode ser realizada do modo seguinte: Enrola-se em hélice (sôbre um tubo ou vareta de vidro) um fio fino de ferro (ou uma forte mola de relógio que se recoze na chama, para perder a elasticidade); suspende-se a hélice, por uma extremidade, em um anel ligado ao centro de uma rôlha de cortiça que, mais tarde, há-de ser adaptada à bôca de um frasco cheio de oxigénio. Segura-se na rôlha e faz-se inflamar um pedaço de estôpa que se ligou à extremidade livre da hélice, que é introduzida, em seguida, dentro do frasco que contém o oxigénio (fig. 3). O ferro arderá com luz muito brilhante, projectando centelhas incandescentes, constituídas por um *óxido de ferro*, em fusão, o qual resulta da fixação do oxigénio ao metal.

Para que as particulas do óxido, muito quentes, não façam

estalar o frasco, convêm que êste tenha no fundo uma camada de água.

O cobre, aquecido em contacto com o ar, também se transforma em uma *cal negra* ou *óxido de cobre*.

Esta transformação fácil do cobre em *óxido*, permite extrair o azoto do ar, por um processo relativamente cómodo.

Em um tubo de porcelana (fig. 4), introduzem-se aparas de cobre, que se aquecem a alta temperatura, colocando o tubo sôbre uma grêlha com carvões incandescentes ou, melhor, fazendo emprêgo de um forno aquecido pelo gás iluminante, como o que está representado na fig. 33, pág. 73.

Por meio de uma corrente de água, desloca-se o ar contido em um frasco de duas tubuladuras, ar que é obrigado a passar lentamente sôbre o cobre aquecido ao rubro.



Fig. 3

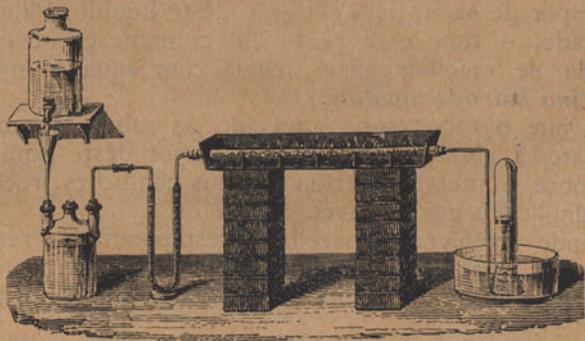


Fig. 4

O metal fixa o oxigênio, para se transformar, como já dissemos, em *óxido* e o azoto dirige-se para uma campânula cheia

de água e invertida sôbre uma tina com o mesmo liquido (*tina hidropneumática*).

Veremos que o azoto assim obtido não é puro.

3. Passagem de uma corrente de vapor de água sôbre o ferro aquecido ao rubro. — A experiência que vamos descrever foi também realizada por Lavoisier.

Um tubo de grês ou de porcelana (fig. 5), contendo fios de

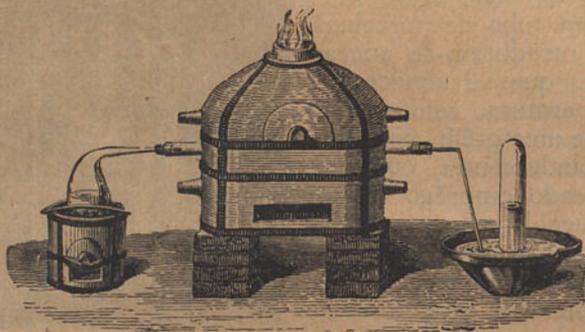


Fig. 5

ferro e introduzido num forno de reverbero, comunica, por uma das extremidades, com uma retorta de vidro, onde se produz vapor de água, pela ebulição dêste liquido. Pela outra extremidade, o tubo está posto em comunicação com uma campânula de recolher gases, cheia com água e invertida sôbre a *tina hidropneumática*.

Logo que o tubo esteja aquecido ao rubro, aquece-se a retorta, até à ebulição da água; o vapor dêste liquido vai passar sôbre o metal aquecido; nestas condições, recebe-se na campânula um gás invisível.

Deixando arrefecer o aparelho e desmontando-o, reconhece-se que o ferro está parcialmente convertido no mesmo *óxido* que se formou, quando o metal ardeu no seio do *oxigénio* (n.º 2).

Dêste facto deve concluir-se que na água existe a parte activa do ar, o *oxigénio*.

Quanto ao gás invisível recolhido na campânula, observa-se ue êle arde com luz muito pálida, quando se lhe aproxima

uma chama (fig. 6), a qual, porém, se apaga, logo que o corpo inflamado penetra no seio do gás. Estes factos exprimem-se, dizendo que o gás recebido na campânula é *combustível* (arde no oxigénio ou no ar), mas não é *comburente* (no seu seio apagam-se os corpos inflamados).

Se a chama do gás considerado se produzir debaixo de uma campânula de vidro, observa-se que, nas paredes internas desta, se condensa vapor de água, ficando esta depositada sob a forma de orvalho. Este facto mostra que o gás, quando arde, fixa o oxigénio, para reconstituir a água, pelo que recebeu o nome de *hidrogénio*, que deriva do grego e significa *gero a água*.

Das experiências descritas conclui-se:

1.º A água é uma substância *desdobrável* em dois corpos diferentes: o *oxigénio*, que já vimos que constitui a parte activa do ar e o *hidrogénio*;

2.º O hidrogénio, sendo aquecido a alta temperatura, não seído do ar ou do oxigénio, arde com chama pálida, mas muito quente, fixando este gás, para reconstituir a água;

3.º O ferro (e como elle o zinco e outras substâncias) pode, em determinadas condições de temperatura, separar da água o hidrogénio, apoderando-se do oxigénio, para se transformar em um *óxido*;

4.º O pêso do conteúdo do tubo, depois da experiência, é superior ao pêso do ferro primitivo. O aumento de pêso observado representa o pêso *p* de *oxigénio* fixado pelo metal. Do pêso do gás pode deduzir-se facilmente o volume correspondente.

Por outro lado, conhece-se o volume e, portanto, pode calcular-se o pêso do *hidrogénio* recebido na campânula e que estava unido ao pêso *p*, já conhecido, de oxigénio.

Por tais determinações, se reconheceu que de 9 gr. de água se podem tirar 8 gr. de oxigénio e 1 gr. de hidrogénio.

Comparando os *volumes* dos dois gases em que se desdo-

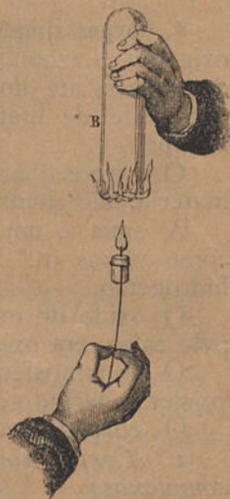


Fig. 6

bra a água, reconhece-se que o *volume do hidrogénio é duplo do volume do oxigénio*¹.

GENERALIDADES

4. **Corpos simples e corpos compósitos.** — Os corpos, como o oxigénio, o azoto, o hidrogénio, o mercúrio, o cobre, o ferro, dos quais, até hoje, ninguém tem podido tirar mais de uma qualidade de matéria, são chamados *corpos simples* ou *elementos*.

Os corpos donde se sabem tirar duas ou mais qualidades de matéria, são chamados *corpos complexos*.

A água é um corpo complexo, pois pode desdobrar-se, como vimos (n.º 3), em dois corpos simples: o oxigénio e o hidrogénio.

O óxido de mercúrio é um corpo complexo, desdobrável, pelo calor, em oxigénio e mercúrio (n.º 1).

O ar atmosférico é ainda um corpo complexo, donde Lavoisier separou o oxigénio e o azoto (n.º 1).

Os corpos complexos dividem-se em dois grupos:

1.º *Corpos compósitos, combinações ou espécies químicas complexas*;

2.º *Misturas*.

Adiante estudaremos (n.ºs 7 e 8) os caracteres que permitem distinguir as *combinações* e as *misturas*.

5. **Fenómenos físicos e fenómenos químicos.** — As alterações que se passam nos corpos podem ser divididas em dois grandes grupos: *fenómenos físicos* e *fenómenos químicos*.

A) Nos *fenómenos físicos* as alterações dão-se apenas em alguma ou algumas das propriedades do corpo considerado, ficando inalteradas outras que verdadeiramente o caracteri-

¹ Quando se trata de *volumes* de gases, é indispensável saber a que temperatura e a que pressão êles são medidos. Quando nada se indica a tal respeito, subentende-se que os volumes são correspondentes à temperatura 0º e à pressão de 760^{mm}.

zam. Algumas vezes um corpo, em que se passa um fenómeno fisico, fica também modificado no seu aspecto, n'as, quaisquer que sejam as modificações que sofreu, readquire, geralmente, com facilidade, as primitivas propriedades, se as condições que determinaram o fenómeno forem substituidas pelas condições iniciais; é o que se exprime dizendo que os fenómenos fisicos são, em regra, *reversíveis*.

Se esfregarmos um pedaço de enxôfre com uma flanela, êle adquire a propriedade de atrair corpos leves, tais como pequenos fragmentos de papel; as outras propriedades do enxôfre conservam-se inalteráveis. Estamos em presença de um *fenómeno fisico*.

Se elevarmos a temperatura de uma barra de ferro, poderemos reconhecer que o seu comprimento aumenta; é o *fenómeno fisico* da *dilatação*; êste fenómeno é *reversível*: baixando a temperatura até ao seu valor primitivo, as dimensões da barra decrescem até ao seu valor inicial.

O sufficiente aquecimento de um corpo sólido pode provocar a sua passagem ao estado líquido; neste fenómeno da *fusão*, as propriedades do corpo sofrem uma alteração mais notável; o corpo fundido apresenta-se realmente bastante modificado, mas esta alteração é, geralmente, considerada como um *fenómeno fisico*, em vista da facilidade com que se pode obter novamente o corpo, com as suas primitivas propriedades, desde que se faça baixar convenientemente a temperatura.

A *dissolução* de um corpo em determinados líquidos, chamados *dissolventes neutros* (água, alcool, benzina, éter, etc.), é também, geralmente, considerada como um *fenómeno fisico*, sempre que, por um processo simples, tal como a evaporação do dissolvente, se possa obter novamente o corpo com as suas primitivas propriedades.

Se aquecermos um liquido a uma temperatura sufficiente para que a tensão do seu vapor iguale a pressão externa, veremos no interior dêsse liquido formarem-se bôlhas de vapor, que vão rebentar à superficie; o liquido passa ao estado gasoso; é o *fenómeno fisico* da *ebulição*; basta arrefecer o vapor, para o corpo voltar ao estado líquido, dando-se o *fenómeno fisico* da *condensação*.

Quando vários gases estão juntos, dentro de um mesmo vaso, não se dispõem pela ordem das suas densidades; cada

gás distribui-se *uniformemente*, por todo o espaço occupado pela mistura gasosa. É o fenómeno físico da *difusão*.

Se dois gases estão separados por uma parede porosa, também tendem a misturar-se, atravessando, em sentidos contrários e, geralmente, com velocidades diferentes, os poros da parede que os separa.

Este *fenómeno físico* também tem sido designado pelo nome de *difusão*; alguns autores chamam-lhe *efusão*; o gás menós denso é o que se difunde com maior velocidade ¹.

Certos corpos sólidos, sendo aquecidos, passam directamente, ao estado de vapor que, pelo arrefecimento, fornece novamente o corpo sólido.

Este *fenómeno físico* da vaporização de um corpo sólido tem o nome de *sublimação*.

B) Os *fenómenos químicos* são as alterações mais profundas em que o corpo ou corpos considerados desaparecem, para, em seu lugar, aparecerem *outros corpos com propriedades inteiramente novas* e que, porisso, somos forçados a designar por nomes também novos.

Estes fenómenos só em casos restritos possuem o carácter de reversibilidade que, de ordinário, se observa nos fenómenos físicos.

Mantendo o mercúrio à sua temperatura de ebulição, o líquido vai-se transformando em vapor que, sendo recebido em um recipiente resfriado, se condensa de novo; a *ebulição* do metal e a *condensação* do seu vapor são, como já dissemos, *fenómenos físicos*.

Se aquecermos, porém, prolongadamente, o mercúrio, a uma temperatura pouco inferior ao ponto de ebulição, em contacto com o ar, como o fêz Lavoisier na sua memorável experiência (n.º 1), o metal transforma-se, pouco a pouco, à superfície, em um corpo vermelho, *mais pesado* e inteiramente novo, que somos forçados a designar por um nome também novo; forma-se a *cal mercurial* ou *óxido vermelho de mercúrio*.

¹ As velocidades de *efusão* de dois gases estão na razão inversa das raízes quadradas das suas densidades. A densidade do hidrogénio está para a do oxigénio assim como 1 está para 16; as suas velocidades de *efusão* estão, portanto, entre si como $\sqrt{16} : \sqrt{1}$, isto é, como 4 : 1.

Êste óxido, depois do arrefecimento, não se transforma, de novo, em mercúrio.

Estamos em presença de um *fenómeno químico*, não reversível.

Se fizermos passar o vapor de água sôbre o ferro aquecido ao rubro, aquele vapor desdobra-se, como dissemos (n.º 3), em dois corpos inteiramente diferentes dêle e diferentes um do outro, que temos de designar por nomes especiais, o *oxigénio* e o *hidrogénio*.

O oxigénio une-se ao ferro e o hidrogénio fica em liberdade.

Trata-se ainda de um *fenómeno químico*, que consiste no desdobraimento do corpo *complexo*, água, em dois corpos simples e na reunião do elemento oxigénio com o ferro, para formar um óxido de ferro.

Pelo aquecimento do óxido vermelho de mercúrio, a alta temperatura, obtiveram Priestley e, mais tarde, Lavoisier o oxigénio, que se separou do mercúrio. E ainda um exemplo de um *fenómeno químico*.

6. Propriedades físicas e propriedades químicas. — Distinguímos os corpos pelas suas *propriedades*, isto é, pelas acções que, directa ou indirectamente, exercem sôbre os nossos órgãos dos sentidos.

As propriedades de um corpo, que dizem respeito aos *fenómenos físicos* (n.º 5) que nêle podemos observar, nas diferentes circunstâncias, chamam-se *propriedades físicas*.

As propriedades que se referem aos *fenómenos químicos* (n.º 5) que podem ser observados no corpo, quando é submetido à acção de diferentes agentes (calor, luz electricidade) ou à acção de outros corpos, chamam-se *propriedades químicas*.

Assim o *estado de coesão* (sólido, líquido ou gasoso) de um corpo, à temperatura ordinária, a *solubilidade* ou *insolubilidade* dêsse corpo nos diferentes dissolventes neutros, a *fusibilidade* (indicada pelo ponto de fusão), a *volatilidade* (indicada pelo ponto de ebulição), a *densidade*, a *condutibilidade* para o calor e para a electricidade, etc., são *propriedades físicas*.

As propriedades que dizem respeito à transformação do

corpo noutro ou noutros *corpos diferentes*, pela acção do calor, da luz, da electricidade, pela acção de outros corpos, etc., são *propriedades químicas*.

O mercúrio, por exemplo, tem as *propriedades físicas* de ser liquido, à temperatura ordinária, de solidificar a $-39^{\circ},4$, de ferver a 357° , de conduzir bem o calor e a electricidade, etc.

Tem a *propriedade química* de fixar, a uma temperatura próxima do ponto de ebulição, o oxigénio, para se transformar em um *óxido* (n.º 1).

A água tem a *propriedade química* de ser desdobrada, pelo ferro, ao rubro, em oxigénio e hidrogénio (n.º 3).

O óxido vermelho de mercúrio tem a *propriedade química* de ser desdobrável, pelo calor, em oxigénio e mercúrio.

O ferro tem a *propriedade química* de se apoderar do oxigénio da água, a uma alta temperatura, transformando-se em um *óxido*.

7. Combinações e misturas — Quando se comparam entre si os diferentes corpos, para procurar analogias e diferenças, podemos atender à sua posição, forma e grandeza (massa, volume, etc.) ou podemos pôr de parte estas propriedades, para atender às outras.

Os corpos assim considerados, independentemente das noções de posição, forma e grandeza, são chamados *substâncias*.

Para comparar estas, devemos ainda pôr de parte certas particularidades, tais como a temperatura, a pressão, etc., que verdadeiramente não são *propriedades* e são, antes, *condições*, visto que podem ser alteradas à nossa vontade, dentro de certos limites, sem que a substância se transforme noutra, ao passo que as verdadeiras *propriedades* (côr, densidade, condutibilidade para o calor e electricidade, etc.), acompanham sempre a substância, em umas determinadas condições e não podem ser alteradas à nossa vontade.

Um dos característicos de uma *substância*, no sentido mais restrito em que se toma esta designação em Química, é *ter as mesmas propriedades em tôdas as suas partes*; mesmo com o auxílio do microscópio, não poderemos distinguir caracteres diferentes, em duas partes de uma única *substância*. E o que

se exprime dizendo que uma *substância* é sempre uniforme cu *homogénia*.

Quando um corpo não é homogénio, isto é, quando, em partes diferentes da sua massa apresenta *propriedades* diferentes, é considerado como sendo constituído por uma *mistura* de substâncias diferentes.

Do facto de tōda a *substância* ser *homogénea* não devemos concluir, inversamente, que todo o corpo homogéneo deve ser considerado como sendo constituído por uma só *substância*.

A água e o açúcar são *substâncias*. Se dissolvermos o açúcar na água, teremos uma *solução* ou *soluto*. Este novo complexo, embora perfeitamente *homogéneo*, não é considerado em Química como uma *substância*, mas sim como uma *mistura homogénea* de duas substâncias diferentes.

Efectivamente, por processos muito simples, determinando apenas fenómenos físicos (n.º 5), tais como a *evaporação* da água dissolvente, podemos separar esta do açúcar.

O oxigénio e o hidrogénio são *substâncias*; se reunirmos os dois gases no mesmo vaso, teremos um complexo (n.º 4) que não é uma *substância* mas sim uma *mistura homogénia* de duas substâncias, donde será fácil separar os dois gases componentes, sem provocar fenómenos químicos (n.º 5). Basta, por exemplo, aproveitar a maior velocidade com que o hidrogénio atravessa uma parede porosa (n.º 5).

Do que fica exposto, conclui-se que uma *substância* é sempre homogénea e dela se não podem separar duas ou mais substâncias com propriedades diferentes, por *processos simples, que só determinem fenómenos físicos*.

Comparando os diferentes corpos, naturais ou artificiais, sob o ponto de vista das *substâncias* de que são formados, reconhece-se que podem ser divididos em grupos, cada um dos quais abrange um grande número de indivíduos com *iguais propriedades*.

A substância idêntica nesses diferentes indivíduos constitui uma *espécie química*.

Ao passo que no reino animal e no reino vegetal se reúnem numa mesma *espécie* indivíduos que se assemelham mas não são idênticos, os caracteres essenciais de uma *substância* ou *espécie química*, nos diferentes corpos que ela constitui, são absolutamente concordantes.

Uma substância ou espécie química, donde se não tem podido, até hoje, tirar duas ou mais substâncias diferentes, é um *elemento* (n.º 4) ou espécie química *simples*.

Todo o corpo, donde se sabem extrair duas ou mais substâncias diferentes, é um corpo *complexo* (n.º 4).

Um complexo, embora homogénio, no qual se podem reconhecer duas ou mais substâncias diferentes, por meio de processos simples que não provocam fenómenos químicos, é considerado como uma *mistura* de substâncias.

Um complexo homogéneo do qual não se podem extrair duas ou mais substâncias diferentes sem provocar fenómenos químicos, é uma substância *composta* ou *combinação* ou *espécie química composta*.

A Química occupa-se do estudo das *substâncias* (elementares e compostas) e não do estudo das *misturas*, não só porque as propriedades destas podem variar até ao infinito, com as proporções dos componentes, mas ainda porque as propriedades das *misturas* se podem, mais ou menos, deduzir das propriedades das substâncias misturadas.

8. Principais caracteres que distinguem as combinações e as misturas. — Uma dada substância ou espécie química tem sempre, como já dissemos, as *mesmas propriedades* características.

Para verificar a identidade de dois corpos, sob o ponto de vista da sua *substância*, parece que seria necessário verificar a concordância de *todas* as propriedades; os factos levam-nos, porém, a aceitar que, se as substâncias de dois corpos têm um *certo número* de propriedades idênticas, também a identidade se verifica nas restantes propriedades.

Entre as propriedades que melhor caracterizam uma substância, figuram a *côr*, o estado físico (sólido, líquido ou gasoso), à temperatura ordinária, o ponto de fusão, o de ebulição, a solubilidade ou insolubilidade em diferentes dissolventes, o número, natureza e proporções dos elementos que formam a substância, se ela é composta, etc.

Vamos agora resumir quais são os caracteres mais importantes que nos permitem reconhecer se um corpo é constituído por uma única substância ou espécie química.

1.º Em *toda* a *substância* observa-se uma completa homogeneidade.

2.º Uma substância fusível tem um *ponto de fusão* determinado, que se conserva constante, durante a mudança do estado de toda a massa.

3.º O ponto de ebulição de uma substância tem um valor *fixo*, para cada valor da pressão externa.

4.º Um dado dissolvente ou não dissolve a substância ou dissolve-a totalmente, desde que seja empregado em quantidade suficiente; não pode dissolver uma parte e deixar outra.

5.º Se a substância é uma espécie química *composta*, a sua composição (número, natureza e proporções dos elementos) é a mesma, qualquer que seja a origem ou o modo de formação dessa espécie química.

Em 9 gr. de água pura, por exemplo, há sempre determinados pesos de oxigênio e hidrogênio (aproximadamente 8 gr. do primeiro para 1 gr. do segundo, n.º 3).

6.º Quando, pela união de componentes, é possível realizar a formação de um *composto* considerado, essa formação é, geralmente, acompanhada de variação de temperatura, havendo muitas vezes, uma libertação de calor.

Quando se forma a água, por exemplo, pela união do hidrogênio com o oxigênio, liberta-se uma grande quantidade de calor. A chama do hidrogênio é, efectivamente, muito quente.

7.º Quando uma espécie química, no estado gasoso, é formada pela combinação de componentes gasosos, essa combinação é, muitas vezes, acompanhada de uma diminuição de volume.

Se juntarmos um volume de oxigênio e 2 volumes de hidrogênio, teremos uma *mistura homogénea* ocupando 3 volumes.

Se fizermos elevar suficientemente, em um ponto, a temperatura da *mistura* gasosa, os dois gases unir-se hão intimamente, para formar a *espécie química composta* água; se a experiência fôr feita a uma temperatura superior a 100º, a água formada ficará no estado de vapor e ocupará apenas 2 volumes, em vez de 3, que eram ocupados pela *mistura* dos dois gases componentes.

8.º As misturas homogéneas (soluções, misturas gasosas) distinguem-se das verdadeiras substâncias ou espécies químicas, não só, como já dissemos, pela facilidade com que daqueles complexos se podem tirar duas ou mais substâncias diversas,

mas também porque as suas propriedades, de caso para caso embora semelhantes, *são, mais ou menos, diferentes* e podem tomar todos os valores, dentro de determinados limites, visto que tais complexos se podem preparar, juntando em muito variadas proporções os componentes.

Os complexos que não possuem as propriedades que caracterizam as espécies químicas, teem, como já dissemos, o nome de *misturas*.

Sem provocar fenómenos químicos e aproveitando diferenças de solubilidade em dissolventes neutros, diferenças no ponto de fusão ou no de ebulição, diferenças de difusibilidade, etc., é sempre possível reconhecer, numa *mistura*, duas ou mais substâncias, espécies químicas simples ou complexas, que no *mixto* conservam, mais ou menos, muitas das propriedades que possuem quando estão isoladas.

Muitas vezes basta o microscópio para permitir reconhecer, numa mistura, particulas de diferente natureza. Em bastantes casos, simples processos mecânicos permitem a separação de substâncias diferentes.

Por mais íntima que seja a mistura de flor de enxôfre e limalha de ferro, uma boa lupa permite sempre descobrir particulas dos dois elementos.

Um iman atrairá o ferro; um dissolvente apropriado será capaz de apoderar-se do enxôfre.

Se a mistura fôr aquecida, os dois elementos *unir-se hão intimamente*, isto é, *combinar-se hão*, para constituir a espécie química chamada *sulfureto de ferro*, no qual já não se encontrarão as propriedades que o ferro e o enxôfre possuem, quando estão isolados e constituindo um mixto. Nem o iman nem os dissolventes do enxôfre permitirão a separação dos dois elementos. O acto da *combinação* é, por outro lado, acompanhado de uma libertação de calor.

No *composto* sulfureto de ferro, o enxôfre e o ferro estarão em proporções fixas (32 gramas do primeiro para 56 gramas do segundo). Se tivermos misturado os componentes em outras proporções, poderemos facilmente reconhecer, depois da *combinação*, a presença de um excesso de enxôfre ou de um excesso de ferro, excesso que poderá facilmente ser separado do sulfureto, aproveitando as propriedades particulares do elemento que foi empregado em dose demasiada.

As propriedades da *mistura* de enxôfre e ferro não são sensivelmente alteradas, quando se faz variar muito pouco a proporção de um dos elementos.

Pelo contrário, no sulfureto de ferro, as proporções de enxôfre e de ferro são, como dissemos, perfeitamente fixas e determinadas.

O *ar atmosférico* é, essencialmente, formado por um volume de oxigénio e quatro volumes de azoto (n.º 1).

Sem provocar fenómenos químicos, é possível reconhecer no ar a presença dos dois gases.

Cada um dêles conserva, por exemplo, a sua solubilidade própria, sendo o oxigénio bastante mais solúvel do que o azoto. Os absorventes do oxigénio fáclmente o separam da *mistura*.

Por outro lado, misturando os dois gases, em proporções iguais ou pouco diferentes daquelas em que existem no ar atmosférico, obtêm-se um complexo com as mais importantes propriedades do ar, sem que se observem fenómenos térmicos ou contracção de volume, que, as mais das vezes, acompanham as combinações entre gases. Dêstes e de outros factos adiante estudados, se conclui que o ar atmosférico é uma mistura e não uma espécie química ou combinação.

9. *Análise e síntese.* — Dá-se o nome de *análise elementar* à operação pela qual se separam os elementos que constituem um composto. Se apenas se tem em vista reconhecer a natureza dos elementos, a análise diz-se *qualitativa*; se se trata de determinar também as proporções em que êles estão combinados, a análise diz-se *quantitativa*. No n.º 3 dissemos como se pode fazer, por exemplo, a análise qualitativa e quantitativa da água.

Verdadeiramente, na *análise química* não se separam, geralmente, os elementos de um composto. De ordinário, trata-se apenas de provocar fenómenos que permitem reconhecer a presença ou a ausência de certos elementos ou grupos de elementos ou que permitem isolar, sob formas estáveis e definidas, elementos ou grupos de elementos, cujos pesos se podem então determinar.

Chama-se *síntese* à operação pela qual se forma um composto pela união de duas ou mais substâncias. Vimos (n.º 1)

como, aquecendo o mercúrio em contacto com o ar, se faz a *síntese* do óxido de mercúrio.

Fazendo arder o hidrogénio no oxigénio ou no ar, realisa-se a *síntese* da água.

Quando a análise se limita a separar as espécies químicas, elementares ou complexas, que se encontram *misturadas* (n.º 7) num complexo, chama-se *análise imediata*.

A separação do oxigénio e azoto que entram no ar, é verdadeiramente uma *análise imediata*.

A *síntese* de um composto pode ser realizada pela reunião directa dos elementos ou pela reunião de espécies químicas menos complexas do que a substância que se pretende obter.

No primeiro caso, a *síntese* diz-se *total* ou *a partir dos elementos*: ($A + B + C = ABC$).

Quando entre os componentes que se reúnem, figuram espécies químicas complexas ($AB + C = ABC$), a *síntese* ainda se diz *total*, se tôdas essas espécies químicas puderem ser obtidas pela união directa dos elementos que as constituem ($A + B = AB$).

✓ **10. Combinações e decomposições.** — A reunião íntima de duas ou mais espécies químicas, elementares ou complexas, para formarem uma nova espécie química, é o fenómeno químico da *combinação*.

O desdobramento de uma espécie química complexa em outras menos complexas ou elementares é o fenómeno químico da *decomposição*.

Quando o mercúrio fixa o oxigénio do ar, para se transformar em óxido de mercúrio, dizemos: o mercúrio *combina-se* com o oxigénio.

Quando o vapor de água é desdobrado pelo ferro ao rubro, em oxigénio e hidrogénio, dizemos: o ferro, a alta temperatura, *decompõe* a água.

Quando, pela acção do calor, o óxido de mercúrio se desdobra em oxigénio e mercúrio, dizemos: o óxido de mercúrio é *decomposto* pelo calor.

✓ **11. Afinidade.** — A maior ou menor tendência que uma substância apresenta para se combinar com outra exprime-se, geralmente, pela palavra *afinidade*.

Esta pode ser considerada como a resultante de tôdas as acções que determinam a união íntima dos componentes de uma espécie química composta.

Podemos, por exemplo, dizer que o ferro decompõe a água, a alta temperatura, porque tem *afinidade* para o oxigénio; queremos assim exprimir a tendência que os dois elementos, ferro e oxigénio, manifestam para se unirem, quando se encontram em presença, em determinadas circunstâncias.

Se dissermos que, a uma alta temperatura, o óxido de mercúrio se desdobra em oxigénio e mercúrio, porque, às temperaturas elevadas, é fraca a *afinidade* entre os dois elementos, queremos significar que, pela acção do calor, torna-se mais fraca a resultante das acções que mantêm unidos o oxigénio e o mercúrio, no óxido de mercúrio.

Só por comodidade de linguagem, se considera, muitas vezes, a afinidade como uma espécie de força atractiva, capaz de determinar as combinações.

12. Diferença entre combinações e decomposições endotérmicas e exotérmicas. — As combinações e as decomposições químicas são, geralmente, acompanhadas, como já dissemos (n.º 8; 6.º), de *fenómenos térmicos*.

Umavezes há uma libertação de calor; nêste caso, as combinações ou decomposições dizem-se *exotérmicas*; outras vezes há absorção de calor, dando-se, neste caso, às combinações ou decomposições a designação de *endotérmicas*.

Como exemplo de uma combinação exotérmica, podemos citar a do oxigénio com o hidrogénio (n.º 3), ou a do mercúrio com o oxigénio (n.º 1) ¹.

Como exemplo de uma decomposição endotérmica, podemos citar o desdobraimento da água em oxigénio e hidrogénio ².

¹ A combinação de 200,3 gr. de mercúrio com 16 gr. de oxigénio liberta 22,4 calorias, isto é, o calor necessário para aquecer de 0º a 1º, vinte e dois quilogramas e quatro hectogramas de água.

² Para decompor 18 gr. de vapor de água em oxigénio e hidrogénio é necessário despender 58,2 calorias, isto é, o calor necessário para aquecer, de 0º a 1º, cincoenta e oito quilogramas e dois hectogramas de água.

Quando a combinação é exotérmica, a decomposição recíproca é endotérmica e vice-versa¹.

13. Objecto da Química. — O estudo dos fenómenos físicos pertence à Física.

A Química tem por objecto o estudo dos fenómenos químicos, das condições em que êles se realizam e das leis que os regem. Investiga a maneira de obter as diferentes substâncias simples ou compostas, estuda a composição destas últimas e trata das aplicações de tôdas elas.

Ao lado das propriedades químicas, estuda geralmente as propriedades físicas de cada substância e os estados em que ela se apresenta na natureza, para assim completar a sua história.

ELEMENTOS MAIS IMPORTANTES.
METAIS E METALÓIDES

14. Propriedades físicas dos metais e dos metalóides. — Tendo em vista as propriedades físicas dos elementos e, em especial, certas propriedades químicas das suas combinações com o oxigénio, é possível dividi-los em dois grupos: *metalóides e metais*.

As propriedades físicas que se observam, geralmente, nos *metais* e que os *metalóides*, de ordinário, não possuem, são principalmente, as seguintes, que sucessivamente vamos estudar: o *brilho*, a *boa condutibilidade* para o calor e electricidade, a *maleabilidade*, a *elasticidade*, a *ductilidade* e a *tenacidade*.

a) *Estado físico e densidade.* — Os metais são sólidos, com excepção do mercúrio que é líquido, à temperatura ordinária.

A maior parte dêles, os mais usuais, teem densidade superior a 4; são chamados *metais pesados*.

¹ Quando se formam 18 gr. de vapor de água, pela combinação de 16 gr. de oxigénio com 2 gr. de hidrogénio, libertam-se 58,2 calorías, isto é, uma quantidade de calor igual à que é necessário despender para decompor o mesmo peso, 18 gr., de vapor de água, nos seus elementos.

Os metais, cuja densidade é inferior a 4, são chamados *metais leves*.

O chumbo é um *metal pesado*, pois tem uma densidade igual a 11,4; a densidade do ouro eleva-se a 19,3; a da platina é ainda maior (21,4).

b) *Côr. Brilho*. — A maior parte dos metais, quando são recentemente cortados, apresentam a côr branca, mais ou menos acinzentada ou azulada.

O ouro é, porêm, amarelo e o cobre vermelho ¹.

Os metais, quando recentemente cortados e polidos, apresentam, geralmente, a superfície muito brilhante. A êste *brilho*, que raras vezes se observa nos metalóides, dá-se o nome de *brilho metálico*.

c) *Condutibilidade para o calor e electricidade*. — Ao contrário do que sucede ordinariamente, com os metalóides, os metais são, geralmente, bons condutores do calor e da electricidade.

A prata é de todos os metais o que tem maior condutibilidade; segue-se o cobre.

O mercúrio e o bismuto apresentam muito maior resistência à passagem da corrente eléctrica.

d) *Maleabilidade*. — Possuem, geralmente, os metais, a propriedade de se deixarem reduzir a lâminas ou fôlhas mais ou menos delgadas.

Esta propriedade, que tem o nome de *maleabilidade*, varia muito de metal para metal.

É extraordinariamente notável no ouro, que se pode reduzir a fôlhas com uma espessura de um décimo-milésimo de milímetro.

São também muito maleáveis a prata, o cobre (com o qual se fazem fôlhas falsas de ouro) e o estanho que se reduz às fôlhas delgadas, que se utilizam para envolver o chocolate, o tabaco, etc.

O ferro pode, também, ser reduzido a fôlhas, mas estas apresentam já uma espessura relativamente considerável.

¹ A côr de um metal torna-se mais acentuada, depois de uma série de incidências da luz, quasi normais, em duas placas polidas e paralelas, feitas com êsse metal.

Nestas condições o ouro parece vermelho, a prata apresenta-se amarelada e o zinco toma uma côr azul violácea.

Para reduzir os metais a lâminas, emprega-se um aparelho chamado *laminador*.

Este compõe-se, na sua maior simplicidade, de dois cilindros horizontais e paralelos, muito próximos (fig. 7) e cuja distância se pode fazer variar à vontade, por meio de parafusos.

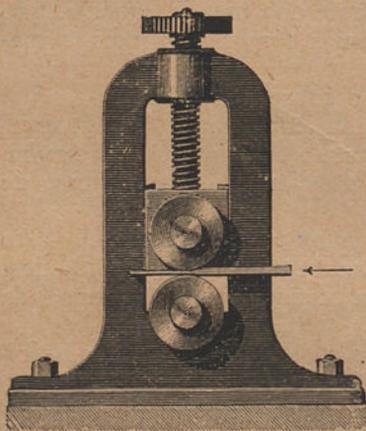


Fig. 7

O metal, depois de derretido, é vasado num molde pouco profundo, onde solidifica, transformando-se em uma placa.

Adelgaça-se esta em um dos topos, que depois se introduz no intervalo entre os cilindros.

Estes são animados de movimento de rotação, girando em sentidos contrários.

Dêste modo a placa é obrigada a mover-se e a passar por entre os cilindros, ao mesmo tempo que vai diminuindo de espessura.

Esta operação é repetida um certo número de vezes, reduzindo-se sempre, previamente, o intervalo por onde a lâmina deve passar.

Em muitos casos, o metal aquece notavelmente, durante a laminação e pode tornar-se quebradiço. Para continuar a operação é, então, necessário *recozer* o metal, isto é, aquecê-lo a uma temperatura suficientemente elevada, deixando-se, em seguida, arrefecer lentamente.

Alguns metais só se deixam laminar convenientemente, quando estão aquecidos a uma determinada temperatura. O zinco, para ser reduzido a fôlhas, deve ser aquecido a 130°, próximamente.

e) *Elasticidade*. — Os metais possuem, geralmente, uma certa *elasticidade*, isto é, depois de sofrerem uma deformação, podem, quando esta não exceder certos limites, readquirir a forma e dimensões primitivas.

f) *Ductilidade*. — A propriedade que, geralmente, possuem os metais de se deixarem reduzir a fios, de maior ou menor diâmetro, chama-se *ductilidade*.

Para reduzir os metais a fios, emprega-se um aparelho chamado *feira*.

Na linha média da mesa representada na fig. 8, vêem-se régua de aço com orifícios de diferentes diâmetros. E por esses orifícios que são obrigadas a passar hastes metálicas, que depois se vão enrolar em bobinas, que se vêem na parte anterior da mesa e que são animadas de movimento de rotação, por meio de uma série de engrenagens, postas em movimento pela acção de um motor.

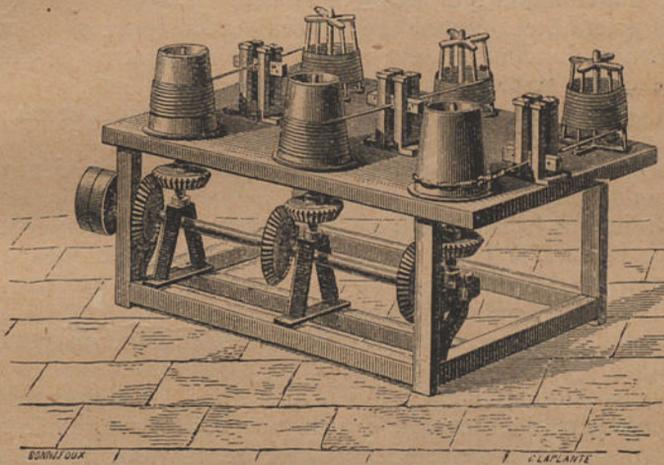


Fig. 8

Os fios, depois de estirados através de um orifício de determinado diâmetro, são enrolados em dobadoiras, que se vêem na parte posterior da mesa, e passam, em seguida, em feiras, sucessivamente de menor diâmetro.

Nem sempre os metais mais maleáveis são os mais *dúcteis*.

O ouro é extraordinariamente dúctil; um grama de metal permite obter um fio com mais de 3.000 metros de extensão.

Em seguida vem a prata. São muito pouco dúcteis o estanho e o chumbo.

O cobre, que é muito mais maleável do que o ferro, é muito menos dúctil do que êle.

g) *Tenacidade*. — Um fio metálico, de um determinado diâmetro, pode suportar, sem se quebrar, um pêso que varia com a natureza do metal.

O pêso mínimo necessário para determinar a rutura de um fio, de determinado diâmetro, é a sua *carga de rutura*.

As *tenacidades* dos diferentes metais medem-se pelas *cargas de rutura* de fios do mesmo diâmetro.

Dos metais usuais, o mais tenaz é o ferro (cuja carga de rutura, em um fio de 2 milímetros de diâmetro, é de cerca de 250 quilogramas).

O cobre ainda tem bastante tenacidade.

O estanho e o chumbo são muito pouco tenazes; (a carga de rutura do chumbo, em um fio de 2 milímetros de diâmetro, é de 10 quilogramas, aproximadamente).

A tenacidade modifica-se, muitas vezes, notavelmente, com as variações de temperatura.

Os *metais pesados* mais importantes são, por ordem alfabética:

Antimónio¹, bismuto¹, cádmio, crómio, chumbo, cobalto, cobre, estanho¹, ferro, manganésio, mercúrio, níquel, ouro, platina, prata e zinco.

Os *metais leves* principais são:

Alumínio, bário, cálcio, estrôncio, lítio, magnésio, potássio e sódio.

Os *metalóides* são, como já dissemos, os elementos que não possuem as propriedades dos *metais*. Em regra, não tem brilho; são geralmente quebradiços, desprovidos de maleabilidade, ductilidade e tenacidade; não conduzem bem o calor e a electricidade.

São sólidos, à temperatura ordinária, os seguintes:

Arsénio, boro, carbono, enxófre, iodo, fósforo, selénio, silício, telúrio.

E líquido, à temperatura ordinária, o *bromo*.

São gasosos:

Argo, azoto, cloro, flúor, hidrogénio, oxigénio.

¹ O antimónio, bismuto e estanho, por algumas das suas propriedades, aproximam-se dos metalóides.

LEIS DE LAVOISIER E DE PROUST — SÍMBOLOS
DOS ELEMENTOS — FÓRMULAS — EQUAÇÕES QUÍMICAS

15. Lei de Lavoisier. — Já anteriormente nos referimos a um grande número de casos em que dadas substâncias, em determinadas condições, se transformam em outras substâncias com propriedades novas. E o que succede em todos os *fenómenos químicos* (n.º 5).

Tais transformações estão subordinadas a um certo número de *leis*, cujo estudo faz parte do objecto da Química (n.º 13).

Entre as leis que regem os fenómenos químicos, as que vamos agora estudar são:

1.º A *lei de Lavoisier*; 2.º A *lei de Proust*.

A *lei de Lavoisier*, *lei dos pesos* ou *lei da conservação da matéria*, pode ser ainda enunciada:

Em qualquer transformação química, conserva-se invariável o peso total dos corpos que tomam parte no fenómeno.

O peso de um composto é, portanto, igual à soma dos pesos dos componentes.

A matéria não pode ser aniquilada; desaparece sob uma forma, para reaparecer integralmente sob outra forma.

Este principio, que hoje se nos apresenta como evidente, só foi aceito de um modo geral, depois dos trabalhos de Lavoisier (n.º 1).

Antes dêsses notáveis trabalhos, muitos químicos aceitavam extraordinários absurdos; admitiam, por exemplo, que se um metal, pelo aquecimento em contacto com o ar, se transformava em um produto mais pesado, era isso devido a combinar-se com a *matéria da chama e do fogo*, que penetrava através das paredes dos vasos em que se realizava o aquecimento!

Lavoisier, fazendo um emprêgo judicioso da balança, demonstrou, à evidência que um tal aumento de peso deve ser attribuído à combinação do metal com um dos elementos que constituem a atmosfera, o *oxigénio* (n.º 1).

O célebre químico francês pôde enunciar a lei que tem o seu nome e que é a base de toda a Química científica: *em uma transformação química, não se pode perder nem criar matéria.*

Quando se recolhem todos os produtos em que se transforma um corpo que diminui de peso ou que desaparece

mesmo totalmente, como succede, por exemplo, a uma vela esteárica que arde no ar ou no oxigénio, a experiência confirma que *os produtos formados teem exactamente o mesmo pêsso que os produtos que concorreram para a sua formação.*

Quando se provocam fenómenos químicos, em espaços limitados, dentro de balões fechados à lâmpada, por exemplo, observa-se que o pêsso total do sistema não sofre alteração alguma.

Uma planta, durante o seu desenvolvimento, aumenta de pêsso, à custa dos produtos que recebe do solo e da atmosfera.

(a)
16. Lei de Proust ou lei das proporções definidas. — *Um dado composto (n.º 7), qualquer que seja a sua origem ou modo de formação, é sempre constituído por uns determinados elementos, unidos em proporções perfeitamente fixas e sempre as mesmas (n.º 8; 5.º).*

Se em **P** gr. de um composto entrarem **p** gr. de um componente *A* e **q** gr. de outro componente *B* e se em **P'** gr. do mesmo composto se encontrarem **p'** gr. de *A* e **q'** gr. de *B*, será:

$$\frac{p}{q} = \frac{p'}{q'} \text{ e também: } \frac{P}{p} = \frac{P'}{p'} \text{ e } \frac{P}{q} = \frac{P'}{q'}$$

Para cada composto ou espécie química composta (n.º 7), *há uma razão constante entre os pesos de dois quaisquer componentes e também entre o pêsso do composto e o pêsso de qualquer dos componentes.*

A água, por exemplo, qualquer que seja a sua proveniência e uma vez que seja água absolutamente pura, é constituída por oxigénio e hidrogénio, unidos na razão de 8^{gr} do primeiro destes elementos, para 1^{gr} do segundo, ou na razão de um volume do primeiro gás para dois volumes do segundo (n.º 3)¹.

Se aquecermos suficientemente, em um ponto, uma mistura formada, por exemplo por 9^{gr} de oxigénio e 1^{gr} de hidrogénio, obteremos 9^{gr} de água, ficando um residuo de oxigénio.

¹ As análises mais rigorosas dão 1^{gr} de hidrogénio para 7^{gr,94} de oxigénio.

(a) Com toda a substancia composta ha uma relação fixe: 1.ª entre os pesos dos componentes; 2.ª entre o pêsso do composto e o pêsso de cada um dos componentes.

com o pêsso de 1^{er}, pois os dois gases, para formarem a água, combinam-se sempre na proporção *fixa* de 8^{er} para 1^{er}.

Sabendo-se que com 8^{er} de oxigénio se combina 1^{er} de hidrogénio, para formar 9^{er} de água, é fácil calcular o pêsso **x** de hidrogénio que se combina com um pêsso qualquer **p** de oxigénio.

Efectivamente, quando o componente oxigénio tem o pêsso 8, o componente hidrogénio tem o pêsso 1; a razão entre os pesos dos dois componentes é $\frac{8}{1}$; quando o componente oxigénio tem o pêsso **p**, o componente hidrogénio tem o pêsso desconhecido **x**; a razão entre os pesos dos componentes é $\frac{p}{x}$; a lei de Proust diz-nos que *estas duas razões são iguais*; será, pois:

$$\frac{8}{1} = \frac{p}{x}; \text{ donde: } x = \frac{p}{8}$$

Do mesmo modo, sabendo, por exemplo, que em 9^{er} de água existem 8^{er} de oxigénio e querendo calcular o pêsso **y** d'êste elemento, que existe num pêsso qualquer **P** de água, estabelecemos a igualdade:

$$\frac{9}{8} = \frac{P}{y},$$

donde tiraremos o valor de **y**; a igualdade anterior exprime que é constante a razão entre o pêsso do composto e o pêsso de um componente.

17. Composição centesimal. — Os pesos dos diferentes elementos que entram em 100 partes de um composto, definem a *composição centesimal* d'êste.

Em 100^{er} de água, por exemplo, há, segundo as determinações mais rigorosas, 88^{er},814 de oxigénio e 11^{er},186 de hidrogénio; êstes números exprimem a *composição centesimal* da água, composição que poderemos indicar do modo seguinte:

Oxigénio.....	88,814
Hidrogénio.....	11,186
Água.....	100,000

18. Enumeração dos elementos mais importantes. Seus símbolos representativos de pesos determinados. — Em Química, convenção-se representar um *determinado peso* de cada elemento por meio de um *símbolo* que muitas vezes é constituído pela primeira letra (maiúscula) do nome latino do elemento.

Quando se conhecem dois ou mais elementos cujos nomes, em latim, começam pela mesma letra, emprega-se geralmente esta como símbolo de um desses elementos, adoptando, para símbolo de cada um dos outros, a inicial do nome, seguida de alguma das outras letras que nêle entram.

Praticamente, os pesos representados pelos símbolos são referidos à unidade *grama*.

Assim, por exemplo, o símbolo *H* representa, praticamente, 1^{gr} de hidrogénio; o símbolo *O* representa 16^{gr} de oxigénio¹; o símbolo *P* representa 31^{gr} de fósforo; o símbolo *Pb* representa 206^{gr},9 de chumbo (*plumbum*); o símbolo *Pt* representa 194^{gr},8 de platina.

Ao peso (em gramas) representado pelo símbolo de um elemento dá-se o nome de *átomo-grama* do elemento. Assim diremos, por exemplo, que o átomo-grama do chumbo é 206^{gr},9.

Os valores que os símbolos representam foram determinados por forma que, por si mesmos, ou depois de multiplicados por *factores inteiros* e geralmente pequenos, permitem representar as proporções em que os elementos se combinam entre si. O oxigénio e o hidrogénio, por exemplo, só podem combinar-se nas proporções $a \times O$ para $b \times H$, sendo a e b números inteiros pequenos; na água estão combinados na proporção O para $2H$ ou 16 de oxigénio para 2 de hidrogénio.

Do mesmo modo, o oxigénio e o chumbo só podem combinar-se nas proporções $m \times O$ para $n \times Pb$, sendo m e n números inteiros, pequenos. Conhecem-se compostos com as composições: O para Pb (16^{gr} de oxigénio para 206^{gr},9 de chumbo); $2 \times O$ para Pb (32^{gr} de oxigénio para 206^{gr},9 de chumbo);

¹ Considerando $H = 1$, deveríamos rigorosamente tomar o valor $O = 15,88$. Adoptando o valor hoje universalmente preferido $O = 16$, deve-se tomar o valor $H = 1,008$ (Berliner Berichte 31; 2761; 1898). Para as nossas aplicações, basta considerar o valor aproximado $H = 1$.

$4 \times O$ para $3 \times Pb$ ($4 \times 16^{gr} = 64^{gr}$ de oxigênio para $3 \times 206^{gr},9 = 620^{gr},7$ de chumbo).

No quadro seguinte estão indicados os *símbolos* dos diversos elementos mais importantes e os pesos que êsses símbolos representam.

19. Tabela dos pesos representados pelos símbolos dos elementos (átomos-gramas)

Nomes dos elementos	Símbolos	Átomos-gramas
Alumínio.....	Al.....	27,1
Antimônio (<i>Stibium</i>).....	Sb.....	120,0
Argo.....	A.....	39,9
Arsênio.....	As.....	75,0
Azoto (<i>Nitrogenium</i>).....	N, ou Az.....	14,0
Bário.....	Ba.....	137,4
Bismuto.....	Bi.....	208,5
Boro.....	B.....	11,0
Bromo.....	Br.....	80,0
Cádmio.....	Cd.....	112,4
Cálcio.....	Ca.....	40,0
Carbono.....	C.....	12,0
Cloro.....	Cl.....	35,5
Crômio.....	Cr.....	52,1
Chumbo (<i>Plumbum</i>).....	Pb.....	206,9
Cobalto.....	Co.....	59,0
Cobre (<i>Cuprum</i>).....	Cu.....	63,6
Enxofre (<i>Sulfur</i>).....	S.....	32,0
Estanho (<i>Stannum</i>).....	Sn.....	118,5
Estrôncio (<i>Strontium</i>).....	Sr.....	87,6
Ferro.....	Fe.....	56,0
Fluor.....	F ou Fl.....	19,0
Hidrogênio.....	H.....	1,0
Iodo.....	I.....	127,0
Irijo.....	Ir.....	193,0
Lítio.....	Li.....	7,0
Magnésio.....	Mg.....	24,4
Manganésio.....	Mn.....	55,0
Merúrio (<i>Hydrargyrium</i>).....	Hg.....	200,3
Níquel.....	Ni.....	58,7
Ouro (<i>Aurum</i>).....	Au.....	197,2
Oxigênio.....	O.....	16,0
Paládio.....	Pd.....	106,0
Fósforo.....	P.....	31,0
Platina.....	Pt.....	194,8
Potássio (<i>Kalium</i>).....	K.....	39,1
Prata (<i>Argentum</i>).....	Ag.....	107,9
Selênio.....	Se.....	79,1
Silício.....	Si.....	28,4
Sódio (<i>Natrium</i>).....	Na.....	23,0
Telúrio.....	Te.....	127,6
Zinco.....	Zn.....	65,4

20. Conhecidos os pesos representados pelos símbolos dos elementos, compreender a significação das expressões simbólicas chamadas fórmulas. — Uma vez representado por um símbolo um certo pêso, o átomo grama, de um elemento, é fácil representar, simbólicamente, um múltiplo inteiro do átomo-grama.

Assim, por exemplo, $2H$ representa $2 \times 1^{\text{gr}} = 2^{\text{gr}}$ de hidrogénio; $4O$ representa $4 \times 16^{\text{gr}}$ de oxigénio, etc.

É também fácil compreender a significação das expressões simbólicas chamadas fórmulas, que são utilizadas constantemente em Química, para representar a composição qualitativa e quantitativa das substâncias compostas.

Consideremos, por exemplo, o óxido de ferro que se forma quando o ferro arde no oxigénio e na acção do ferro sobre o vapor de água, a alta temperatura (n.º 3).

A composição dêsse óxido pode representar-se pela fórmula O^4Fe^3 , que abreviadamente representa a soma:



os coeficientes 4 e 3 dos símbolos foram escritos na fórmula como se fôsem expoentes e o sinal + foi suprimido; algumas vezes escrevem-se os coeficientes como se fôsem índices dos símbolos; a fórmula do óxido de que estamos tratando será, então, O_4Fe_3 .

Como o símbolo O representa praticamente 16^{gr} de oxigénio e o símbolo Fe representa 56^{gr} de ferro, a fórmula O^4Fe^3 diz-nos que o óxido de ferro, de que se trata, é formado de oxigénio e ferro, na proporção de $4 \times 16^{\text{gr}} = 64^{\text{gr}}$ de oxigénio para $3 \times 56^{\text{gr}} = 168^{\text{gr}}$ de ferro.

O pêso do composto é igual à soma dos pesos dos elementos que o formaram (lei de Lavoisier); como $64 + 168 = 232$, poderemos concluir, da fórmula O^4Fe^3 , que em 232^{gr} do óxido de ferro que se forma pela acção dêsse metal ao rubro sobre a água, entram 64^{gr} de oxigénio e 168^{gr} de ferro.

Como se vê, a fórmula de um composto representa um pêso que facilmente se calcula, fazendo a soma dos produtos dos coeficientes dos símbolos pelos valores que êstes representam.

Quando se faz uso das fórmulas universalmente preferidas

peso do ferro = 56 gr
peso do oxigénio = 16 gr

e que sempre empregaremos, aquela *soma*, referida a gramas, tem o nome de *molécula-grama* do composto.

Seja, por exemplo, a água o composto considerado; a sua fórmula é OH^2 , que representa a soma: $O + 2H$ ou 16^{gr} de oxigénio + $2 \times 1^{\text{gr}}$ de hidrogénio, em 18^{gr} de água.

A *molécula-grama* da água é, pois, 18^{gr} .

Podemos dizer que a molécula-grama da água é formada por um átomo-grama de oxigénio e dois átomos-gramas de hidrogénio.

21. Conhecida a fórmula de um composto, determinar a sua composição centesimal. — Quando se conhece a fórmula de um composto, facilmente se calcula a sua *composição centesimal* (n.º 17).

Seja, por exemplo, considerado o óxido, de fórmula O^4Fe^3 , a que já nos temos referido.

Como: $4 \times O + 3 \times Fe = 4 \times 16 + 3 \times 56 = 232$, ficamos sabendo que, em 232^{gr} do óxido de ferro considerado, há 64^{gr} do oxigénio e 168^{gr} de ferro; a razão entre o pêso do composto e o do componente ferro é, pois, $\frac{232}{168}$; quando o composto tiver o pêso 100 e o componente ferro o pêso desconhecido x , a razão é $\frac{100}{x}$; estas duas razões são iguais (lei de Proust); será, portanto:

$$\frac{232}{168} = \frac{100}{x}; \text{ donde: } x = 72,4138;$$

representando por y o pêso de oxigénio que entra em 100 do óxido, teremos, do mesmo modo:

$$\frac{232}{64} = \frac{100}{y}; \text{ donde: } y = 27,5862;$$

como verificação, deve ser $x + y = 100$.

A *composição centesimal* do óxido considerado e que se chama *óxido salino de ferro* será, pois, representada do modo seguinte:

Oxigénio	27,5862
Ferro	72,4138
Óxido salino de ferro.	<u>100,0000</u>



Nestes cálculos aproveitam-se, ordinariamente, os decimais até décimas milésimas, visto que as balanças empregadas para as análises teem geralmente, uma sensibilidade que vai até ao decimiligrama.

22. Volumens, no estado gasoso (expressos em litros), praticamente representados pelos symbolos dos elementos e fórmulas dos compostos.— Já dissemos (n.º 20) que a fórmula adoptada para um composto representa um pêso dêste, que facilmente se calcula e que tem o nome de *molécula-grama*. Quando o composto é considerado no estado gasoso, a *molécula-grama* representa, aproximadamente, o pêso de $22^{1,4}$ do composto (calculado êsse pêso para a hipótese da substância estar à temperatura 0° e à pressão de 760^{mm}).

De um modo mais geral, diremos que a *molécula-grama* de um composto é um pêso dêste que, no estado gasoso, occupa, aproximadamente, o mesmo volume que o pêso $2\text{O} = 32^{\text{gr}}$ de oxigénio (supondo medidos nas mesmas condições de pressão e temperatura o volume do composto e o volume do oxigénio).

A 0° e 760^{mm} , o pêso 32^{gr} de oxigénio occupa o volume $22^{1,4}$.

Assim, por exemplo, a fórmula da agua sendo $\text{OH}^2 = 16 + 2 = 18$, mostra-nos que 18^{gr} de vapor de água occupam o mesmo volume que 32^{gr} de oxigénio, nas mesmas condições de pressão e temperatura. Occupariam, a 0° e 760^{mm} , $22^{1,4}$, aproximadamente, se o composto pudesse manter-se no estado gasoso, àquella temperatura e pressão.

Um gás chamado *amoniaco* tem a fórmula $\text{NH}^3 = 14 + 3 = 17$; dessa fórmula se conclui que a *molécula-grama* do amoniaco é 17^{gr} e que êste pêso de gás occupa (a 0° e 760^{mm}) o volume $22^{1,4}$.

O volume occupado pelo pêso $\text{O} = 16^{\text{gr}}$ de oxigénio a (0° e 760^{mm}) é $11^{1,2} = \frac{22^{1,4}}{2}$; muitas vezes, toma-se como *unidade* de volume dos gases, em Quimica, êste volume $11^{1,2}$; nestas condições diz-se que a *molécula-grama* de um gás ou de um vapor occupa *2 volumes*; é o que se chama *volume molecular*.

A *molécula-grama* de um *elemento* representa também,

aproximadamente, o pêso (em gramas) de $22^{1,4}$ (2 volumes) dêsse elemento, considerado no estado gasoso (a 0° e 760^{mm}).

Ocupando-nos apenas do caso mais importante de se tratar de elementos gasosos à temperatura ordinária, observaremos que a molécula-grama de qualquer dos gases simples mais vulgares é o dôbro do átomo-grama; as moléculas-gramas de tais gases são, pois, representadas pelas fórmulas: H^2 ; O^2 ; Cl^2 ; N^2 ; F^2 ; são êstes, aproximadamente, os pesos de $22^{1,4}$ dêsses diferentes gases; isto é, 2^{gr} ; 32^{gr} ; 71^{gr} ; 28^{gr} ; 38^{gr} , representam os pesos de $22^{1,4}$ (ou 2 vol.) de hidrogénio, oxigénio, cloro, azoto e flúor (a 0° e 760^{mm}).

O símbolo de qualquer dos gases simples referidos representa, como se vê, aproximadamente, o pêso de $11^{1,2}$ (1 vol.) dêsse gás (a 0° e 760^{mm}).

23. Se um composto e os elementos que o constituem podem existir no estado gasoso, deduzir da fórmula dêsse composto a sua composição volumétrica. — Em vista do que foi exposto no número anterior, é facil deduzir da fórmula de um composto a sua composição volumétrica, no estado gasoso, quando são também considerados nesse estado os elementos componentes.

Seja, por exemplo, a água, cuja fórmula é OH^2 . Já sabemos que O^2 (32^{gr} de oxigénio) representa o pêso de $22^{1,4}$ ou 2 vol. dêsse gás; o símbolo O representa, pois, $11^{1,2}$ ou 1 vol. Do mesmo modo, H representa 1 vol. A molécula-grama da água OH^2 representa, aproximadamente, o pêso de $22^{1,4}$ ou 2 vol., no estado de vapor de água.

Conclui-se, pois, que da combinação de 1 vol. de oxigénio com 2 vol. de hidrogénio resultam 2 vol. de vapor de água.

Do mesmo modo, da fórmula NH^3 do gás amoníaco, conclui-se que 1 vol. de azoto, combinando-se com 3 vol. de hidrogénio, produziria 2 vol. de gás amoníaco.

24. Regra prática para calcular, aproximadamente, a densidade de um gás ou de um vapor, conhecendo-se a sua fórmula e os pesos representados pelos símbolos dos elementos. — Como se disse (n.º 20), conhecendo a fórmula de um composto, calcula-se a molécula-grama M^{gr} , fazendo a soma dos produ-

tos dos coeficientes dos símbolos pelos valores que estes representam. Por outro lado, a molécula-grama M^{gr} representa, aproximadamente, o pêsó de 22,4 do composto, no estado gasoso. Daqui se conclui que o pêsó de 1 litro de gás (a 0° e 760^{mm}), cuja molécula-grama é M^{gr} deve ser, aproximadamente: $P = \frac{M^{gr}}{22,4}$. O pêsó de 1 litro de hidrogénio, por exem-

plo, será: $\frac{H^2}{22,4} = \frac{2^{gr}}{22,4} = 0^{gr},09$.

A fórmula $P = \frac{M^{gr}}{22,4}$ pode escrever-se: $P = \frac{M^{gr}}{2} \times \frac{1}{11,2} = \frac{M^{gr}}{2} \times 0,09$, o que mostra que *para calcular*, com aproximação bastante, o pêsó de 1 litro de gás ou de vapor (a 0° e 760^{mm}), basta multiplicar metade da molécula-grama por 0,09, operação que até mentalmente é fácil de fazer.

Chama-se *densidade* de um gás ou de um vapor à razão entre o pêsó de um certo volume do gás ou do vapor e o pêsó de um volume igual de ar (nas mesmas condições de pressão e temperatura). O pêsó de um litro de ar (a 0° e 760^{mm}) é 1^{gr},293. A densidade de um gás ou de um vapor poderá, pois, ser representada por :}

$$D = \frac{P}{1,293} = \frac{M}{22,4 \times 1,293} = \frac{M}{28,9}$$

Vê-se, pois, que conhecida a fórmula e, portanto, a molécula-grama de um composto, basta dividir por 28,9 o número que a representa (considerado como abstracto), para ter, com bastante aproximação, a *densidade* (em relação ao ar) do composto, no estado gasoso.

Quando se trata de um gás simples dos mais conhecidos, a molécula-grama obtêm-se, como foi dito, multiplicando por 2 o átomo-grama.

Exemplos : O amoníaco é um gás que tem a fórmula NH^3 ; a molécula-grama é, pois, $14^{gr} + 3^{gr} = 17^{gr}$. A densidade dêste gás será, portanto, aproximadamente :

$$D = \frac{17}{28,9} = 0,588; \text{ o pêsó de 1 litro de amoníaco (a } 0^\circ \text{ e } 760^{\text{mm}})$$

$$\text{é: } P = \frac{17^{gr}}{22,4} = 0^{gr},76, \text{ ou } P = \frac{17^{gr}}{2} \times 0,09 = 0^{gr},76.$$

A molécula-grama do *azoto* é $N^2 = 28^{\text{gr}}$; a densidade dêste gás em relação ao ar é, pois, aproximadamente:

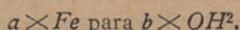
$$D = \frac{28}{28,9} = 0,969; \text{ o p\êso de um litro do gás \acute{e}: } P = \frac{28^{\text{gr}}}{22,4} = 1^{\text{gr}},25$$

$$\text{ou } P = \frac{28^{\text{gr}}}{2} \times 0,09 = 1^{\text{gr}},26.$$

25. Reacções. Equações químicas. — Quando certas substâncias, sendo postas em presença, em determinadas circunstâncias, sofrem uma transformação donde resultam novas substâncias, diz-se que se efectua uma *reacção*; as substâncias primitivas teem o nome de *reagentes*; as que resultaram da transformação chamam-se *produtos da reacção*.

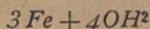
As proporções, em que as substâncias actuam umas sôbre as outras, podem sempre exprimir-se por meio dos símbolos (no caso dos elementos) e pelas fórmulas (no caso dos compostos) ou pelos produtos dos símbolos e das fórmulas por factores *inteiros*.

Assim, por exemplo, quando o ferro reagir com a água (n. °3), necessariamente os pesos das duas substâncias hão-de figurar nas proporções:



sendo *a* e *b* números inteiros; efectivamente, na acção do ferro ao rubro sôbre o vapor de água, as duas substâncias reagem nas proporções: $3 \times Fe$ para $4 \times OH^2$.

O pêsso total dos reagentes, nas proporções assim representadas, exprime-se, fácilmente, por uma soma. No exemplo que estamos considerando, essa soma será:

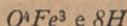


Representando do mesmo modo o produto ou os produtos da reacção, obteremos uma expressão que representa o pêsso total dos produtos da reacção, o qual deve ser igual ao pêsso total dos reagentes, como se indica na lei de Lavoisier.

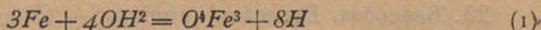
Igualando as duas expressões, teremos o que se chama uma *equação química*.

Considerando ainda o exemplo a que acima nos referimos e sabendo que os produtos da reacção do ferro sôbre o va-

por de água são um óxido de ferro com a fórmula O^4Fe^3 e hidrogénio (n.º 3), representaremos os pesos dos dois produtos da reacção por :



e teremos a *equação química* :



No primeiro membro da *equação*, como no segundo, o peso do ferro é representado por $3 Fe$ ($= 3 \times 56 = 168$); o peso do oxigénio é representado, nos dois membros, por $4O$ ($= 4 \times 16 = 64$).

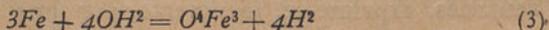
Querendo representar a reacção do oxigénio com o hidrogénio, para formar a água, escreveremos :



No primeiro membro, como no segundo, a quantidade de oxigénio é representada por O ($= 16$); a quantidade de hidrogénio, nos dois membros, é $2H$ ($= 2$); o peso total dos reagentes, como o do produto da reacção, é 18.

Geralmente, nas equações químicas, representam-se os elementos pelas suas *fórmulas* (n.º 22). Em vez de escrever $2O$, por exemplo, faz-se, geralmente, figurar nas equações a fórmula O^2 .

A equação (1) escreve-se, de preferência :



visto ser H^2 a *fórmula* do hidrogénio ($H^2 = 2^{\text{gr}}$ representa a molécula-grama ou o peso de $22^1,4$ de hidrogénio, a 0° e 760^{mm}).

Do mesmo modo, a equação (2) escrever-se há ¹:

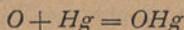


¹ Não seguiremos esta regra, sempre que dela resultar complicação que não tem vantagem alguma.

Preferiremos a equação (3) à equação (1) mas não achamos vantagem em substituir a equação (2) pela equação (4).

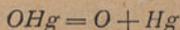
Vejamos como se representam, por equações químicas, as transformações químicas que já conhecemos.

A oxidação do mercúrio, pelo aquecimento em contacto com o ar (n.º 1), pode representar-se pela equação:



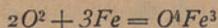
que mostra que 16^{gr} de oxigénio se combinam com 200^{gr},3 de mercúrio, para darem 216^{gr},3 de óxido vermelho de mercúrio.

A decomposição do óxido de mercúrio pelo calor (n.º 1) é representada pela equação:



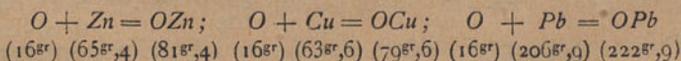
que nos mostra que 216^{gr},3 de óxido vermelho de mercúrio podem fornecer 16^{gr} ou 11',2 (1 vol.) de oxigénio.

A oxidação do ferro, quando é aquecido, a alta temperatura, em contacto com o oxigénio (n.º 2), representa-se pela equação:



donde se conclui que $4 \times O = 64^{\text{gr}}$ de oxigénio ou $2 \times 22',4 = 44',8$ dêsse gás, se combinam com $3 \times 56^{\text{gr}} = 168^{\text{gr}}$ de ferro, para dar o pêso $4 \times 16^{\text{gr}} + 3 \times 56^{\text{gr}} = 232^{\text{gr}}$ de óxido.

A oxidação do zinco, a do cobre e a do chumbo (n.º 2) podem representar-se facilmente pelas equações:



Insistiremos mais uma vez sôbre a significação ponderal e volumétrica dos símbolos dos elementos e das fórmulas dos compostos.

A equação química $3 Fe + 4 OH^2 = O^4Fe^3 + 4 H^2$, por exemplo, mostra que, decompondo 72^{gr} de água ($4 OH^2 = 4 \times 18 = 72$) por 168^{gr} de ferro ($3 Fe = 3 \times 56 = 168$), obtêm-se o pêso 232^{gr} de óxido salino de ferro ($O^4Fe^3 = 4 \times 16 + 3 \times 56 = 64 + 168 = 232$) e o pêso 8^{gr} de hidrogénio ($4 H^2 = 4 \times 2 = 8$) que corresponde, aproximadamente, ao volume 90^l de gás (4 H^2 representa $4 \times 22',4 = 89',6$).

G. Z. d.

ESTUDO DO HIDROGÊNIO, OXIGÊNIO, AZOTO,
AR ATMOSFÉRICO E ÁGUA

HIDROGÊNIO. H = 1. — 26. Estado natural. — O hidrogênio tem sido encontrado no estado livre; figura, por exemplo, entre os gases que constituem as emanações vulcânicas.

E, porém, sobretudo, abundante no estado de combinação e principalmente com o oxigênio, constituindo a água (n.º 3).

27. Preparação. — Vimos (n.º 3) como, decompondo a água, pelo ferro, ao rubro, se pode obter hidrogênio, mas este processo é pouco cómodo.

Nos laboratórios, o hidrogênio é obtido por um processo mais prático e económico que passamos a descrever.

Recorre-se, geralmente, a substâncias que teem, em Química, o nome de *ácidos*.

Estes contem sempre hidrogênio; fazendo actuar sobre certos *ácidos* um metal convenientemente escolhido, é fácil *libertar* o hidrogênio daqueles compostos.

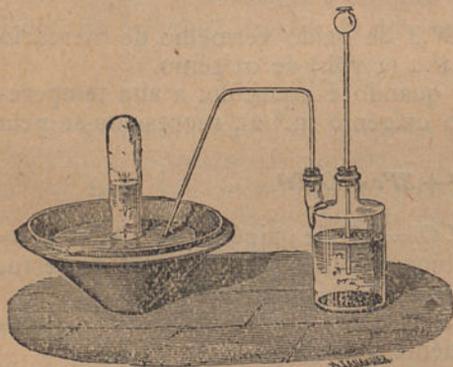


Fig. 9

Para a preparação deste gás faz-se reagir, geralmente, o zinco ou o ferro sobre qualquer dos ácidos conhecidos pelos nomes de *ácido sulfúrico* e *ácido clorídrico*.

O aparelho em que esta operação se realiza, ordinariamente, nos laboratórios, compõe-se de um frasco de duas tubuladuras (fig. 9), em que se teem introduzido aparas de ferro ou pedaços de zinco¹.

¹ Quando se funde zinco e se vasa o metal líquido sobre a água, o metal solidifica em pequenos pedaços, mais ou menos arredondados; para preparar o hidrogênio emprega-se, muitas vezes, o zinco assim *granulado*.

À tubuladura central está aplicado um tubo de *carga e segurança* ¹.

A tubuladura lateral adapta-se um *tubo abdutor* ou de *descarga*, que há-de conduzir o gás para a parte inferior de uma *campânula* cheia com água e invertida sôbre a *tina hidropneumática*.

Pelo funil do tubo de carga deita-se água, até encher dois terços da capacidade do frasco, aproximadamente. Fazem-se depois cair, pelo mesmo tubo, algumas gotas de *ácido sulfúrico* ou de *ácido clorídrico* ².

Juntam-se sucessivamente novas porções de ácido, até que se estabeleça uma produção regular de hidrogénio.

Passados uns 7 ou 8 minutos, *quando já todo o ar deve ter sido expulso do aparelho* ³, coloca-se sôbre a extremidade recurvada do tubo abdutor, a qual está debaixo de água, a campânula que está cheia com êste mesmo líquido e na qual se quere receber o gás.

Deve-se evitar um excesso de ácido, que daria uma reacção tumultuosa, desenvolvendo rápidamentee o gás, o que faria espumar o líquido, transbordando-o do frasco.

Ao mesmo tempo, elevar-se-ia a temperatura no aparelho,

¹ Êste tubo recto mergulha, pela sua parte inferior, no líquido; se, por qualquer circunstância, a pressão dentro do frasco aumentar consideravelmente, o líquido sobe e é expulso pelo tubo de segurança, até deixar a descoberto a extremidade inferior dêsse tubo, pelo qual sai, então, o excesso de gás.

² O *ácido clorídrico* é um gás muito solúvel na água; é ao soluto aquoso do gás que se dá, ordinariamente, o nome de *ácido clorídrico*.

³ Para verificar se todo o ar foi expulso do aparelho, começa-se por encher com água um pequeno tubo de vidro, aberto em uma extremidade e fechado na outra (*tubo de ensaio*); tapa-se com o dedo polegar a abertura do tubo e inverte-se êste sôbre a extremidade recurvada do tubo abdutor, a qual está debaixo de água, na tina. Logo que o tubo de ensaio está cheio de gás, tapa-se com o dedo polegar, retira-se da água e, conservando-o invertido, leva-se a uma chama, junto da qual é des-tapado.

Deve ouvir-se um estalido sêco e pequeno, continuando o hidrogénio a arder tranqüilamente, quando se coloca o tubo com a bôca para cima.

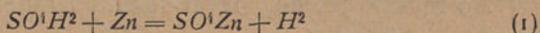
Se, pelo contacto da chama se produz um silvo um pouco prolongado, é sinal de que o hidrogénio está ainda misturado com ar.

donde poderia resultar a formação de vários produtos, que tornariam bastante impuro o hidrogénio preparado.

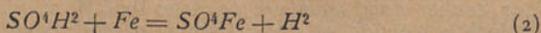
Para explicar a reacção de que estamos tratando, começaremos por conhecer a composição do *ácido sulfúrico* e a do *ácido clorídrico*.

O primeiro é composto de três elementos: enxôfre, oxigénio e hidrogénio, nas proporções S para $4 \times O$, e $2 \times H$ (isto é, 32 gr. de enxôfre, para 4×16 gr. = 64 gr. de oxigénio e 2×1 gr. = 2 gr. de hidrogénio); a sua fórmula é, pois, SO^4H^2 . Quando o zinco reage com este *ácido*, faz sair dêle o hidrogénio e toma o seu lugar; quando do ácido sai o pêso $2H$ (2 gr.) de hidrogénio, entra para o seu lugar o pêso Zn (65^{gr},4) de zinco; o composto resultante da *substituição* do hidrogénio do *ácido* pelo metal é um *sal*; chama-se *sulfato de zinco* e tem a fórmula SO^4Zn , visto que a sua composição só difere da do ácido sulfúrico em ter o pêso Zn de zinco, em lugar do pêso $2H$ de hidrogénio.

A reacção do zinco com o ácido sulfúrico poderá, pois, ser representada pela *equação química* (n.º 25):



Com o ferro, as cousas passam-se de modo análogo: o hidrogénio do ácido é *substituído* pelo metal; o pêso H^2 (2^{gr}) de hidrogénio é substituído pelo pêso Fe (56^{gr}) de ferro, formando-se agora o *sal* chamado *sulfato de ferro*, ao mesmo tempo que o hidrogénio é posto em liberdade; a equação química que traduz neste caso a reacção é:



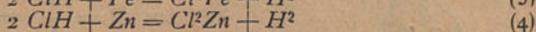
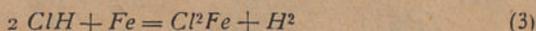
O *ácido clorídrico* é um composto de dois elementos: o *cloro* e o *hidrogénio*, nas proporções Cl (35^{gr},5 de cloro) para H (1 gr. de hidrogénio).

A sua fórmula é, pois, ClH ; para ter o pêso $2H$ de hidrogénio, precisamos multiplicar por 2 a fórmula do ácido e teremos $2ClH$; neste pêso $2ClH$ (2×36 ^{gr},5) de ácido, ainda o pêso H^2 é substituível pelo pêso Zn de zinco ou pelo pêso Fe

de ferro. Quando $2H$ fôr substituído por Fe em $2ClH$ ou em Cl^2H^2 , obteremos o sal chamado *cloreto de ferro*, cuja composição será representada pela fórmula Cl^2Fe .

No caso do hidrogénio do ácido ser substituído pelo zinco ($2H$ sendo substituído por Zn), obteremos o sal chamado *cloreto de zinco*, com a fórmula Cl^2Zn .

As equações químicas serão:



Se notarmos que a fórmula SO^4H^2 representa o pêso de 98 gr. ($SO^4H^2 = 32 + 4 \times 16 + 2 \times 1$) e se atendermos a que $Fe = 56$ e $Zn = 65,4$, concluímos das equações (1) e (2) que, para obter 2 gr. de hidrogénio ($H^2 = 2$) ou 22,4 dêste gás (medido o volume a 0° e 760^{mm}), é necessário fazer reagir 98 gr. de ácido sulfúrico com 56 gr. de ferro ou com 65,4 gr. de zinco.

Querendo calcular a quantidade x de ácido sulfúrico necessário para obter p gr. de hidrogénio, fariamos a proporção:

$$\frac{98}{2} = \frac{x}{p}$$

Se quiséssemos saber qual é a quantidade y de ácido sulfúrico necessário para obter v de hidrogénio, estabeleceríamos a proporção:

$$\frac{98}{22,4} = \frac{y}{v}$$

Das equações (3) e (4) conclui-se que, para obter 2 gr. de hidrogénio ou 22,4 dêste gás, é preciso empregar um soluto de gás ácido clorídrico contendo o pêso $2ClH = 2(35,5 + 1) = 73$ gr., daquele gás (o que corresponde ao volume $2 \times 22,4 = 44,8$).

Na prática, as quantidades empregadas são sempre superiores às que se podem assim calcular, não só porque os reagentes não teem absoluta pureza, mas também porque uma parte do gás que se está preparando, se perde para expulsar o ar do aparelho.

28. Propriedades físicas. — *Fraca densidade; grande difusibilidade.* — O hidrogénio é, como já dissemos, um gás invisível. É inodoro¹ e pouco solúvel na água. A sua densidade é muito pequena. Podemos deduzir o seu valor da fórmula do n.º 24:

$$D = \frac{M}{28,9} = \frac{H^2}{28,9} = \frac{2}{28,9} = 0,069.$$

Sendo $D = \frac{2}{28,9} = \frac{1}{14,45}$ e atendendo a que a densidade do ar é tomada por unidade, vê-se que a densidade do hidrogénio é quasi catorze e meia vêzes inferior à do ar.

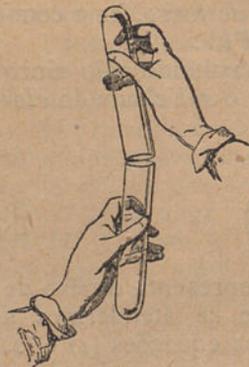


Fig. 10

Já sabemos que 1^{er} de hidrogénio ($H=1$) ocupa visivelmente o mesmo volume que 16^{er} de oxigénio ($O=16$), ou seja 11¹,2 (a 0^o e 760^{mm}).

Um litro de hidrogénio pesa, pois, como já foi dito (n.º 24), $\frac{1^{er}}{11,2}$ ou nove centigramas, aproximadamente.

Várias experiências permitem demonstrar que o hidrogénio é muito leve:

1.^a Mantêm-se verticalmente, com a abertura para baixo, uma campânula de vidro,

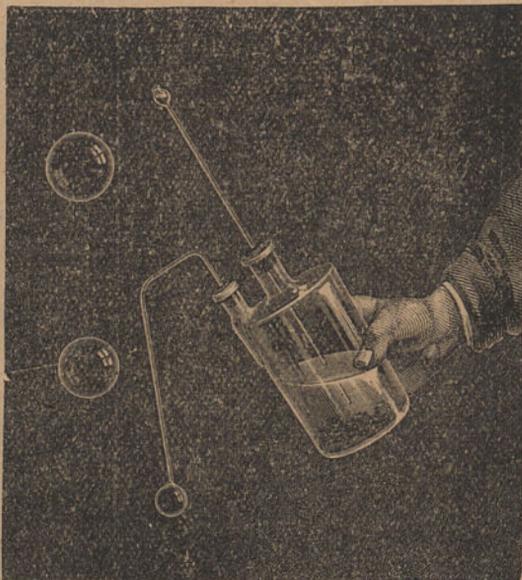


Fig. 11

¹ O hidrogénio preparado pelos processos indicados tem, muitas vezes um cheiro desagradável, devido a impurezas que o acompanham.

a cuja bôca se faz chegar o hidrogénio, o qual, em vista da sua fraca densidade, enche depressa a campânula fazendo sair o ar.

A bôca desta campânula adapta-se, então, rápidamente, a de uma outra, perfeita-mente igual e que está cheia de ar.

Inverte-se, em seguida o conjunto das duas campânulas, de modo que fica na parte superior a que contém ar (fig. 10).

Fácilmente se reconhece que o hidrogénio passa rápidamente para a campânula superior, onde pode ser inflamado, pelo contacto de uma chama (fig. 6).

2.^a Com o hidrogénio que sai de um frasco onde se produz este gás, podem encher-se bolas de sabão (fig. 11); observaremos que estas se elevam rápidamente na atmosfera.

3.^a Nas duas extremidades do travessão de uma balança ordinária (fig. 12), suspendem-se e equilibram-se dois copos de vidro, dispostos por forma que um dêles fique com a bôca para baixo; fazendo por esta entrar hidrogénio, vê-se o travessão descer do lado oposto, onde o copo está cheio de ar.

Uma outra propriedade notável do hidrogénio consiste na sua grande *difusibilidade* (n.º 5); atravessa muito fácilmente os corpos porosos, certas membranas animais ou vegetais, o ferro e a platina aquecidos ao rubro, etc.

A grande *difusibilidade* ou *poder osmótico* do hidrogénio pode ser demonstrada por meio de várias experiências:

1.^a Com uma fôlha de papel tapa-se a abertura de uma campânula cheia de hidrogénio, abertura que, em seguida, se volta para cima; aproximando uma chama da superfície superior do papel, o hidrogénio inflama-se imediatamente.

2.^a Conduza-se o hidrogénio, por um tubo de borracha B

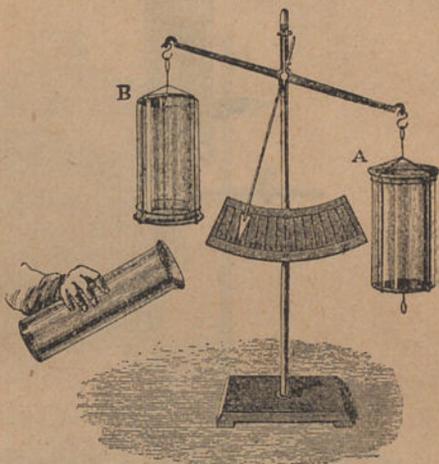


Fig. 12

(fig. 13), até ao interior de um vaso de barro poroso *A*, em comunicação com um tubo *C*, que mergulha inferiormente em

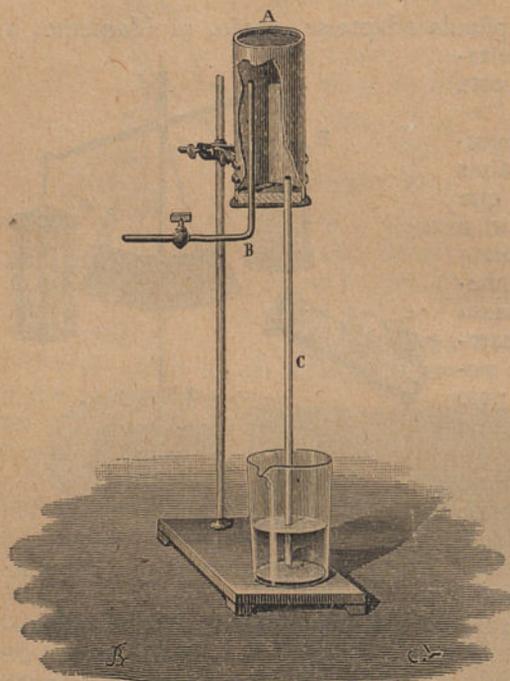


Fig. 13

pressão atmosférica, se eleva no tubo.

3.^a Demonstra-se a difusibilidade do hidrogénio através dos metais ao rubro, por meio da seguinte experiência: Em um forno (fig. 14), introduz-se um tubo de porcelana, tendo no seu interior um outro tubo de platina ou de ferro *T*.

No tubo interior, que comunica com um copo com mercúrio, servindo de tina barométrica, faz-se passar uma corrente de hidrogénio.

No espaço anular entre os dois tubos faz-se passar uma corrente de azoto.

Se os tubos estiverem aquecidos a uma alta temperatura e se suspendermos a corrente de hidrogénio, fechando a

água (que, geralmente, se cora de vermelho, para tornar o líquido mais visível).

O ar contido no vaso *A* será expulso através do tubo *C*.

Interrompendo a entrada do hidrogénio no interior do vaso poroso, observaremos que o líquido se eleva no tubo *C*; êste facto é de fácil explicação: o gás, em virtude do seu grande poder osmótico, sai rapidamente através dos poros do vaso *A*, onde se produz um vácuo parcial, pelo que, o líquido corado, submetido no copo à

torneira *R*, veremos que o mercúrio do copo sobe no tubo *M*, mostrando que se produziu um vácuo parcial dentro do tubo *T*. Este vácuo é devido à saída do hidrogénio, através das paredes do tubo metálico ¹.

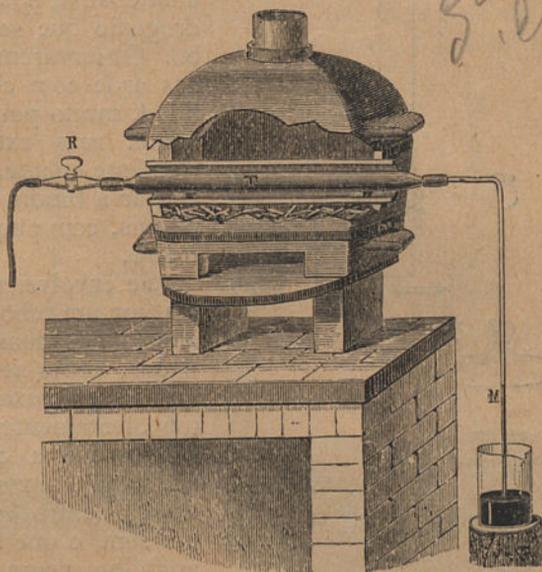
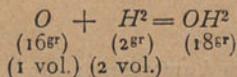


Fig. 14

29. Propriedades químicas. a) *Combinação do hidrogénio com o oxigénio. Propriedades da chama.* — Já dissemos (n.º 3) que o hidrogénio é *combustível* mas não é *comburente*; sendo aquecido suficientemente, no seio do ar ou do oxigénio, combina-se com êste gás, ardendo com chama muito quente. Desta combinação resulta a água:



¹ Se no espaço anular houvesse ar, em vez de azoto, poderia haver uma explosão, devida à combinação do oxigénio do ar com o hidrogénio que passa através das paredes do tubo de platina.

Se à tubuladura lateral de um frasco, onde se produz hidrogénio, adaptarmos um tubo de vidro afilado na extremidade

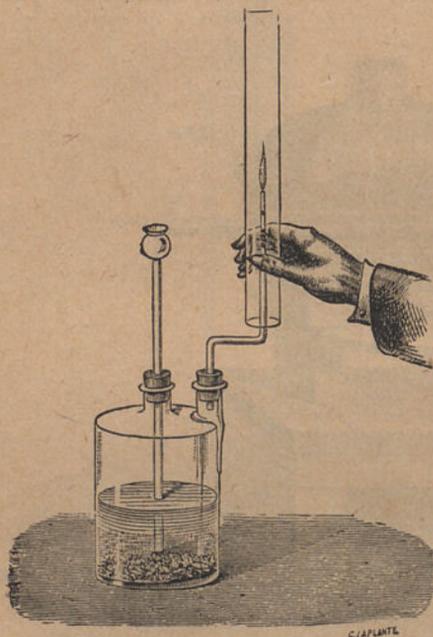


Fig. 15

(fig. 15), poderemos inflamar pela aproximação de uma chama, o jacto de hidrogénio que sai pelo tubo. Observaremos que o gás arde com chama pálida¹, muito pouco iluminante, mas extraordinariamente quente, podendo chegar a fundir um fio de platina, com pequeno diâmetro.

Se envolvermos a chama por um tubo de vidro, aberto nas duas extremidades, como se vê na figura, e se abaixarmos este tubo, lentamente, observaremos que a chama se adelgaça e alonga, ouvindo-se, dentro em pouco, um som, o que fez dar ao aparelho assim disposto o nome de *harmónica química*.

A combinação do hidrogénio com o oxigénio pode determinar-se, muito facilmente, por outra forma:

Introduzem-se 2 volumes do primeiro gás e um volume do segundo num pequeno frasco, cuja bôca, depois de

¹ Geralmente, a chama é amarelada; isso é devido a que o vidro funde, em vista da elevada temperatura da chama; uma pequeníssima quantidade do elemento *sódio*, que entra na composição do vidro, reduz-se a vapor e este, introduzido em uma chama, torna-a amarela. A chama do hidrogénio torna-se quasi invisível, quando se faz arder o gás na extremidade de um tubo de platina.

destapada, se aproxima de uma chama. Ouve-se, neste caso, uma grande detonação¹.

Para demonstrar que o *produto da combustão do hidrogénio é a água*, podemos dispor a experiência do modo seguinte: O hidrogénio, produzido dentro de um frasco de duas tubuladuras (fig. 16), vai passar em uma proveta de vidro, contendo uma substância ávida de água; o gás sai desta pro-

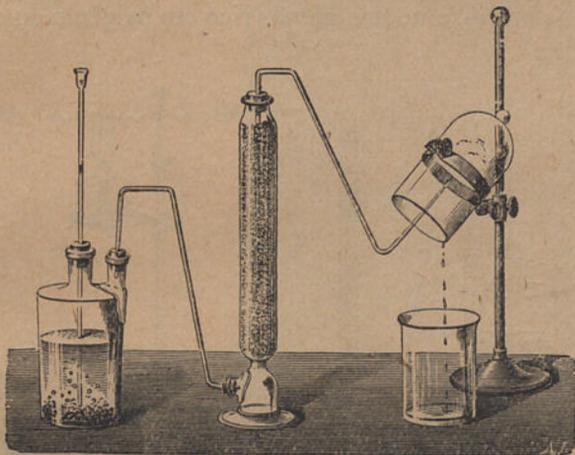


Fig. 16

veta completamente sêco e dirige-se por um tubo, cuja extremidade termina em ponta.

Aí inflama-se o jacto de hidrogénio e cobre-se a chama com uma campânula de vidro. Observa-se que as paredes internas da campânula se cobrem de gotas de água, que correm para um copo colocado inferiormente.

¹ Convêm, antes de aproximar da chama a bôca do frasco, envolver êste com uma toalha, para evitar o perigo resultante de ser o frasco feito em estilhaços, como algumas vezes sucede.

Para evitar o perigo de tais explosões, quando se dão num espaço fechado, já dissemos, que é necessário, antes de inflamar o hidrogénio que sai de um aparelho, dar tempo a que o gás expulse todo o ar existente nesse aparelho.

Como o gás foi previamente exsicado, esta água só pode provir da combinação do hidrogénio com o oxigénio. É um modo de fazer a *synthese* da água (n.º 9).

b) *Redução dos óxidos metálicos (ferro pirofórico). Experiência demonstrativa.* — O hidrogénio não se combina, unicamente, com o oxigénio livre. Também é, por exemplo, capaz de se combinar com o oxigénio, quando êle esteja já combinado com os metais, constituindo certos *óxidos metálicos*. O óxido transforma-se noutro menos rico em oxigénio ou o metal

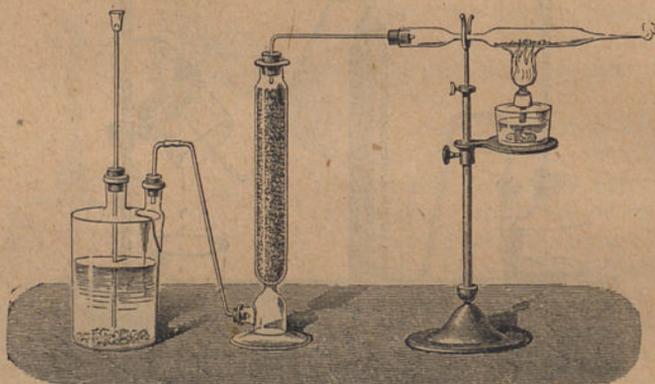


Fig. 17

é posto em liberdade. A êste fenómeno dá-se o nome de *redução* dos óxidos e ao hidrogénio dá-se o nome de *reductor*.

Pode, facilmente, demonstrar-se esta redução, aquecendo um óxido de ferro ou de cobre, num tubo de vidro (fig. 17), através do qual se faz passar uma corrente de hidrogénio, produzido em um aparelho gerador e exsicado numa proveta, contendo uma substância ávida de água. Do tubo vê-se sair vapor de água, que se forma pela união do hidrogénio com o oxigénio do óxido.

Com o óxido cúprico, cuja composição é representada pela fórmula OCu (16^{gr} de oxigénio e 63^{gr,6} de cobre), a reacção representa-se pela equação: $OCu + H^2 = OH^2 + Cu$ que mostra que, para libertar o pêso Cu (63^{gr,6}) de cobre, é necessá-



rio empregar o pêso H^2 (2^{er} de hidrogénio ou 22¹/₄ dêste gás).

Quando a experiên-
cia é realizada com um
óxido de ferro, como,
por exemplo, o *óxido
salino* (n.º 21), cuja
composição se repre-
senta pela fórmula
 O^4Fe^3 , pode obter-se,
como resultado da re-
dução, o ferro muito
dividido e que, por
apresentar uma gran-
de superfície à acção
do oxigénio do ar, ar-
de expontâneamente,
quando se deixa cair
do tubo (fig. 18); por
êste facto dá-se-lhe o
nome de *ferro piro-
fórico* (que traz fogo).



Fig. 18

A *redução* do óxido salino de ferro é representada pela equação: $O^4Fe^3 + 4H^2 = 4OH^2 + 3Fe$.

30. Propriedades biológicas. — O hidrogénio é impróprio para a respiração, mas não é venenoso.

31. Principais aplicações do hidrogénio: *Luz de Drummond; maçarico oxidrico (fusão da platina); aerostatos.*

As principais aplicações do hidrogénio fundam-se no seu fraco pêso específico e na elevada temperatura da sua chama. Também, nos laboratórios, se aproveita a sua acção *reductora*.

É com o hidrogénio que teem sido cheios os aerostatos mais notáveis. Dá-lhes uma grande força ascensional, como fácilmente se comprehende, observando que 100^{m3} de ar pesam cêrca de 130 kg., ao passo que igual volume de hidrogénio pesa menos de 9 kg.

Em vista do grande poder osmótico do hidrogénio, é muito

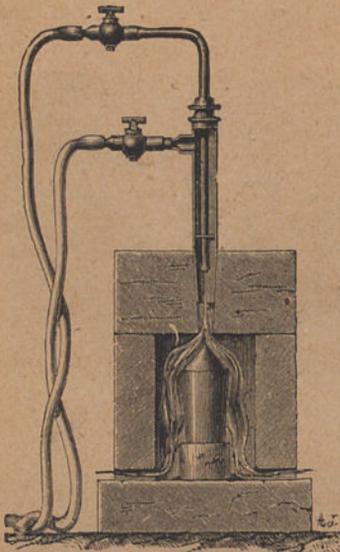


Fig. 19

que, a seu turno, está metido num espaço limitado por peças infusíveis de cal.

Sobre o cadinho faz-se incidir a chama, pelo modo indicado na figura.

A luz de Drummond obtêm-se fazendo incidir sobre um cilindro de cal a chama pálida, produzida no maçarico oxidrico (fig. 20).

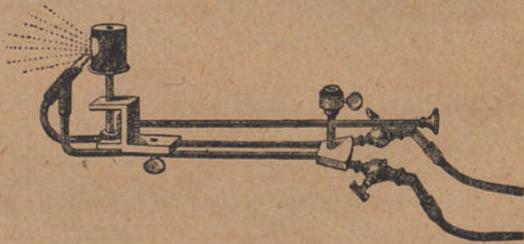


Fig. 20

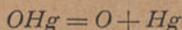
¹ Dêste modo evita-se o perigo de uma explosão da mistura dos dois gases, como se poderia dar, acidentalmente, se êles se encontrassem reunidos no mesmo reservatório ou, durante um trajecto considerável, no tubo único que os conduzisse ao local em que devesse ser utilizada a chama.

A cal fica a uma temperatura elevadíssima e dá à chama do hidrogénio um brilho comparável ao da luz eléctrica.

A luz de Drummond é especialmente utilizada nos aparelhos de projecção, estudados em óptica.

OXIGÉNIO. O = 16. — 32. Estado natural. — O oxigénio existe abundantemente na natureza, já no estado livre, fazendo parte do ar atmosférico, já no estado de combinação, entrando na constituição da água, na de muitas rochas, etc. Constitui uns 47 % da crusta terrestre.

33. Preparação. — Já vimos (n.º 1) como Priestley e, mais tarde, Lavoisier conseguiram preparar o oxigénio, aquecendo, a elevada temperatura, o óxido vermelho de mercúrio, que, pela acção do calor, se desdobra em oxigénio e mercúrio:



O pêso OHg (= 216^{gr},3) de óxido de mercúrio fornece o pêso O (= 16^{gr}) de oxigénio ou 11¹,2 dêste gás.

Outros óxidos metálicos fornecem oxigénio, quando são aquecidos a uma temperatura suficientemente elevada. Algumas vezes, o óxido, pelo aquecimento, não se decompõe em oxigénio e metal (como se decompõe o óxido de mercúrio), mas converte-se em outro óxido menos rico em oxigénio.

E o que se passa com um óxido de um metal análogo ao ferro, o *manganêsio*.

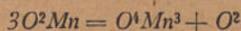
Esse óxido, cuja composição é representada pela fórmula O^2Mn , é chamado *bióxido de manganêsio*¹; forma um mineral chamado *pirolusite*, que se encontra abundantemente na natureza.

Pelo aquecimento, perde a terça parte do seu oxigénio,

¹ Este nome de *bióxido* é aplicável aos óxidos em cuja fórmula o símbolo O do oxigénio tem o coeficiente 2.

(a) Pode obter-se também do clorato de potássio: pode obter-se pela electrolise da água, ou pela destilação do ar líquido.

transformando-se em um óxido menos oxigenado ¹, cuja composição é representada pela fórmula O^4Mn^3 :



O peso $3O^2Mn = 3(32 + 55) = 261^{\text{gr}}$ de bióxido produz o peso $O^2 = 32^{\text{gr}}$ de oxigênio ou 22¹,4 d'êste gás.

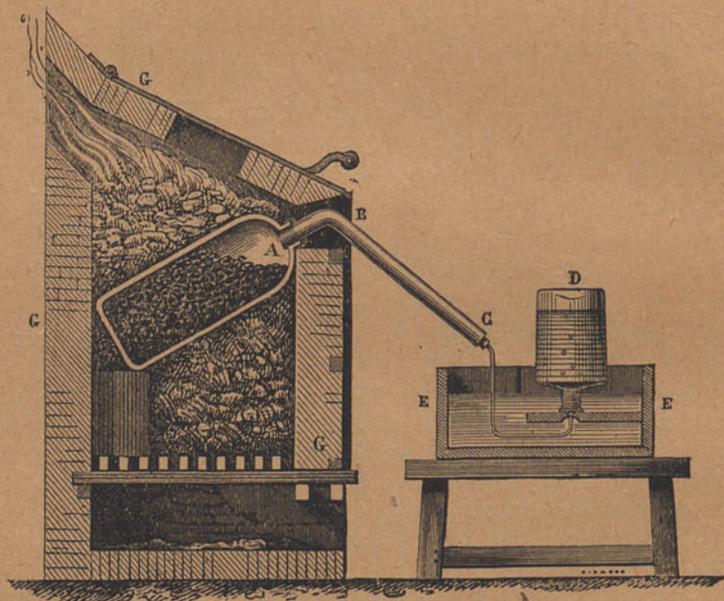


Fig. 20 (bis)

Para pôr em prática êste processo de preparação, pode-se introduzir a pirolusite numa espécie de garrafa de ferro A (fig. 20 bis), aquecida num forno e comunicando, por meio

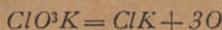
¹ Já dissémos que o óxido de fórmula O^4Fe^3 é chamado *óxido salino de ferro*. Do mesmo modo, o óxido O^4Mn^3 , em que os coeficientes de O e Mn são 4 e 3 é chamado *óxido salino de manganês*.

de um tubo abdutor BC , com uma campânula ou com um frasco D cheio de água e invertido sobre a tina hidropneumática.

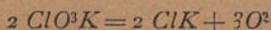
Não só os óxidos metálicos podem ceder oxigénio, pelo aquecimento; vários outros compostos oxigenados, quando são aquecidos a temperaturas mais ou menos elevadas, cedem também parte ou todo o oxigénio que entra na sua composição.

Neste caso está um composto de três elementos, cloro, oxigénio e potássio, chamado *clorato de potássio*, cuja composição se representa pela fórmula ClO^3K . Este composto, sendo aquecido a uma alta temperatura, chega a perder todo o seu oxigénio, transformando-se em um composto binário de cloro e potássio, ao qual se dá o nome de *cloreto de potássio* e que tem a fórmula ClK .

A decomposição do clorato de potássio, pelo calor, pode representar-se pela equação:



ou, querendo representar o oxigénio pela sua fórmula (n.º 25):



A primeira destas equações mostra imediatamente que com o peso ClO^3K (122^{gr},6) de clorato de potássio se podem obter $3 \times 16^{\text{gr}} = 48^{\text{gr}}$ de oxigénio, o que corresponde ao volume $3 \times 11^{\text{l}},2 = 33^{\text{l}},6$.

Esta decomposição exige uma elevada temperatura, o que a torna de difícil realização.

A operação torna-se muito mais fácil e efectua-se a uma temperatura mais moderada, quando ao clorato de potássio se junta uma certa quantidade (por exemplo, um peso igual ao ao seu) de bióxido de manganêsio.

Explica-se a acção deste óxido pela tendência que êle tem a apoderar-se do oxigénio, para passar a um grau superior de oxidação; rouba oxigénio ao clorato de potássio e transforma-se em um composto mais oxigenado de manganêsio; êste novo composto é, porém, em seguida, facilmente decomposto pelo calor a que está submetida a mistura, cedendo oxigénio, reconstituindo-se novamente o bióxido, que, de novo, se per-

oxida, à custa do clorato de potássio e assim sucessivamente, até à transformação completa dêste último composto em clorato de potássio.

Outros óxidos metálicos se podem juntar ao clorato, em vez do bióxido de manganésio.

A reacção pode realizar-se numa retorta de vidro pouco

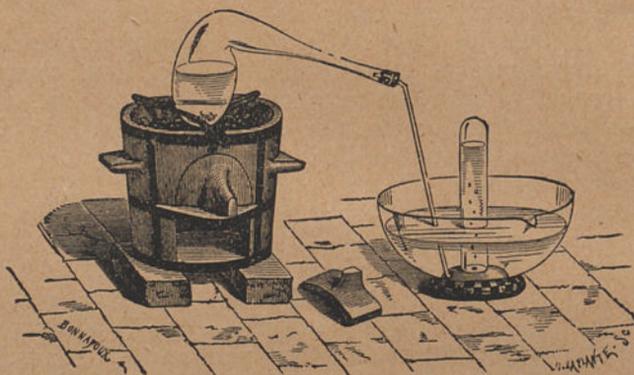


Fig. 21

fusível, munida de um tubo abdutor (fig. 21), algumas vezes com tubo de segurança.

Este processo de preparação do oxigénio é o mais usado nos laboratórios e é também utilizado na indústria.

34. Aparelho de Salleron. — O aparelho de Salleron permite efectuar sem perigo a decomposição do clorato de potássio.

Compõe-se êste aparelho de uma retorta de ferro *B* (fig. 22) formada de duas partes.

A *pança* é larga e pouco alta e tem no seu bordo superior uma espécie de goteira, onde se adapta, com um luto de gesso, o *capitel*, de cuja parte superior sai o tubo de descarga.

Na pança introduz-se a mistura de partes iguais de clorato de potássio e bióxido de manganésio. Pode juntar-se areia, para regularizar a decomposição.

Se, por qualquer acidente, se obstruir o tubo de descarga,

não dando passagem suficiente ao oxigênio libertado, o luto de

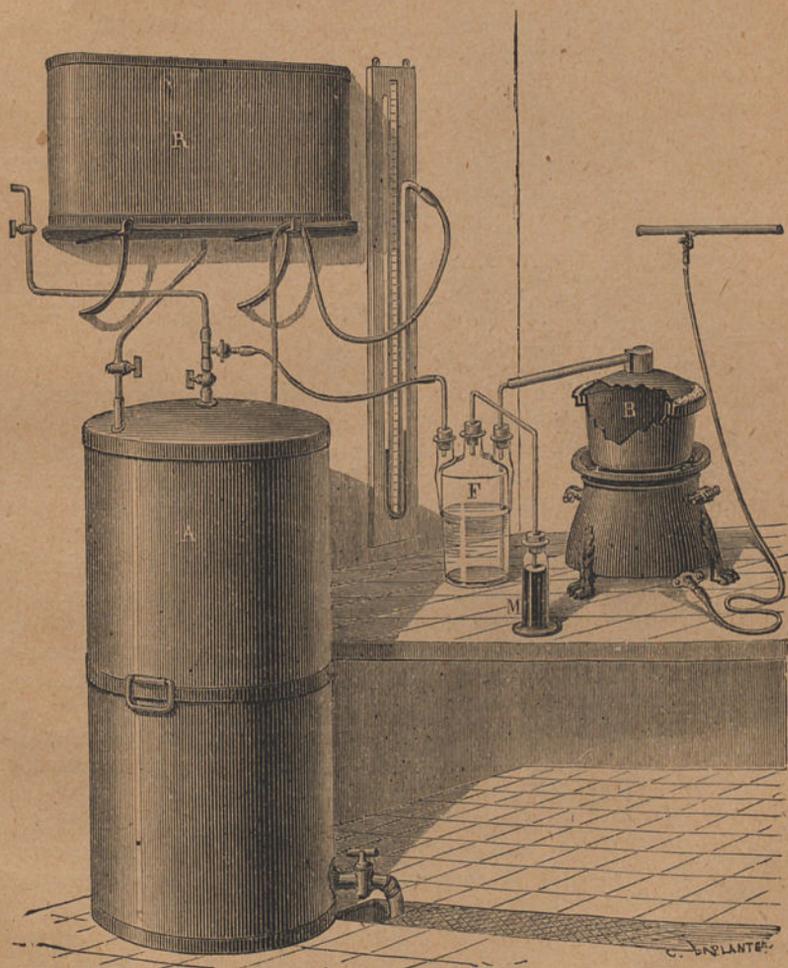


Fig. 22

gêssô, que é pouco resistente, cederá à força expansiva do gás, levantando-se o capitel, sem explosão.

O gás, que sai da retorta, é lavado num frasco *F* de três tubuladuras e segue depois para um *gasómetro*.

No fim da experiência, o resíduo, que fica na retorta, é tratado pela água, que dissolve o cloreto de potássio e deixa o bióxido de manganêsio, que é aproveitado para uma nova operação.

35. Propriedades físicas mais importantes. — O oxigénio é um gás invisível, inodoro, pouco mais denso do que o ar. A sua densidade é sensivelmente igual (n.º 24) a :

$$\frac{O^2}{28,9} = \frac{32}{28,9} = 1,107, \text{ valor que é, efectivamente, pouco superior a 1. O pêsô de 1 litro de gás (a } 0^\circ \text{ e } 760^{\text{mm}}) \text{ é (n.º 24):}$$

$$P = \frac{32^{\text{sr}}}{22,4} \text{ ou } P = \frac{32^{\text{sr}}}{2} \times 0,09 = 1^{\text{sr}},44.$$

É pouco solúvel na água. É absorvido pela prata em fusão, separando-se do metal, quando êste solidifica.

Como todos os gases, pode ser liquefeito, mas exige, para isso, uma grande pressão, realizada a uma temperatura extraordinariamente baixa.

36. Propriedades químicas. — Muitos elementos se combinam directamente com o oxigénio, a temperaturas mais ou menos elevadas.

Muitas vezes, a combinação é acompanhada de grande elevação de temperatura e de fenómenos luminosos; tem, neste caso, o nome de *combustão viva*.

Quando, pelo contrário, o fenómeno da combinação com o oxigénio não é acompanhado de uma considerável elevação de temperatura, tem o nome de *combustão lenta*.

O oxigénio é o agente das combustões que se efectuam no ar, mas que se dão com maior brilho no seio daquele gás, que determina, como já dissemos, a inflamação de um palito de madeira com alguns pontos em brasa.

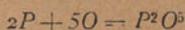
a) *Combustões vivas do fósforo, carvão, enxofre, ferro, zinco e magnésio.* Quando se inflama no ar um fragmento de fósforo, contido em uma pequena cápsula que, em seguida, se introduz dentro de um frasco com oxigénio (fig. 23), aquele elemento arde com chama muito iluminante.

O frasco enche-se de fumos brancos, constituídos pelo

produto resultante da combinação dos dois elementos, produto a que se dá o nome de *anidrido fosfórico*.

Os óxidos dos *metalóides* são, pela maior parte, chamados *anidridos*.

A composição do anidrido fosfórico representa-se pela fórmula P^2O^5 e a sua formação, pela combustão viva do fósforo no ar ou no oxigénio, representa-se pela equação química:

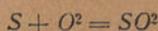


Esta equação mostra que o pêso $2 \times P$ ($= 2 \times 31^{gr} = 62^{gr}$) de fósforo exige, para a sua combustão, um pêso de oxigénio igual a $5O$ ($= 5 \times 16^{gr} = 80^{gr}$) ou um volume dêste gás, igual a $5 \times 11,2 = 56^l$.

O volume de ar necessário seria, aproximadamente, $5 \times 56^l = 280^l$.

Se fizermos com o enxôfre uma experiência análoga à que fica descrita, êsse elemento arderá com chama azul; o produto da combustão será um gás invisível, de cheiro sufocante, a que se dá o nome de *anidrido sulfuroso* e cuja composição é representada pela fórmula SO^2 .

A equação química que representa a formação dêste gás, pela combustão do enxôfre, é:



Esta equação mostra que, para a combustão de 32 gr. de enxôfre ($S=32$), são necessários 32 gr. de oxigénio ($2 O = 2 \times 16 = 32$) ou $22,4$ dêste gás.

O volume de gás sulfuroso obtido, pela combustão completa de 32 gr. de enxôfre, é $22,4$, pois a fórmula SO^2 corresponde a 2 vol. (n.º 24). Se a combustão se realiza no ar, o volume dêste, necessário para a oxidação de 32 gr. de enxôfre, é, aproximadamente, $5 \times 22,4 = 112^l$.

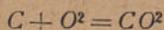


Fig. 23

O carvão também arde no ar e, com mais brilho, no oxigénio.

Desta combustão, que se efectua *sem chama*¹, resulta um gás invisível que tem o nome de *anidrido carbónico* e cuja fórmula é CO^2 .

A equação, que representa o fenómeno da combustão, é:



Desta equação se conclui que 12 gr. de carbono* ($C = 12$) necessitam, para a sua combustão, 32 gr. ($O^2 = 2 \times 16 = 32$) de oxigénio ou 22¹/₄ d'este gás; o volume do anidrido carbónico produzido é também 22¹/₄ (ou 2 volumes, n.º 24).

O ferro e o zinco ardem no oxigénio, com formação de *óxidos*.

Já vimos como se faz a experiência com o ferro (n.º 2).

O ferro arde *sem chama* e emite em todos os sentidos centelhas incandescentes de um óxido produzido pela combinação do metal com o oxigénio: $2O^2 + 3Fe = O^4Fe^3$.

Aquecendo um fio de um metal chamado *magnésio*, êste arde no oxigénio ou mesmo no ar, com uma luz muito brilhante; êste brilho resulta de que o produto da combustão é o *óxido de magnésio*, substância sólida, que fica incandescente e cuja composição é representada pela fórmula OMg ; teremos: $O + Mg = OMg$.

Com o zinco a experiência pode fazer-se aquecendo o metal e inclinando depois o cadinho em que se realizou a fusão (fig. 24).

O metal arde, transformando-se em *óxido de zinco*, que se

¹ Para que haja *chama*, é necessário que se dê a combustão viva de qualquer gás ou vapor. O fósforo, o enxôfre, o magnésio, o zinco, etc., volatilizam-se, pelo calor, dando vapores combustíveis; porisso a combustão daquelas substâncias é acompanhada de chama.

O carbono não se volatiliza, à temperatura a que arde no oxigénio; o produto da combustão é o gás anidrido carbónico, não combustível; em tais circunstâncias, a combustão viva do carbono faz-se *com incandescência mas sem chama*.

O carvão que contém hidrogénio, arde com *chama*, devida à combustão d'este gás.

O ferro, que não se volatiliza à temperatura da sua combustão no oxigénio, arde também *sem chama*.

apresenta em flocos brancos, muito leves, que se demoram em suspensão na atmosfera: $O + Zn = OZn$.

b) *Combustões lentas; respiração dos animais e das plantas.* — Já dissemos que as oxidações que se realizam sem uma considerável elevação de temperatura e sem serem acompanhadas de fenómenos luminosos, tem o nome de *combustões lentas*.

O ferro, por exemplo, oxida-se lentamente, no ar húmido e converte-se em ferrugem, sem uma elevação sensível de temperatura.



Fig. 24

Se o metal está muito dividido, a oxidação é rápida; pode então observar-se uma combustão viva (n.º 29).

A respiração dos animais e das plantas é, também, uma combustão lenta. O oxigénio do ar, recebido pelo sangue no aparelho respiratório, é levado aos diferentes pontos do organismo, onde produz oxidações. O carbono é um elemento que entra na composição do sangue e dos tecidos e que, pela combinação lenta com o oxigénio, se transforma em anidrido carbónico, como o carbono que arde no oxigénio ou no ar: $C + O^2 = CO^2$.

O hidrogénio também faz parte do sangue e dos tecidos; por oxidação transforma-se em água: $O + H^2 = OH^2$.

O sangue, que das diferentes partes do corpo se dirige para os órgãos respiratórios (sangue venoso), vai carregado de anidrido carbónico que, naqueles órgãos, é trocado pelo oxigénio. O sangue venoso transforma-se em sangue arterial, que novamente vai levar o oxigénio aos diferentes tecidos.

Estas oxidações são a principal origem do calor animal.

A respiração das plantas, que se realiza principalmente nas fôlhas, passa-se de um modo análogo.

c) *Corpos combustíveis e corpos comburentes.* — Ao oxigénio chama-se um gás *comburente*, porque no seu seio se realizam combustões de muitas substâncias (hidrogénio, carbono, fósforo, etc.), que tomam o nome de substâncias *combustíveis*, porque nelas se observam os fenómenos térmicos e luminosos de que é acompanhada a oxidação.

Esta distinção tem pouca importância; quando se trata da combustão de uma substância sólida ou líquida, no seio do oxigénio, este figura como *comburente*; quando se trata, porém, da combinação, acompanhada de luz, de duas substâncias gasosas, ou no estado de vapor, a experiência pode sempre dispor-se para qualquer delas figurar como *comburente*, em relação à outra.

Tanto é possível obter um jacto de hidrogénio inflamado no seio de uma atmosfera de oxigénio, como, inversamente, obter um jacto de oxigénio, ardendo no seio de uma atmosfera de hidrogénio.

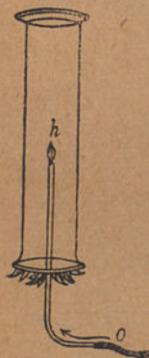


Fig. 25

É o que se pode verificar, por meio de uma experiência muito simples. Enche-se com hidrogénio (por deslocamento do ar) uma proveta invertida; inflama-se, em seguida, o gás; este arde na boca da proveta; faz-se, então, entrar nesta um tubo de vidro, afilado na extremidade, pelo qual passa uma corrente de oxigénio. Este inflama-se, ao passar na chama de hidrogénio e continua a *arder* no interior da proveta (fig. 25), sobre cujas paredes internas se deposita orvalho.

37. Aplicações do oxigénio. — Juntamente com o hidrogénio, produz, como vimos, a luz Drummond ou utiliza-se no maçarico, para a fusão da platina, para a soldadura autogénia de certos metais, como o chumbo, etc.¹

¹ Chama-se soldadura autogénia aquela em que o metal é soldado a si mesmo, sem intervenção de qualquer metal estranho.

O oxigénio do ar é utilizado para a produção de numerosos compostos oxigenados (anidrido sulfuroso, anidrido fosfórico, óxidos de zinco, de chumbo, etc.), muitos dos quais teem importantes aplicações.

Desempenha um papel de primeira ordem na respiração dos animais e das plantas, no aquecimento, na iluminação, tomando parte mais ou menos directa em um grande número de fenómenos que se passam no seio da atmosfera.

Em terapêutica é usado em inalações, no tratamento da asfixia e de várias doenças.

AZOTO ou NITROGÊNIO. N = 14. — 38. Estado natural. — Já dissemos (n.º 1) que o azoto forma, aproximadamente, quatro quintas partes, em volume, do ar atmosférico, onde se encontra misturado com o oxigénio e com outros gases.

Também se encontra, no estado de combinação, em várias substâncias minerais e orgânicas.

Por se encontrar no *salitre* ou *nitro*, tem, também, o nome de *nitrogénio*.

39. Extracção do azoto do ar. — Coloca-se um pequeno fragmento de fósforo em uma cápsula de porcelana (fig. 26), sobre uma lâmina de cortiça, flutuando na água. Inflama-se o fósforo, que se cobre com uma campânula de vidro. O fósforo, combinando-se com o oxigénio do ar, dá, como dissemos (n.º 36, a), o *anidrido fosfórico* ($2P + 5O = P_2O_5$), que é absorvido pela água. Dentro da campânula fica azoto impuro (contendo algum oxigénio e os outros gases que existem na atmosfera, vapor de fósforo, etc.).

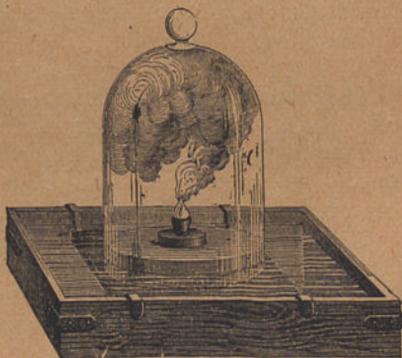


Fig. 26

Da equação anterior conclui-se que o pêso 62^{gr} ($= 2P$) de

fósforo absorve o volume $5 \times 111,2 = 561$ de oxigénio, isto é, o oxigénio contido em $5 \times 561 = 2801$ de ar.

Já vimos (n.º 2) como se pode extrair o azoto do ar, fazendo passar êste sôbre o cobre aquecido ao rubro.

40. Propriedades físicas mais importantes. — O azoto é um gás invisível; é um pouco menos denso do que o ar: a sua densidade é, aproximadamente (n.º 24):

$$D = \frac{N^2}{28,9} = \frac{28}{28,9} = 0,968$$

O pêso. de um litro de azoto é, aproximadamente (n.º 24):

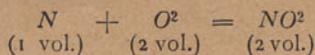
$$P = \frac{28^{\text{gr}}}{22,4} \text{ ou } P = \frac{28^{\text{gr}}}{2} \times 0,09 = 1,26$$

É pouco solúvel na água. Um litro de água dissolve um volume de azoto, sensivelmente igual a metade do volume do oxigénio que se dissolveria naquele liquido, estando os dois gases nas mesmas condições de pressão e temperatura.

É um gás que só pode liquefazer-se a uma temperatura extraordinariamente baixa. Porisso foi, durante muito tempo, considerado como um *gás permanente*, isto é, insusceptível de ser liquefeito.

41. Propriedades químicas. — *Combinação com o oxigénio, pela acção da faísca eléctrica; enumeração das principais combinações com o oxigénio, com o hidrogénio e com o carbono.* — O azoto combina-se directamente com o oxigénio, pela acção repetida da faísca eléctrica.

A mistura dos dois gases é introduzida num balão (fig. 27), dentro do qual se fazem saltar repetidas faíscas eléctricas, entre duas pontas de platina. Dentro do balão forma-se um vapor, de côr amarelo-avermelhada, em que predomina um óxido de azoto, que é resultante da combinação de 1 volume de azoto com 2 volumes de oxigénio; chama-se *peróxido de azoto*; a sua fórmula é NO^2 e a sua síntese representa-se pela equação:



Àlêm desta combinação que, como vemos, se pode realizar *directamente*, o oxigénio forma com o azoto muitos outros compostos, em que as proporções, em volume, dos dois com-

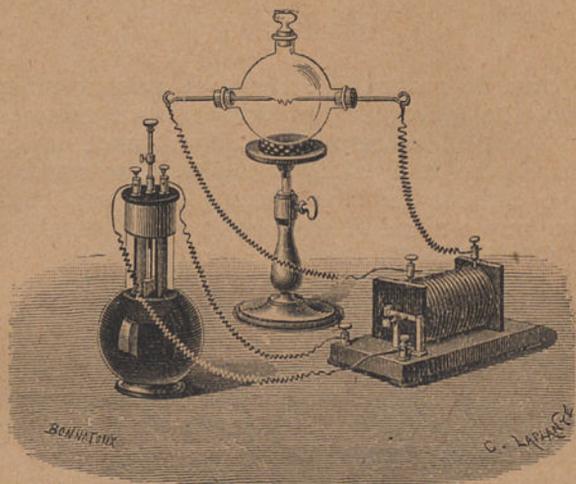


Fig 27

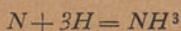
ponentes tem os valores que vamos indicar, fazendo figurar em tôdas as fórmulas a mesma quantidade de azoto N^2 :

Óxido azotoso ou Protóxido de azoto.	}	$N^2O \dots$	2 vol. de azoto e 1 de oxigénio				
Óxido azótico ou Bióxido de azoto.				}	$N^2O^2 \dots$	2	»
Anidrido azotoso.	}	$N^2O^3 \dots$	2			»	»
Peróxido de azoto.			}	$N^2O^4 \dots$	2	»	»
Anidrido azótico.	}	$N^2O^5 \dots$			2	»	»
Anid. perazótico.			}	$N^2O^6 \dots$	2	»	»

O azoto combina-se *directamente*¹ com o hidrogénio, pela

¹ Apenas uns 2% da mistura dos dois gases (feita na proporção de 1 volume de azoto para 3 volumes de hidrogénio) se podem assim transformar em amoníaco.

acção repetida da faísca eléctrica, para dar um gás invisível chamado *amoniaco*, cuja fórmula é NH^3 . A síntese dêste gás representa-se pela equação:



Esta equação mostra que 1 vol. de azoto, combinando-se com 3 vol. de hidrogénio, produz apenas 2 volumes de gás amoniaco (pois já sabemos que a fórmula de um composto representa o pêso de 2 vol dêsse composto, no estado gasoso).

Com o carbono também o azoto forma uma combinação gasosa que tem o nome de *cianogénio* e cuja fórmula é C^2N^2 . O pêso C^2N^2 ($= 52^{gr}$) dêste gás ocupa o volume 22,4 (ou 2 vol.).

42. Aplicações. — O azoto não desempenha na atmosfera um papel inactivo, que consistisse, simplesmente, na diluição do oxigénio, para modificar a energia das suas propriedades.

O azoto da atmosfera desempenha um papel importante na alimentação das plantas¹.

Nos laboratórios emprega-se algumas vezes o azoto para constituir atmosferas inactivas, isto é, não oxidantes.

AR ATMOSFÉRICO. 43. Sua constituição. Demonstração da existência do vapor de água na atmosfera. — O ar atmosférico é uma *mistura* de diversas substâncias, no estado gasoso, contendo, geralmente, outras substâncias em suspensão.

Os gases mais importantes, que entram na constituição do ar atmosférico são, como o demonstrou Lavoisier (n.º 1), o azoto e o oxigénio; os seus volumes estão na proporção de 4: 1, aproximadamente.

Na atmosfera existem, também, constantemente, vapor de água e anidrido carbónico (n.º 36), isto é, o gás que se forma, quando o carbono arde no oxigénio.

¹ Pela acção sobre os outros gases e vapores da atmosfera, forma produtos azotados que as chuvas arrastam para a terra, onde são assimilados pelos vegetais. A terra vegetal e as plantas também fixam o azoto do ar, por intermédio de organismos microscópicos.

A proporção de vapor de água é muito variável; a de anidrido carbônico é sensivelmente constante e regula por quatro décimos-milésimos do volume do ar ¹.

Devemos observar que, há poucos anos (1895), se reconheceu que o azoto extraído do ar, pelos processos indicados no n.º 39, não é puro; está misturado com um elemento gasoso a que se deu o nome de *argo* ² e que entra na proporção de 1 para 100, em relação ao volume do azoto.

A existência do vapor de água na atmosfera reconhece-se facilmente, expondo ao ar um vaso com gelo (fig. 28); nota-se a formação de orvalho, sobre as paredes externas do vaso, em resultado da condensação do vapor aquoso contido no ar.



Fig. 28

44. Análise volumétrica pelo fósforo, a quente e a frio. — A análise do ar foi feita por Lavoisier, como dissemos.

Pode-se fazer uma análise em volume, aproveitando a acção que o fósforo tem sobre o oxigénio.

O fósforo combina-se lentamente, a frio, com este gás, para formar um composto oxigenado, *anidrido fosforoso* ³ e deixa como resíduo o azoto (e argo).

¹ Mais tarde veremos como se determinam a proporção de anidrido carbônico e a de vapor de água contidos no ar.

² Além do argo, foram descobertos no ar outros novos elementos, que ali se encontram em pequeníssimas quantidades.

³ Este composto, cuja fórmula é P^2O^3 , tem menos oxigénio do que o anidrido fosfórico (n.º 36 a) P^2O^5 .

Quando o mesmo metalóide forma com o oxigénio dois *anidridos* (n.º 36), os nomes destes derivam do nome do metalóide, empregando a terminação *oso* para o composto menos oxigenado e *ico*, para o mais oxigenado.

Em uma campânula graduada, contendo um certo volume de ar e invertida sôbre o mercúrio (fig. 29), introduz-se um pequeno fragmento de fósforo húmido, fixo à extremidade de um fio de ferro. No fim de umas 12 horas, todo o oxigénio está absorvido; o mercúrio deixa de subir na campânula e o volume tem-se reduzido a $\frac{4}{5}$, próximamente, do volume primitivo ¹.

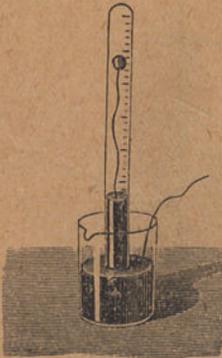


Fig. 29

o oxigénio, dando anidrido fosfórico (n.º 36), que é absorvido pela água em que mergulha a campânula. Depois do resfriamento, transvasa-se o gás para uma campânula graduada, onde é medido. Reconhece-se, do mesmo modo, que a diminuição de volume é de $\frac{1}{5}$.

A operação é mais rápida, quando se emprega o fósforo a quente. Em uma pequena dilatação de uma campânula curva (fig. 30), contendo um determinado volume de ar, aquece-se um fragmento de fósforo; êste combina-se rapidamente com



Fig. 30

45. Análise em pêso.— Funda-se êste processo em que o cobre aquecido ao rubro, fixa o oxigénio do ar, para se transformar em óxido de cobre, deixando como resíduo o azoto (n.º 2) com o argo.

Em um tubo *T* (fig. 31), contendo cobre metálico e aquecido em uma grêlha, faz-se passar lentamente uma corrente de ar, privado de anidrido carbónico e de vapor de água, pela

¹ É necessário não esquecer que o volume primitivo e o volume final devem ser medidos nas mesmas condições de pressão e temperatura.

passagem nos tubos L , f , O , t , que contêm substâncias apropriadas para fixar aqueles dois compostos.

A aspiração do ar, obrigando-o a percorrer lentamente o aparelho, é determinada pela abertura sucessiva das torneiras r' , r e R do tubo T e do balão B , nos quais previamente se tem feito o vácuo.

Sejam: p o peso do tubo de vidro T , com o cobre, depois de extraído o ar;

P o peso do balão B , depois de nele se ter feito o vácuo;

p' o peso do tubo de vidro, no fim da operação, quando, além do cobre e do óxido formado, contém azoto (e argo);

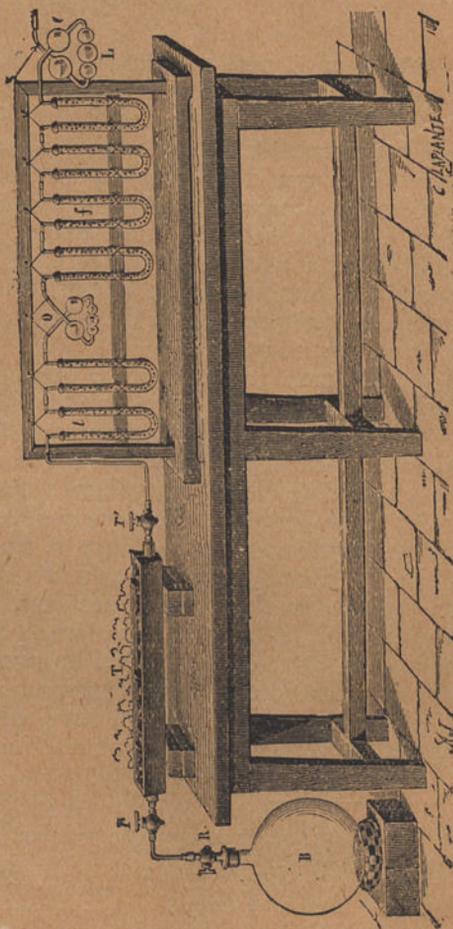
p'' o peso do mesmo tubo, depois de se lhe ter feito o vácuo, para extrair o azoto (e argo);

P' o peso do balão B , cheio de azoto (e argo);

O peso x do azoto (com o argo) é dado por:

$$x = P' - P + p' - p''$$

Vejam agora como se calcula o peso y de oxigénio que, no ar, estava misturado com o peso x de azoto.



O pêso y do oxigénio ¹ é dado por :

$$y = p' - p$$

46. O ar é uma mistura. — Os factos seguintes mostram que o ar não é uma combinação n.º 8 :

1.º No ar os elementos, azoto e oxigénio, *conservam as suas propriedades*. Quando, por exemplo, o ar se dissolve na água, cada um dos gases componentes dissolve-se como se estivesse só, com a pressão que tem na mistura. Como o oxigénio é mais solúvel do que o azoto (n.º 40), succede que o ar dissolvido na água é mais rico em oxigénio do que o ar que constitui a atmosfera. Se o ar fôsse uma combinação, teria, antes e depois de dissolvido, as mesmas proporções dos elementos constituintes ;

2.º Quando se misturam o oxigénio e o azoto, na proporção de 1 : 4, obtem-se o ar atmosférico, com as suas mais importantes propriedades, sem que haja desenvolvimento de calor ou contracção de volume, como se observa nas combinações de dois gases, em volumes desiguais ² ;

3.º Como mais tarde veremos, os volumes de dois gases que se *combinam*, estão entre si na razão de dois números inteiros, geralmente pequenos (1 : 1 ; 1 : 2 ; 1 : 3 ; 2 : 3 ; 2 : 5 ; etc.), como já observámos nas combinações do azoto com o oxigénio (n.º 41). Ora os volumes de oxigénio e azoto, que constituem o ar, estão entre si na razão 20,9 : 79,1, que não é simples, como o seria, por exemplo, a razão 1 : 4 ;

4.º O ar líquido não tem um ponto de ebulição fixo, para um dado valor da pressão atmosférica.

¹ Conclui-se que a composição ponderal do ar é a seguinte :

Oxigénio	23
Azoto (e argo)	77
	100

² Vimos, por exemplo, que dois volumes de hidrogénio, combinando-se com 1 volume de oxigénio, dão, apenas, 2 volumes de vapor de água (n.º 8).

No n.º 41, vimos que da combinação de um volume de azoto, com 3 vol. de hidrogénio, resultam apenas 2 vol. de gás amoníaco.

47. Propriedades do ar. — Sendo o ar uma mistura, devem as suas propriedades deduzir-se das de suas partes constituintes. E o que efectivamente se observa. Assim a densidade do ar (que é tomada como unidade, a que se referem as densidades dos gases), o índice de refração e outras propriedades deduzem-se, por meio de cálculos simples, das propriedades correspondentes do oxigénio e do azoto.

Quanto às propriedades químicas do ar, são consequência das substâncias que nêle existem, entre as quais desempenha o principal papel o oxigénio, que conserva tôdas as suas propriedades comburentes, apenas enfraquecidas pela sua diluição com azoto ¹.

O vapor de água, o azoto, o anidrido carbónico e as outras substâncias que se encontram no ar, influem, por modo mais ou menos directo, num grande número de fenómenos que se passam no seio da atmosphera.

48. Poeiras em suspensão no ar. — Ar limitado. — No ar existem sempre poeiras que, em vista do seu fraco pêso, se conservam em suspensão, como bem se observa fazendo entrar um feixe de raios luminosos numa câmara escura.

O exame destas poeiras tem adquirido grande importância, por conterem os germens de numerosos seres microscópicos que, sempre que encontram meios apropriados, se desenvolvem, produzindo vários fenómenos e dando origem a numerosas doenças contagiosas.

Em relação à massa da atmosphera e à sua constante agitação, são insignificantes as causas que tendem a alterar a composição do ar. Como, por outro lado, essas causas são, por vezes, de sentidos contrários, estabelece-se um certo equilibrio, conservando-se sensivelmente constantes as percentagens dos diversos gases que constituem o ar.

Num espaço limitado, a acumulação de anidrido carbónico (produzido pela respiração, combustões vivas, etc.), bem

¹ As combustões vivas no ar não são acompanhadas de uma elevação de temperatura tão considerável como a que se observa nas combustões no oxigénio; isto é devido a que, no primeiro caso, uma grande parte do calor libertado na oxidação é empregado em aquecer a massa considerável do azoto misturado com o oxigenio comburente.

como a diminuição de oxigénio e o aumento de vapor de água, carregado de emanações animais, comunicam ao ar um cheiro fétido e acabam por torná-lo irrespirável.

Torna-se, pois, indispensável a renovação freqüente do ar, nos lugares em que é, mais ou menos rápidamente, viciado pelas causas indicadas.

O volume de ar necessário, por hora e por pessoa, pode computar-se em 10^{m^3} .

49. Aplicações do ar. — Pelo oxigénio que contêm, o ar é necessário para alimentar as combustões vivas e lentas (n.º 36) e em especial a respiração dos animais e das plantas.

O azoto e o anidrido carbónico desempenham um papel importante na alimentação dos vegetais.

O vapor de água, condensando-se, forma a chuva e outros fenómenos meteoricos e determina a dissolução de muitas substâncias que existem no solo, tornando-as assimiláveis pelas plantas.

A fôrça motriz das correntes de ar também tem muitas aplicações importantes.

O poder oxidante do ar é utilizado em várias indústrias (fabricação de óxidos metálicos, anidrido sulfuroso, etc.).

A fôrça expansiva do ar comprimido é, também, muitas vezes, utilizada.

Hoje obtêm-se, com relativa facilidade, o *ar líquido*, cujas aplicações se vão alargando; é utilizável, por exemplo, para obter muito baixas temperaturas.

ÁGUA. OH². — 50. Estado natural. — Nenhum composto é tão abundante na natureza como a água. Ela cobre mais de $\frac{2}{3}$ da crusta terrestre, constituindo principalmente os mares que, em alguns pontos, tem profundidade superior a 8 quilómetros. Estas águas, expostas em grande superfície à evaporação, fornecem uma considerável quantidade de vapor aquoso, que se espalha na atmosfera, produzindo certos fenómenos meteorológicos: chuva, neve, orvalho, saraiva, etc., que constituem as *águas meteóricas*, que, depois de circularem mais ou menos à superfície da terra, dissolvendo várias substâncias que encontram, formam as *águas telúricas* ou

terrestres, que produzem as fontes, rios, lagos, etc., sendo por fim restituídas ao mar.

51. Formação da água, pela combustão do hidrogénio no oxigénio ou no ar — No número 29 já vimos como se demonstra que da combustão do hidrogénio no ar resulta a água.

52. Propriedades físicas, no estado sólido, líquido e gasoso. — A temperatura ordinária, a água pura é um líquido incolor, inodoro e insípido.

Vista em grandes massas, apresenta-se azul, verde ou ama-

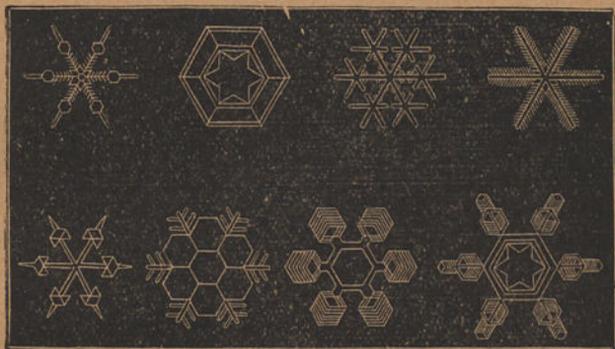


Fig. 32

rela, o que depende do estado da atmosphéa, da espessura e limpidez da água, do fundo em que assenta, etc.

A água é quasi incompressível e perfeitamente elástica.

O máximo de densidade da água pura observa-se a temperatura de 4.^o; esta densidade máxima é tomada para unidade, na determinação das densidades dos sólidos e dos líquidos.

O peso de um centímetro cúbico de água pura, a temperatura de 4.^o, é a unidade de peso, o grama.

A água solidifica a uma temperatura que foi tomada para zero do termómetro centígrado e do termómetro de Réaumur.

Se a solidificação se efectuar lentamente, a água sólida affecta formas regulares geométricas, estreladas, que teem o nome de *crisais* (fig. 32) e que são facilmente visíveis, na *neve*, com o auxilio do microscópio.

Contida em tubos capilares, pode arrefecer até à temperatura de -15° ou -17° , sem congelar. Este facto explica porque as plantas resistem a temperaturas muito inferiores a 0° .

A densidade do gelo ($d=0,917$) é inferior à da água; por isso êle fluctua neste líquido.

O aumento de volume experimentado pela água, quando congela, explica a rutura de vasos, mesmo muito resistentes, pela solidificação da água que encerram.

Tem a mesma causa a rutura das pedras chamadas gelações.

O calor específico da água é superior ao de todos os outros líquidos e é tomado para unidade ¹.

A pressão de 760^{mm} , a água entra em ebulição a uma temperatura que foi tomada para 100° do termómetro centígrado e 80° do termómetro de Réaumur.

O vapor de água é mais leve do que o ar ² ($d=0,623$).

O gelo quebra-se facilmente por um choque; apesar disso, pode moldar-se com uma pressão suficiente. É o fenómeno do *regêlo*, estudado na Física e que se explica pelo abaixamento que sofre o ponto de fusão da água, quando a pressão aumenta.

A água é um dissolvente de primeira ordem. Um grandíssimo número de substâncias dissolvem-se neste líquido.

53. Propriedades químicas. — a) *Acção do carvão ao rubro.*

— Em um tubo de grês ou de porcelana, aquecido em um forno (fig. 33) tem-se introduzido carvão. Esse tubo comunica, por uma extremidade, com uma retorta de vidro, onde se produz o vapor de água pelo aquecimento dêste líquido.

Pela outra extremidade, o tubo é posto em comunicação com uma campânula de recolher gases, invertida sôbre a tina hidropneumática.

Logo que o tubo esteja ao rubro, aquece-se a retorta até

¹ Como se sabe, chama-se *caloria* à quantidade de calor necessária para elevar de 0° a 1° a temperatura de 1 quilograma de água; é a *grande caloria*; a *pequena caloria* é mil vezes mais pequena, pois refere-se a 1 gr. de água.

² A densidade calculada, pela fórmula do n.º 24, é $d = \frac{18}{28,9} = 0,623$.

à ebulição da água. Esta, passando em vapor sôbre o carvão, a alta temperatura, é decomposta por êle, que fixa o oxigénio, libertando o hidrogénio.

Parte do carvão transforma-se em anidrido carbónico

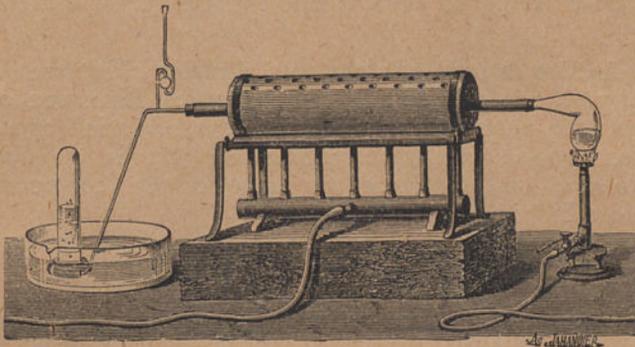
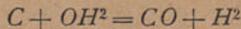


Fig. 33

(n.º 36, a) e êste gás, misturado com o hidrogénio, é recolhido na campânula:

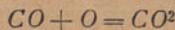


Juntamente com o anidrido carbónico, especialmente quando a temperatura é muito elevada (rubro branco), forma-se um outro composto oxigenado do carbono; êste composto que, para um dado pêso de carbono, só tem metade do pêso de oxigénio que entra naquele anidrido, tem o nome de *óxido de carbono* e a fórmula *CO*:



Geralmente, recolhe-se na campânula uma mistura de três gases invisíveis: hidrogénio, anidrido carbónico e óxido de carbono.

O óxido de carbono é um gás combustível; transforma-se em anidrido carbónico, quando arde:



A mistura gasosa obtida pela acção da água sobre o carvão é combustível e tem o nome de *gás da água*.

b) *Acção dos metais*. — Já vimos (n.º 3) que o ferro e o zinco decompõem a água, a alta temperatura. Mais tarde veremos que há metais que, mesmo à temperatura ordinária, se apoderam do oxigénio da água, pondo em liberdade o hidrogénio.

54. Análise da água pela corrente eléctrica (*Voltâmetro*). —

A água pura não conduz a corrente eléctrica. Dissolvendo, porém, na água pequenas quantidades de substâncias apropriadas, consegue-se que a corrente passe através do liquido, obtendo-se o desdobramento da água nos seus componentes, oxigénio e hidrogénio.

Esta operação realiza-se num *voltâmetro*, aparelho que pode ter diferentes disposições.

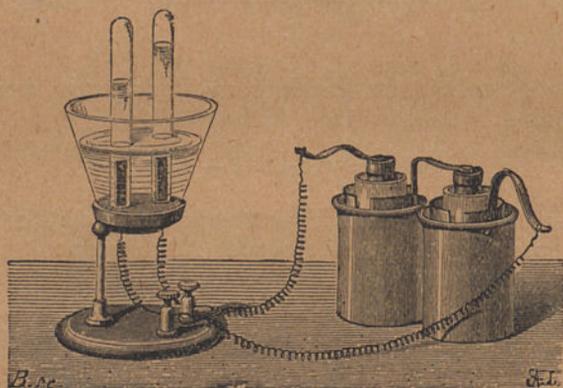


Fig. 34

O voltâmetro ordinário compõe-se de um vaso (fig. 34), cujo fundo, constituído por uma substância isoladora, é atravessado por dois fios de platina, que servem de electrodos, por cima dos quais se podem inverter duas campânulas cheias de liquido.

Introduz-se, no vaso e nas campânulas, água, contendo em

solução uma substância apropriada¹. Quando a corrente passa, observa-se a formação de bôlhas gasosas, que se elevam nas duas campânulas. Observa-se mais que o volume do hidrogénio, acumulado na campânula invertida sôbre o electrodo negativo, é duplo do volume do oxigénio acumulado na outra campânula.

Quando se recolhem os dois gases em um único recipiente, como se faz com o aparelho representado na fig. 35, obtêm-se uma *mistura detonante* (2 vol. de hidrogénio com 1 vol de oxigénio). Enchendo bolas de sabão com a mistura gasosa que sai pelo tubo abdutor do aparelho, e aproximando dessas bolas um pavio inflamado, ouve-se uma grande detonação.

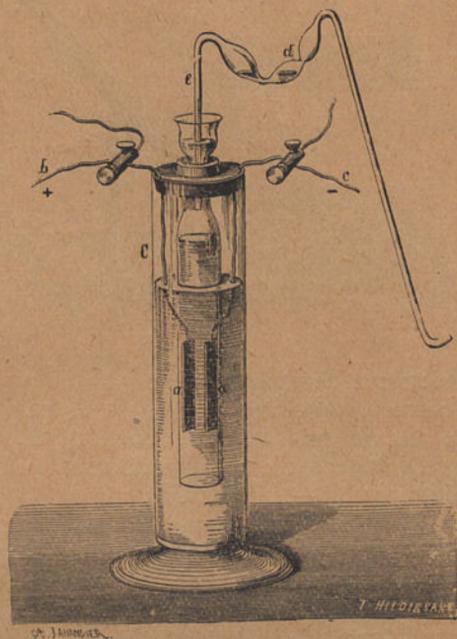


Fig. 35

55. Síntese no eudiômetro.— O eudiômetro de Bunsen (fig. 36) é um tubo de vidro espesso e graduado, fechado em uma das extremidades e aberto na outra; próximo da extremidade fechada, é atravessado por dois fios de platina, entre cujas pontas se pode fazer saltar, dentro do tubo, a faísca eléctrica.

Se no eudiômetro, depois de invertido sôbre o mercúrio, introduzirmos dois volumes de hidrogénio e dois volumes de

¹ Geralmente adicionam-se à água algumas gotas de *ácido sulfúrico* (n.º 27).

oxigénio e se fizermos saltar uma faísca eléctrica no seio da mistura gasosa, observaremos que o mercúrio se eleva imediatamente.

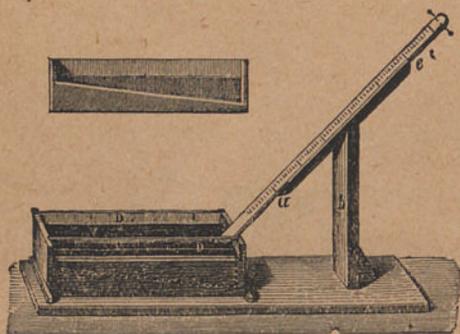


Fig. 36

Medindo o residuo gasoso, notaremos que ocupa 1 volume. Facilmente reconheceremos que este residuo é constituído pelo oxigénio, completamente absorvível por um pedaço de fósforo (n.º 44).

Pela acção da faísca eléctrica, desapareceram, pois, 2 volumes de hidrogénio e 1 volume de oxigénio, os quais se transformaram em água, que se condensou em pequenas gotas na parte superior e interna do tubo eudiométrico: $O + H^2 = OH^2$.

Mantendo, por uma disposição especial, o tubo eudiométrico a uma temperatura superior a 100° , a água que se forma, fica no estado de vapor e ocupa 2 volumes.

O eudiómetro de Hofmann (fig. 37) tem a vantagem de permitir facilmente medir os volumes dos gases, à mesma pressão.

É um tubo em U, tendo um dos ramos abertos e provido de torneira na parte inferior; o outro ramo é fechado superiormente por uma torneira e é dividido em partes de igual capacidade; perto da sua extremidade superior, este ramo é atravessado pelos fios de platina, entre os quais há-de saltar a faísca.

Começa-se por encher o eudiómetro com mercúrio, que se introduz pelo ramo aberto, conservando aberta a torneira superior (para saída do ar).

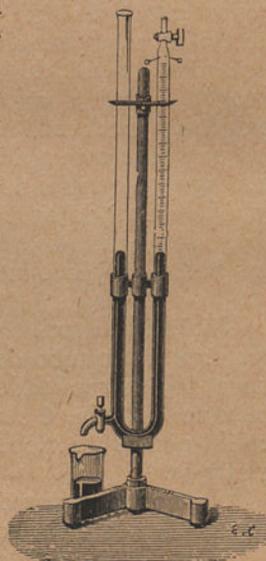


Fig. 37

Para fazer entrar um certo volume de gás dentro do aparelho liga-se, por meio de um tubo de borracha, a extremidade próxima da torneira superior com o espaço onde existe o gás; abrem-se então as duas torneiras.

Para medir o volume do gás existente no aparelho, faz-se que o nível do mercúrio seja o mesmo, nos dois ramos; para isso é, umas vezes, necessário introduzir mercúrio, pelo ramo aberto e, outras vezes, fazer sair mercúrio, pela torneira inferior. Introduzindo no eudiómetro *dois* volumes de hidrogénio e *dois* de oxigénio e fazendo saltar a faísca eléctrica, é fácil verificar que o residuo gasoso ocupa *um* volume (o do oxigénio em excesso).

Envolvendo o ramo fechado do eudiómetro com um tubo

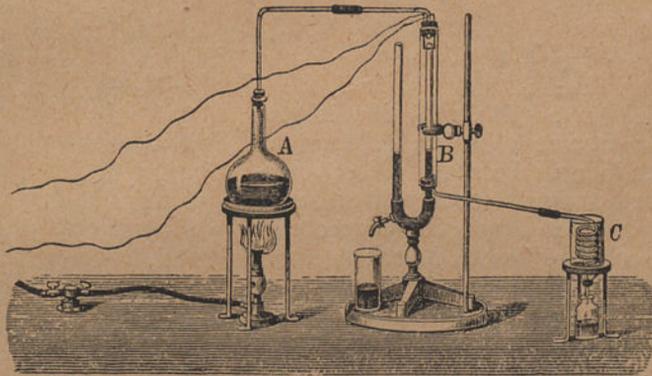


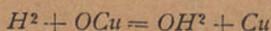
Fig. 38

de vidro de maior diâmetro *B* (fig. 38) e fazendo circular no espaço anular um vapor¹ cuja temperatura seja superior a 100°, vapor que se forma pelo aquecimento do líquido contido no balão *A* e que se vai condensar na serpentina resfriada *C*, consegue-se manter o ramo fechado a uma temperatura superior a 100°; nestas condições, a água formada pela combina-

¹ Pode-se empregar o vapor do *alcool amílico*; êste líquido, que se aquece no balão *A*, ferve a 130°, próximamente.

ção dos dois gases, oxigénio e hidrogénio, fica no estado de vapor e reconhece-se que da combinação de 1 volume de oxigénio com 2 volumes de hidrogénio resultam 2 vol. de vapor de água.

56. Composição da água, em pêso, determinada por síntese. — Se fizermos passar hidrogénio puro sôbre óxido de cobre, aquecido a alta temperatura, sabemos que o hidrogénio reduz o óxido, pondo em liberdade o metal (n.º 29), ao mesmo tempo que se forma vapor de água :



Seja p o pêso de óxido empregado; faça-se sôbre êle passar uma quantidade de hidrogénio, insuficiente para o reduzir totalmente; o produto que fica depois da redução contém cobre e óxido de cobre e tem um pêso p' inferior a p ; a diferença $p - p'$ representa, evidentemente, o pêso do oxigénio cedido pelo óxido; recolhendo a água que se formou e determinando o seu pêso P , ficamos sabendo que neste pêso P de água há o pêso $p - p'$ de oxigénio e portanto o pêso $P - (p - p')$ de hidrogénio, visto que o pêso da água deve ser igual à soma dos pesos do oxigénio e hidrogénio que nela entram (lei de Lavoisier).

O aparelho em que se faz a operação compõe-se (fig. 39) :

1.º De um aparelho produtor de hidrogénio (com zinco e ácido sulfúrico, n.º 27).

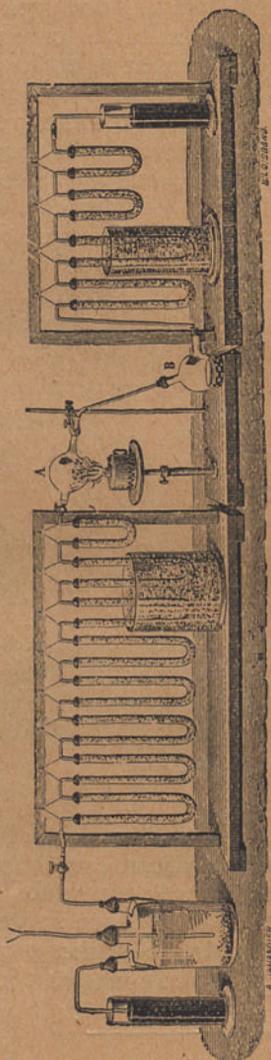


Fig. 39

2.º De uma série de tubos em forma de *U*, contendo substâncias apropriadas para purificar o hidrogénio;

3.º De um balão *A*, contendo o óxido de cobre, com um pêso conhecido;

4.º De um balão *B*, onde se condensa a maior parte do vapor de água formado;

5.º De uma série de tubos em *U*, contendo substâncias apropriadas para absorverem o vapor de água que não se condensou em *B*.

A diminuição de pêso observada no balão *A* dá o pêso do oxigénio; o aumento de pêso do balão *B*, somado com o aumento de pêso dos tubos em *U*, que se lhe seguem, dá o pêso da água formada.

A diferença entre o pêso da água e o pêso do oxigénio dá o pêso do hidrogénio.

Este processo tem sofrido modificações, com o fim de o tornar mais rigoroso.

Já dissêmos qual é a composição da água em pêso (n.º 17).

57. Gases dissolvidos na água. — A água, quer meteórica, quer telúrica, tem gases em solução.

Também contém geralmente substâncias sólidas dissolvidas, que são em maior abundância nas águas telúricas.

Ocupemo-nos, primeiro, dos gases dissolvidos.

Estes são, geralmente, os mesmos que constituem a atmosfera, mas em proporções diferentes, por ser o ar uma mistura (n.º 46) e por não serem êsses gases igualmente solúveis.

Demonstra-se facilmente que na água existem dissolvidos os gases da atmosfera: oxigénio, azoto (e argo) e anidrido carbónico.

Em um balão *B* (fig. 40), com um a dois litros de capacidade, deita-se água, até o encher completamente. Tapa-se o balão com uma rôlha atravessada por um tubo de descarga *T*, também cheio de água, em comunicação com uma campânula *E* invertida sôbre o mercúrio.

Antes de introduzir a extremidade do tubo de baixo da campânula, aquece-se o balão; uma porção de água sai, por efeito da dilatação. Quando começam a desenvolver-se bôlhas de gás dentro do balão, coloca-se a campânula com mercúrio sôbre a extremidade do tubo de descarga. Continuando o aqueci-

mento, durante uns 20 minutos, todo o gás será abandonado pela água e irá acumular-se na parte superior da campânula, com alguma água arrastada, já no estado de vapor, já mecânicamente, pelo efeito da ebulição. Esta água estará, porém,

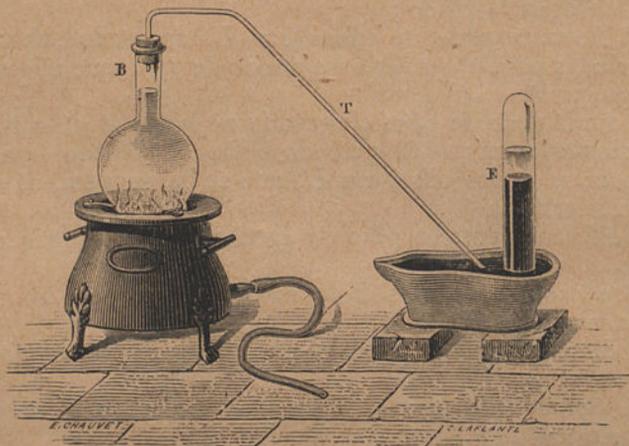


Fig. 40

bastante quente, pelo que só conservará em solução uma pequena quantidade de gases em contacto com ela.

Obtida a mistura dos gases, é observado o seu volume; absorve-se o anidrido carbónico, por meio de uma substância apropriada. A diminuição de volume dá a proporção daquele gás, na mistura. Absorve-se, em seguida, o oxigénio por meio do fósforo a frio (n.º 44); a nova diminuição de volume dá a proporção d'este gás. O residuo gasoso é o azoto (e argo).

A proporção do anidrido carbónico dissolvido na água é muito variável.

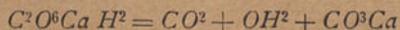
O volume do oxigénio está para o do azoto, próximamente, na razão 1 : 2, ao passo que na atmosfera os volumes dos dois gases estão, como se sabe, na razão de 1 : 4.

58. Principais substâncias sólidas dissolvidas na água. — Entre as substâncias sólidas, que mais geralmente se encontram

em solução nas águas naturais, figuram duas, conhecidas em Quimica pelos nomes de *sulfato de cálcio* e de *bicarbonato de cálcio*.

A primeira tem uma composição representada pela fórmula SO^4Ca ; esta difere da do *sulfato de zinco* e da do *sulfato de ferro* (n.º 27) em ter, em vez do simbolo do zinco ou do simbolo do ferro, o simbolo Ca do metal *cálcio*. — Êste sulfato de cálcio constitui o *gesso*, substância bem conhecida.

O *bicarbonato de cálcio* tem a fórmula $C^2O^6CaH^2$; pelo aquecimento, perde anidrido carbónico (CO^2) e água (OH^2) e transforma-se em um composto insolúvel chamado *carbonato de cálcio*, cuja fórmula é CO^3Ca :



O *carbonato de cálcio* é a substância que constitui a pedra branca, muito empregada em calçadas e cantarias.

Estas duas substâncias (sulfato e bicarbonato de cálcio) encontram-se na água, em proporções que variam dentro de certos limites.

59. Classificação das águas em potáveis, salobras e minerais.

— As águas podem classificar-se em três grupos principais: *potáveis*, *salobras* e *minerais*.

Chama-se água *potável* a que é conveniente para a alimentação e para os usos domésticos.

Deve ser límpida, fresca, incolor, inodora, com sabor fraco e agradável; deve cozer bem os legumes e dissolver facilmente o sabão, sem formar grumos.

As águas potáveis podem provir das fontes, ribeiros, rios, poços ou lagos.

Não se deve pensar que uma água potável será tanto melhor quanto mais pura fôr. A água da chuva e principalmente a água destilada são bastante puras, sem serem das mais potáveis.

Para a alimentação, convêm que na água se encontrem, em solução, os gases da atmosfera, bem como algumas substâncias sólidas.

O anidrido carbónico torna a água sávida e estimulante e permite-lhe que dissolva certas substâncias, como, por exemplo, o carbonato de cálcio que passa a *bicarbonato* (n.º 58.)

O carbonato de cálcio, quando não excede 0^{gr},5 por litro, torna a água própria para a nutrição do tecido ósseo.

Considera-se, geralmente, *salobra* a água que, pela evaporação, deixa um residuo superior a 0^{gr},6 por litro. É pesada, indigesta, não coze bem os legumes e forma grumos com o sabão.

Se as águas salobras são ricas em bicarbonato de cálcio, se dão, pela evaporação de um litro, mais do que 0^{gr},5 de carbonato de cálcio, chamam-se *calcáreas*. Pela ebulição prolongada, tornam-se turvas e dão, nos vasos ou caldeiras em que se efectua o aquecimento, um abundante depósito de carbonato de cálcio, que muitas vezes produz uma incrustação muito aderente; o bicarbonato, perdendo anidrido carbónico pela ebulição da água, transforma-se, efectivamente, em carbonato insolúvel, como já dissemos (n.º 58).

As águas, que teem por litro mais de 0^{gr},15 de sulfato de cálcio, são, de ordinário, consideradas como salobras *selenitosas*.

As águas que contem quantidades notáveis de matérias orgânicas (de origem animal ou vegetal), corrompem-se rapidamente; teem cheiro desagradável. As águas estagnadas, recebem, muitas vezes, infiltrações de substâncias orgânicas (urinas, fezes), na vizinhança de habitações, canos de despejo, etc.; são, porisso, nocivas à saúde.

Vários organismos microscópicos, transmissores de doenças epidémicas (cólera, febre tifóide, etc.), também, muitas vezes, teem como veículo a água. Tais águas suspeitas devem sempre ser fervidas ou filtradas por um filtro Chamberland (n.º 60), antes de serem utilizadas como bebida.

As *águas minerais* contem, geralmente, em solução várias substâncias sólidas, além das que se encontram nas águas potáveis.

Em muitos casos, contem sal marinho ou sal das cozinhas; teem, muitas vezes, sabor salgado.

Exercem sobre a economia animal uma acção mais ou menos notável, que as torna agentes terapêuticos eficazes no tratamento de várias doenças.

A sua temperatura é muito variável; quando é superior a 25.º, as águas teem o nome de *termais*; no caso contrário, chamam-se águas minerais *frias*.

Classificam-se em diferentes grupos, tendo em vista os princípios constituintes que são predominantes ou cuja actividade medicinal é característica.

Muitas águas minerais teem em solução uma quantidade notável de gás anidrido carbónico, pelo que recebem o nome de *águas acidulas* ou de *águas gasosas*.

60. Filtração e destilação da água. — Nas águas naturais encontram-se, muitas vezes, matérias em suspensão. A água, neste caso, apresenta-se mais ou menos turva.

Consegue-se torná-la límpida, *filtrando-a*, isto é, fazendo-a passar através de corpos porosos que se deixam atravessar pela água e pelas substâncias nela dissolvidas, mas que reteem as substâncias em suspensão.

A filtração pode operar-se através de pedras porosas, papel, porcelana, areia, etc.

No filtro *Chamberland*, que é dos mais perfeitos, a água, que vem pela torneira R (fig. 41), entra, sob certa pressão, em um cilindro metálico, B, e filtra-se através das paredes porosas de um outro cilindro ou *vela* de porcelana não vidrada A, o qual tem o mesmo eixo que o primeiro, mas tem menor diâmetro do que êle, de forma que fica um espaço anular entre os dois.

A água filtrada sai pela parte inferior e aberta de vela.

Quando não se dispõe de água sob pressão, pode-se filtrar a água contida em um vaso, fazendo-a sair dêste por meio de um sifão cujo ramo menor está ligado por um pedaço de tubo de borracha à tubuladura de saída da *vela*, a qual mergulha no líquido a filtrar.

Além das matérias em suspensão, as águas naturais, especialmente as águas *telúricas*, teem, como dissemos, em solução várias substâncias fixas que se podem eliminar recorrendo à *destilação*.

Esta operação consiste, como se sabe, em reduzir a água a vapor que depois é condensado pelo resfriamento.

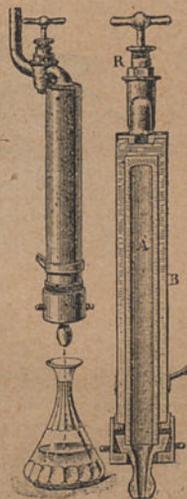


Fig. 41

Dêste modo obtêm-se água sensivelmente pura; é a *água destilada*, empregada nos laboratórios, nas farmácias, etc.

Como resíduo ficam as substâncias não voláteis.

Para destilar pequenas quantidades de água, pode empre-

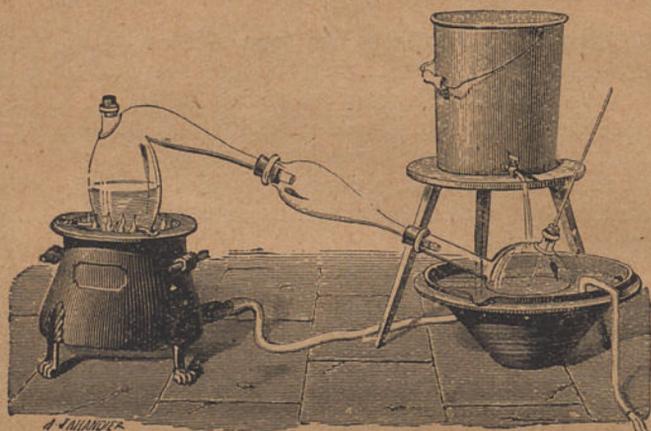


Fig. 42

gar-se o aparelho representado na fig. 42. O líquido é aquecido em uma *retorta*, cujo colo comunica com um balão resfriado, onde o vapor se condensa.

A fig. 43 representa um aparelho destilatório, muito empregado nos laboratórios. A água a destilar é aquecida no balão *A*; o vapor é arrefecido e condensado no tubo de descarga que está envolvido pela manga de vidro *B*, de maior diâmetro, na qual se faz passar uma lenta corrente de água fria que, saindo da torneira *r*, entra na parte inferior da manga; a água, já um pouco tépida e por isso menos densa, sai na parte superior da manga, por um tubo que a conduz para uma pia.

A água destilada é recebida no recipiente *C*.

Para obter grandes quantidades de água destilada é necessário empregar aparelhos destilatórios de maiores dimensões, chamados *alambiques*.

A água é aquecida numa caldeira de cobre *A* (fig. 44) à qual se dá o nome de *cucúrbita*. O vapor sobe para um es-

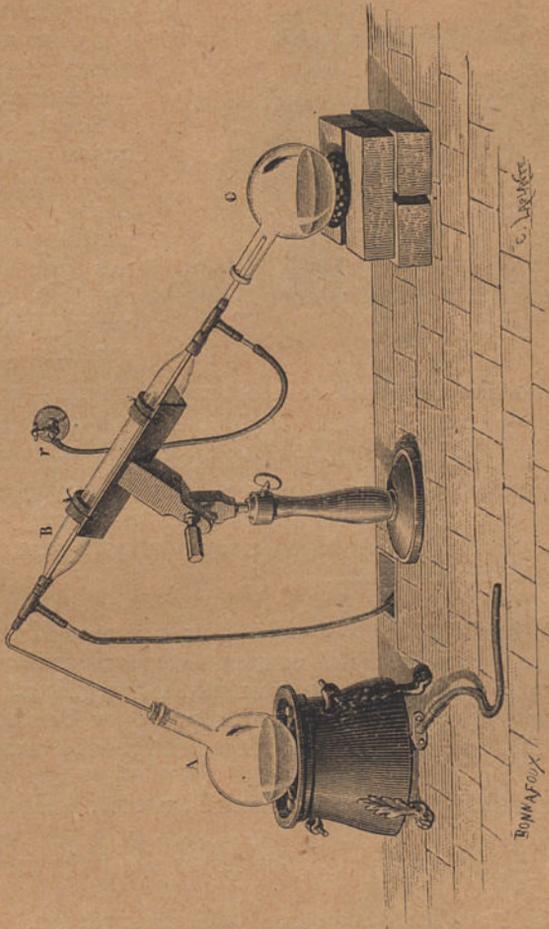


FIG. 43

paço superior, o *capitel*, donde segue, por um colo alongado, para uma *serpentina* ou tubo em hélice, que mergulha dentro de um vaso *refrigerante C*, onde se faz entrar constantemente

pela parte inferior, pelo tubo *FF'*, água fria, ao passo que, pela parte superior, sai, pelo tubo *G*, a água menos densa, por

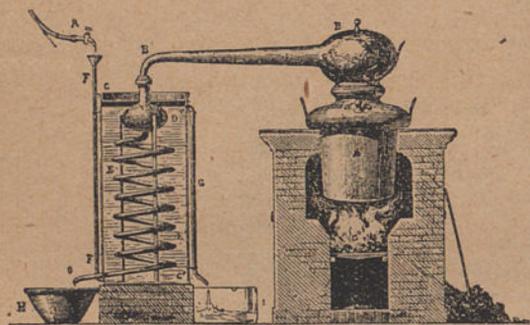


Fig. 44

estar já aquecida, em resultado da condensação do vapor dentro da serpentina.

Rejeita-se a primeira porção de água que destila, porque contém as substâncias voláteis que existiam na água e quaisquer sujidades das paredes do aparelho destilatório.

Suspende-se a operação quando $\frac{2}{3}$ partes da água foram destiladas, para evitar a projecção de matérias arrastadas no estado sólido e de produtos resultantes da acção do calor sobre as substâncias que estavam dissolvidas na água e que ficam como residuo no aparelho destilatório.

A água destilada não deve deixar residuo algum, quando é completamente evaporada.

61. Aplicações da água. — São inúmeras as aplicações da água. Sob a forma de gelo, emprega-se para arrefecer bebidas, conservar carnes, constituir misturas frigoríficas, etc.

No estado líquido, tem largo emprego na economia doméstica e nas artes; é, muitas vezes, empregada a sua força motriz.

Desempenha um papel de primeira ordem na vida animal e vegetal.

No estado de vapor, a aplicação da sua força motriz é a mais importante.

Também é utilizada como meio de aquecimento.

PROBLEMAS

1.º Qual é o pêso de água que se obtêm, quando se combinam 11^{gr},19 de hidrogénio com 88^{gr},81 de oxigénio?

(Lei de Lavoisier, n.º 15)..... R: 100^{gr}

2.º Aqueceram-se a alta temperatura, em contacto com o ar, 10^{gr} de cobre; depois da experiência, reconheceu-se que o produto obtido pesava (depois de arrefecido) 11^{gr}; qual foi o pêso de oxigénio fixado pelo cobre?

(Lei de Lavoisier, n.º 15)..... R: 1^{gr}

3.º Sôbre 10^{gr} de óxido de cobre aquecido ao rubro, num tubo, fêz-se passar uma corrente de hidrogénio puro; recolhendo a água formada (n.º 27, b), reconheceu-se que o seu pêso era de 1^{gr}; no fim da experiência, o restante óxido de cobre e juntamente o cobre libertado pesavam 9^{gr},112. Deduzir, dos resultados desta experiência, os pesos de hidrogénio e oxigénio que entram em 1^{gr} de água.

(Lei de Lavoisier, n.º 15) R: { Oxig 0^{gr},888
Hidrog..... 0^{gr},112

4.º Admitindo que em 18^{gr} de água pura existem 16^{gr} de oxigénio e 2^{gr} de hidrogénio, calcular o pêso de cada um destes elementos que entra em 100^{gr} de água.

(Lei de Proust, n.º 16) R: { Oxig..... 88^{gr},889
Hidrog..... 11^{gr},111

5.º Se em 100^{gr} de óxido de mercúrio há 7^{gr},4 de oxigénio, calcular o pêsso de óxido de mercúrio, no qual se contem 100^{gr} de oxigénio.

(Lei de Proust, n.º 16)..... R: 1351^{gr},3

6.º Calcular a composição centesimal (n.º 21) de cada um dos seguintes compostos:

1) Anidrido sulfuroso, SO^2	R: {	Enxôfre.....	50
		Oxig.....	50
2) Anidrido carbónico, CO^2	R: {	Carbono	27,273
		Oxig.....	72,727
3) Óxido de carbono, CO	R: {	Carbono	42,857
		Oxig.....	57,143
4) Anidrido fosfórico, P^2O^5	R: {	Fósf.....	43,662
		Oxig.....	56,338
5) Ácido clorídrico, ClH	R: {	Cloro.....	97,260
		Hidrog.....	2,740
6) Protóxido de azoto, N^2O	R: {	Azoto.....	63,636
		Oxig.....	36,364
7) Óxido vermelho de mercúrio, OHg	R: {	Oxig.....	7,397
		Mercúrio.....	92,603
8) Clorato de potássio, ClO^3K	R: {	Cloro.....	28,956
		Oxig.....	39 152
		Potássio	31,892
9) Sulfato de ferro, SO^1Fe	R: {	Enxôfre.....	21,053
		Oxig.....	42,105
		Ferro	36,842

7.º Indicar a composição volumétrica de cada um dos seguintes compostos, no estado gasoso (n.º 23):

- 1) Ácido clorídrico, ClH .. R: { 1 vol. de cloro e 1 vol. de hidrog.
em 2 vol. de gás ácido clorídrico.
- 2) Amoníaco, NH^3 .. R: { 1 vol. de azoto e 3 vol. de hidrog.
em 2 vol. de gás amoníaco.

3) Protóxido de azoto, N^2O . . . R: $\left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ vol. de azoto e } 1 \text{ vol. de oxig. em} \\ 2 \text{ vol. de gás protóxido de azoto.} \end{array} \right.$

4) Vapor de água, OH^2 R: $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ vol. de oxig. e } 2 \text{ vol. de hidrog. em} \\ 2 \text{ vol. de vapor de água.} \end{array} \right.$

8.º Calcular a densidade de cada um dos seguintes gases (n.º 24):

- 1) Hidrogénio (R: 0,069); 2) Cloro (R: 2,456); 3) Flúor (R: 1,315);
 4) Oxig. (R: 1,107); 5) Azoto (R: 0,969); 6) Anidr. sulfuroso (R: 2,214);
 7) Anidrido carbónico (R: 1,522); 8) Óxido de carbono (R: 0,969);
 9) Acido clorídrico (R: 1,263); 10) Amoníaco (R: 0,588).

9.º Calcular o pêso de 1 litro de cada um dos seguintes gases (n.º 24).

- 1) Hidrogénio (R: 0,069); 2) Cloro (R: 3,67,19); 3) Flúor (R: 1,67,71);
 4) Oxig. (R: 1,107); 5) Azoto (R: 1,107,26); 6) Anidr. sulfuroso (R: 2,67,88);
 7) Anidrido carbónico (R: 1,67,98); 8) Óxido de carbono (R: 1,107,26);
 9) Acido clorídrico (R: 1,67,64); 10) Amoníaco (R: 0,67,76).

10.º Sabendo-se (n.º 27) que o pêso SO^4H^2 ($= 98^{gr}$) de ácido sulfúrico fornece o volume 22,4 (2 vol.) de hidrog., pergunta-se qual é o pêso de ácido sulfúrico puro, capaz de produzir 20^l de hidrogénio. R: 87^{gr},5.

11.º Qual é o pêso de ácido sulfúrico necessário (n.º 27) para obter 10^{gr} de hidrogénio?

[O pêso SO^4H^2 ($= 98^{gr}$) de ácido produz o pêso H^2 ($= 2^{gr}$) de hidrog.]
 R: 490^{gr}.

12.º Qual é o pêso de zinco puro necessário (n.º 27) para a produção de 100^l de hidrogénio?

[O pêso Zn ($= 65^{gr},4$) de zinco liberta H^2 (22,4 de hidrog.)]. R: 291^{gr},9}

13.º Qual é o pêso de ferro necessário (n.º 27) para obter 112^l de hidrogénio?

[Da equação: $SO^4H^2 + Fe = SO^4Fe + H^2$ conclui-se que o pêso Fe ($= 56^{gr}$) de ferro liberta 2 vol. ou 22,4 de hidrog.]. R: 280^{gr}}.

14.º Qual é o pêso de ferro necessário (n.º 27) para obter 10^{gr} de hidrogénio?

[Com o pêso Fe (= 56^{gr}) de ferro, liberta-se o pêso H^2 (= 2^{gr}) de hidrog.]
R: 280^{gr}.

15.º Que pêso de óxido vermelho de mercúrio é necessário aquecer (n.º 25) para obter 100^{gr} de oxigénio?

[O pêso OHg (= 216^{gr},3) de óxido produz o pêso O (= 16^{gr}) de oxig.].
R: 1351^{gr},8.

16.º Que pêso de bióxido de manganêsio puro seria necessário reduzir pelo calor (n.º 33), para obter 100 litros de oxigénio?

[A equação do n.º 33: $3O^2Mn = O^1Mn^3 + O^2$ mostra que da decomposição do pêso $3O^2Mn$ (= 261^{gr}) de bióxido resulta o volume 22^l,4 de oxigénio]. R: 1165^{gr}.

17.º Que pêso de óxido vermelho de mercúrio pode fornecer, pelo aquecimento (n.º 25), 22^l,4 de oxigénio?

[O pêso OHg (= 216^{gr},3) de óxido fornece 1 volume ou 11^l,2 de oxig.].
R: 432^{gr},6.

18.º Que pêso de bióxido de manganêsio poderia fornecer (n.º 33), pelo aquecimento, 320^{gr} de oxigénio?

[O pêso $3O^2Mn$ (= 261^{gr}) de bióxido fornece o pêso O^2 (= 32^{gr}) de oxig.].
R: 2610^{gr}.

19.º Com 122^{gr},6 (= ClO^3K) de clorato de potássio (n.º 33) obtiveram-se 48^{gr} (= $3O$) de oxigénio; qual é o pêso d'êste gás que se obtêm, quando se decompõem pelo calor, 100^{gr} de clorato de potássio?

[Lei de Proust]. R: 39^{gr},15.

20.º Qual é o pêso de clorato de potássio (n.º 33) que]pode fornecer 112^l de oxigénio?

[O pêso ClO^3K (= 122^{gr},6) de clorato fornece 3 vol. ou 33^l,6 de oxigénio]. R: 408^{gr},7.

21.^o Que volume de amoníaco resultaria da combinação de 14^{cc} de azoto com 42^{cc} de hidrogénio?

[Da equação $N + 3H = NH_3$ (n.^o 41) conclui-se que o vol. do amoníaco formado é $\frac{1}{2}$ do volume da mistura dos gases componentes ou o dobro do volume do azoto]. R: 28^{cc}.

22.^o Que volume ocupam (a 0.^o e 760^{mm}) 140^{gr} de azoto?

[O pêso N (= 14^{gr}) de azoto corresponde a 1 vol. ou a 11^l,2]. R: 112^l.

23.^o Qual é o pêso de 20^l de oxigénio (a 0.^o e 760^{mm})?

[O pêso O (= 16^{gr}) de oxig. corresponde (n.^o 22) a 1 vol. ou 11^l,2. Também se pode calcular, em primeiro lugar, o pêso de 1 litro de oxigénio (n.^o 24)]. R: 28^{gr},6.

24.^o Para a combustão de 32^{gr} de enxôfre ($S=32$) são necessários 22^l,4 de oxigénio (O^2 representa 2 vol.); pergunta-se qual é, aproximadamente, o volume de ar necessário para a combustão de 10^{gr} de enxôfre, tendo em vista o conhecimento (em números redondos) da composição volumétrica do ar (n.^o 43). R: 35^l.

25.^o Tendo em vista o conhecimento (em números redondos) da composição volumétrica do ar (n.^o 43), calcular, aproximadamente, os volumes de azoto, oxigénio, argo e anidrido carbónico que podem ser extraídos de 1^{m3} de ar?

R:.....

{	Vol. do azoto e argo.	800 ^l
	Vol. do argo.....	8 ^l
	Vol. do azoto.....	792 ^l
	Vol. do oxig. ..	200 ^l
	Vol. do anidr. carb..	0 ^l ,4

26.^o Que pêso de óxido salino de ferro O^4Fe^3 se forma, quando se decompõem, pelo ferro, ao rubro, 10^{gr} de água (n.^o 25)?

[A equação (n.^o 25): $4OH^2 + 3Fe = O^4Fe^3 + 4H^2$ mostra que o pêso $4 \times OH^2$ (= 72^{gr}) de água corresponde à formação do pêso O^4Fe^3 (= 232^{gr}) de óxido salino de ferro]. R: 32^{gr},22.

27.º No eudiómetro de Hofmann (n.º 55) introduziram-se 10^{cc} de oxigénio (volume lido, quando o nível do mercúrio era o mesmo nos dois ramos do tubo); introduziu-se depois no aparelho hidrogénio; a mistura dos dois gases (quando o nível do mercúrio era o mesmo nos dois ramos) ocupava o volume 22^{cc}; fez-se saltar a fâisca eléctrica; depois de deixar arrefecer a mistura gasosa, igualou-se o nível do mercúrio nos dois ramos e leu-se o volume do gás que ficou como resíduo; quais devem ser o volume e natureza d'este resíduo?

R: 4^{cc} de oxigénio.

28.º Se na experiência do problema anterior, fôsem, respectivamente, 4 e 16^{cc} os volumes do oxigénio e da mistura do oxigénio e hidrogénio, quais seriam o volume e a natureza do resíduo gasoso, depois de fazer saltar a fâisca?

R: 4^{cc} de hidrogénio.



INSTITUTO TÉCNICO DE ENGENHARIA
RUA DO COMENDADOR RIBEIRO, 117









RÓ
MU
LO



CENTRO CIÊNCIA VIVA
UNIVERSIDADE COIMBRA

132965924X

DEPOSITARIO



186-Rua Aurea-188

LISBOA