

Mancomunitat de Catalunya

EXTENSIO  
D'ENSENYAMENT  
TÈCNIC



TEXT N.º 34

PILES ELÈCTRIQUES

Carrer d'Urgell 187 Barcelona





R. 7711

## PILES ELÈCTRIQUES

---

### DESCOBRIMENT DE L'ELECTRICITAT DINAMICA

#### EXPERIMENT DE GALVANI

1. Itàlia té l'honra d'haver estat el bressol de l'electricitat dinàmica. En el transcurs de pocs anys fou observat allà el primer fenomen degut a l'electricitat en moviment, fou inventada la pila elèctrica i en fou donada la veritable teoria.

Galvani, físic i professor d'anatomia de la Universitat de Bonlonya, descobrí casualment, l'any 1790, que una granota experimentava contraccions musculars quan un filferro tocava a la vegada els nervis lumbar (nervis que corren paral·lels a la columna vertebral) i els muscles de les cuixes o de les cames de l'animal. Des de 1780 es dedicava Galvani a l'estudi de les contraccions que l'electricitat estàtica de les màquines elèctriques produïa en les granotes mortes i no vacilà a atribuir el fenomen a una electricitat pròpia de l'animal i formulà sa cèlebre teoria del *fluid vital*, anomenat també *electricitat animal* o *fluid galvànic*. Aquesta teoria fou acceptada per multitud de físics i fisiòlegs de sa època, però trobà oposició en alguns savis, entre els quals figurà en primera línia l'illustre Volta, professor de física a la ciutat de Pavia.

Per repetir amb èxit l'experiment de Galvani, escorxarem una granota viva, la tallarem per dessota els membres anteriors i, posats al descobert els nervis lumbar, introduïrem entre ells un dels extrems d'un arc format per dues branques, l'una de zinc i l'altra de coure. Cada vegada que amb l'altre extrem tocarem els muscles de les extremitats inferiors, hi haurà una contracció i les cames de l'animal es somouran com si tornessin a la vida.

Com hem dit, Galvani atribuï el fet al fluid animal, però Volta negà l'existència d'aquest i sostení que les contraccions eren degudes únicament al contacte dels dos metalls, fundant-se en el fet que aquelles són molt més enèrgiques si l'arc és format per dos metalls que no si ho és per un de sol, i va admetre que el contacte dels dos metalls desenrotllava electricitat i que els orgues de l'animal no exercien altre paper que el d'un electroscopi molt sensible.

## EXPERIMENTS DE VOLTA

2. Valent-se de l'electroscopi que inventà en aquella ocasió, va emprendre Volta una sèrie d'experiments encaminats a demostrar la producció d'electricitat pel simple contacte de dos metalls, entre els quals mereixen ésser citats els següents:

1.<sup>r</sup> Si tenint amb una mà un dels extrems d'una làmina de zinc que en porta soldada en l'altre una de coure, toquem amb aquesta última el platet inferior de l'electroscopi, platet superior del qual ha estat tocat abans amb l'altra mà, interrompem la comunicació i retirem el plat superior, les fulles de l'electroscopi es separen, la qual cosa demostra que s'han electritzat, i aquesta electricitat és negativa.

2.<sup>n</sup> Repetint l'experiment anterior, però agafant l'extrem coure i tocant amb el zinc el platet de coure de l'electroscopi, no observem cap mena d'electrització.

3. Quan en aquest segon experiment interposem una tela embeguda d'aigua acidulada entre l'extrem zinc i el platet, aquest es carrega positivament.

Del primer experiment deduí Volta que el contacte del zinc amb el coure produïa una força electromotiu que carregava el zinc d'electricitat positiva i el coure d'electricitat negativa. Del segon, confirmació segons ell del primer, inferí que trobant-se el zinc en contacte, per una part amb el coure de la làmina i per l'altra amb el coure del platet, es desenrotllaven dues forces electromotius iguals i oposades que, equilibrant-se, donaven un resultat nul.

En quant al tercer experiment, segons Volta, el tros de tela impregnada d'aigua acidulada produïa el doble efecte de suprimir el *contacte* del zinc amb el coure del platet i facilitar el pas de l'electricitat del zinc al dit platet; segons això l'aigua acidulada era simplement un conductor.

4. No es donà per vençut Galvani i demostrà experimentalment no ésser indispensables dos metalls per a obtenir contraccions en les granotes mortes, puix les aconseguí col·locant una granota, degudament preparada, en un bany de mercuri. Provà igualment que no calia la intervenció de substàncies de distinta naturalesa i a l'efecte obtingué contraccions col·locant sobre una placa de vidre dues cuixes de granotes proveïdes dels nervis lumbars de manera que es toquessin dits nervis. Cada vegada que les cuixes es posaven directament en contacte, sense intervenció de cap substància, es produïa una forta contracció.

5. Malgrat l'evidència d'aquestes demostracions, Volta insistí en la força electromotriu del contacte i fins negà la realitat de l'últim experiment, formulant sa *teoria del contacte* fundada en els tres principis següents:

1.<sup>r</sup> El contacte de dues substàncies de distinta naturalesa origina una força electromotriu.

2.<sup>n</sup> Quan dues substàncies en contacte es carreguen d'electricitats contràries, la diferència algebàrica de ses tensions elèctriques és constant, és a dir, independent de la tensió que cada una d'elles tingues.

3.<sup>r</sup> En una sèrie de peces metàl·liques de distinta naturalesa unides per ses extrems, la diferència de tensió entre els extrems lliures és igual a la suma de les diferències de tensió degudes a cada un dels contactes.

## TEORIA QUÍMICA

6. Tant la teoria del fluid vital sostinguda per Galvani, com la del contacte, establerta per Volta, van trobar oposició en el món dels savis d'aquella època, i així com Galvani fixà sa atenció en els nervis i els muscles i Volta en el contacte de dos metalls, Fabroni, cèlebre naturalista toscà, atribuí la causa dels fenòmens observats, a l'acció química. Segons ell, en els experiments de Galvani l'electricitat provenia de l'acció de l'àcid que impregna els teixits animals, i en els de Volta a l'acció de l'àcid sulfúric sobre el metall, fundant-se en això, que el desenrotllament d'electricitat és molt més enèrgic quan aquell intervé. (1791).

Savis il·lustres com Faraday, De la Rive i altres han rebutjat la teoria del contacte i admès únicament la teoria química. En realitat existeix l'electricitat animal, com fou demostrat més tard, així com l'electricitat de contacte, però els fets observats en els experiments citats, especialment en els de Volta, són deguts a l'acció química.

## PILA DE VOLTA

7. Fundant-se en els principis sostinguts per ell, construí Volta en 1800, la primera pila elèctrica, la qual es componia d'una sèrie de discos de coure, zinc i drap humitejats amb àcid sulfúric diluït, disposats sempre en el mateix ordre—un disc de coure, sobre un de zinc i sobre d'aquest un de drap, després un de coure, un de zinc, etc.—Cada disc de zinc estava soldat al de coure im-

mediat inferior, a fi d'assegurar el perfecte contacte entre ambdós discos. La figura 1 mostra la disposició dels discos. Cada dos d'ells separats per una

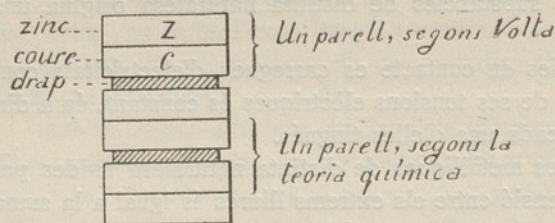


FIG. 1

rodona de drap amarada d'àcid sulfúric diluït consisteix, segons la teoria química un element de pila o un parell, però Volta, atent únicament al contacte dels metalls, considerava el parell format per un disc de zinc i altre de coure units, atribuint a l'àcid del drap el paper de conductor, com hem dit abans.

8. Si la pila de  $n$  elements Volta i la tensió total és  $E$ , segons la teoria del contacte, cada element produiria  $\frac{E}{n}$  volt, però segons la teoria

química, cada element produirà  $\frac{E}{n-1}$  puix hi ha realment un element menys segons la teoria química que segons la del contacte. El primer coure i l'últim zinc poden, doncs, ésser suprimits, ja que són inactius, i en efecte la mateixa diferència de potencial hi ha entre el primer coure i l'últim zinc que entre el primer zinc i l'últim coure.

La pila de Volta no és usada pels seus molts inconvenients, els quals s'han anat remediats en els nombrosos tipus de piles que successivament han aparegut. El principal defecte de la dita pila és la debilitació ràpida de sa tensió, ocasionada primer per la expulsió del líquid, produïda pel pes dels discos, i segon per la comunicació que el dit líquid, en vessar-se per l'exterior, estableix entre tots els elements, formant una espècie de curt circuit.

### PILES D'UN SOL LÍQUID

9. L'element de la pila de Volta pot reduir-se a una placa de zinc i altra de coure, separades l'una de l'altra, introduïdes en un vas que conté aigua acidulada amb àcid sulfúric (fig. 2). Les reaccions que es verifiquen són les següents: L'acció de l'aigua acidulada sobre el zinc desenrotlla una força electromotriu que carrega el zinc negativament i l'aigua acidulada positivament. El coure, gairebé insensible a l'àcid, no té altre paper que el de recollir l'electricitat

positiva del líquid. Mentre no s'estableixi una comunicació exterior entre les dues làmines, ses càrregues elèctriques augmenten fins que la diferència dels potencials llurs, equilibra la força electromotriu deguda a l'acció química, la qual cessa si el zinc és pur. Si, al contrari, s'uneixen el zinc i el coure mitjançant un conductor exterior, les dues electricitats es combinen, l'acció química continua i la força electromotriu reproduceix una nova quantitat d'electricitat i d'aquí un corrent continuu que va del coure al zinc en el circuit exterior, i del zinc el coure en l'interior.

La força electromotriu de l'element és igual a la diferència entre les forces electromotrius degudes a la reacció de l'àcid sobre cada una de les plaques; com major sigui aquesta diferència, major serà la força electromotriu resultant. Importa, doncs, que un dels dos metalls sigui molt atacat i l'altre molt poc. Si ambdós metalls fossin igualment atacats es produirien dues forces electromotrius iguals i de sentit oposat que donarien una força electromotriu resultant de valor nul.

10. De ço que havem exposat es dedueix que per a la formació d'un parell poden ésser usats dos metalls i un líquid qualsevulla amb la condició que siguin aquells desigualment atacats. El pol positiu del parell serà sempre el metall menys atacat, de manera que un mateix metall pot ésser positiu en un parell i negatiu en un altre, per exemple, el coure és positiu respecte al zinc i negatiu respecte al carbó.

La força electromotriu obtinguda en un element format per dos metalls donats, augmenta amb la força amb què el líquid ataca un dels metalls i és independent del grau de concentració del líquid. Augmentant aquesta aconseguiria sols disminuir la resistència interior de l'element.

11. *Piles de Cruikshank i de Wollaston.*—Per suprimir l'inconvenient que, segons hem vist, presenta la pila de Volta, ideà Cruikshank una pila, en la qual els elements, en lloc de trobar-se els uns damunt els altres, estaven disposats horitzontalment. Consistia en una caixa de fusta amb embans formats per làmines de coure i de zinc soldades les unes a les altres, deixant intervals en els quals tiraven l'aigua acidulada. Fàcilment hom compendrà la dificultat de netejar aquesta pila i de reposar els zincs quan són gastats per l'acció de l'àcid.

La pila de Wollaston, modificació de l'anterior, facilitava la manipulació,

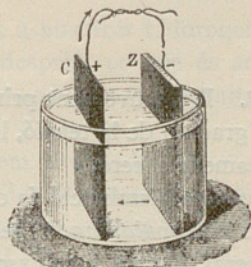


FIG. 2

puix els elements eren independents els uns dels altres i una disposició enginyosa permetia treure a la vegada tots els zincs i coures del líquid, amb la qual cosa obtenien l'aventatge que no es gastaven quan la pila no funcionava.

Nombroses són les piles derivades de la de Volta, però si bé la milloren en alguns detalls deixen subsistent el principal inconvenient, del qual anem a ocupar-nos.

## POLARITZACIÓ

12. L'inconvenient principal de totes les piles d'un sol líquid és la debilitació gradual de la tensió, la qual al cap de poc temps de funcionar, es redueix pràcticament a zero.

Aquesta disminució és deguda a dues causes principals: l'empobriment del líquid i la *Popularització* dels elèctrodes. A mesura que es consumeix l'àcid o, en general, el cos que dissolt en l'aigua provoca la reacció química, la força electromotriu conserva sa primitiva valor, segons vam veure en el núm. 10, però la tensió útil en els borns disminueix per la major resistència que ofereix el líquid al pas del corrent, de manera que a circuit obert l'empobriment del líquid no té cap importància, però com que interessa que a circuit tancat la tensió sigui constant, cal afegir àcid per a tornar-lo a la densitat deguda.

La polarització o acumulació d'hidrogen sobre el coure és la causa principal de debilitament de les piles, com ho prova el fet que si s'interromp el corrent per cert temps, el necessari perquè tot l'hidrogen es desprengui, observem, en tornar a tancar el circuit, què aquell recobra sa primitiva intensitat. Igual efecte és aconseguit si es remou el líquid, o l'elèctrode, o freguem aquest; en una paraula, si es provoca per qualsevol medi el desprendiment de l'hidrogen.

La polarització obra de dues maneres distintes per a debilitar la eficàcia d'una pila. Per l'excesiva resistència de l'hidrogen, la superfície de contacte del coure es troba notablement disminuïda, ço que dóna per resultat un augment de resistència interior, demés, per sa gran afinitat per l'oxigen, l'hidrogen lliure tendeix a combinar-s'hi bo i impeding així la descomposició iniciada per l'acció química principal. D'aquí resulta una força contrària a la de la pila, que tendeix a combinar els elements que aquella havia separat, originant un corrent de sentit oposat al primer, la intensitat del qual queda disminuïda.

## PILES DE DOS LIQUIDS

13. A fi d'evitar la debilitació del corrent deguda a la polarització, foren ideades les piles anomenades de *dos líquids*, què, si bé no han eliminat per complet aquell inconvenient, l'han reduït en gran part i permeten obtenir un corrent d'intensitat quasi constant.

El millor medi l'evitar la polarització consisteix a absorbir l'hidrogen mitjançant una substància adequada a mesura que es desprèn, ço que és aconseguit ordinàriament bo i usant un segon líquid que tingui una gran afinitat per a aquell gas, com l'àcid nítric per exemple.

Si en un element zinc—platí—àcid sulfúric tirem unes gotes d'àcid nítric al voltant del platí en quant s'observa que la intensitat del corrent decreix per efecte de la polarització, es veu de sobte que aquella augmenta ço que és degut al fet d'haver disminuït la polarització. L'àcid nítric s'ha combinat amb l'hidrogen formant aigua i peròxid de nitrogen, de manera que la reacció que origina el corrent és  $\text{SO}_4\text{H}_2 + \text{Z} = \text{SO}_4\text{Z} + \text{H}_2$  i la que es verifica entre el *despolaritzador* i l'hidrogen és  $\text{NO}_3\text{H} + \text{H} = \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (o bé  $2\text{H} + 2\text{NO}_3\text{H} = 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ , perquè es vegi que tot l'hidrogen s'ha combinat).

14. L'àcid nítric serà utilitzat taant millor com més immediat es trobi l'elèctrode que tendeix a polaritzar-se i a aquest fi són adoptats vasos porosos que separen els dos líquids.

La denominació de *Pila de dos líquids* no és molt adequada, puix moltes vegades és usat com a despolaritzador un sòlid en lloc d'un líquid, però l'acceptarem com a paraula admesa per l'ús.

En la major part dels casos la despolarització és aconseguida mitjançant substàncies que contenen oxigen, el qual es combina amb l'hidrogen, evitant així la polarització.

No cal dir que poden ésser usats altres àcids en lloc del nítric, mentre l'oxigen que entra en sa composició pugui unir-se fàcilment a l'hidrogen, causa de la polarització. En general tot mitjà de produir oxigen és propi per a evitar o disminuir la polarització. Les piles de dos líquids donen un corrent d'una constància notable, ço que ha motivat que siguin designades amb el nom de *Piles de corrent constant*.

La primera pila de dos líquids fou construïda per Becquerel en 1829; més endavant ho foren moltes altres, entre les quals citarem les més importants.

## PILA DE DANIELL

15. En 1836 construí Dainell, químic anglès, una pila de dos líquids, representada en secció per la fig. 3. Consisteix un element d'aquesta pila en una

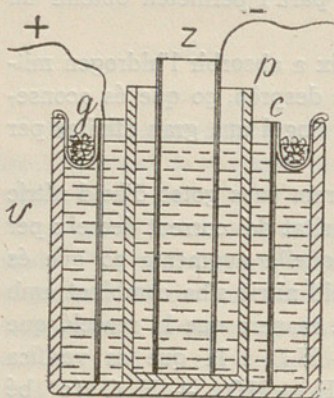


FIG. 3

l'àcid passa a través del vas porós a la dissolució i al cilindre de coure que constitueix el pol positiu. L'hidrogen que resulta de la reacció principal  $\text{SO}_4\text{H}_2 + \text{Zn} = \text{SO}_4\text{Zn} + \text{H}_2$  que produeix la força electromotriu de l'element, es dirigeix a través del vas porós cap al coure exterior, però trobant a son pas el sulfat de coure s'hi combina  $\text{SO}_4\text{Cu} + 2\text{H} = \text{SO}_4\text{H}_2 + \text{Cu}$  formant àcid sulfúric que va a enriquir el del vas porós, i coure que es deposita sense adherir-se a la placa C. Així, doncs, no hi ha polarització, ni tampoc es debilita la solució àcida que determina la producció d'electricitat, obtenint per tant un corrent d'intensitat quasi constant.

La reacció d'aquesta pila és com segueix: l'àcid sulfúric ataca el zinc que forma el pol negatiu i electricitat positiva de

l'àcid passa a través del vas porós a la dissolució i al cilindre de coure que constitueix el pol positiu. L'hidrogen que resulta de la reacció principal  $\text{SO}_4\text{H}_2 + \text{Zn} = \text{SO}_4\text{Zn} + \text{H}_2$  que produeix la força electromotriu de l'element, es dirigeix a través del vas porós cap al coure exterior, però trobant a son pas el sulfat de coure s'hi combina  $\text{SO}_4\text{Cu} + 2\text{H} = \text{SO}_4\text{H}_2 + \text{Cu}$  formant àcid sulfúric que va a enriquir el del vas porós, i coure que es deposita sense adherir-se a la placa C. Així, doncs, no hi ha polarització, ni tampoc es debilita la solució àcida que determina la producció d'electricitat, obtenint per tant un corrent d'intensitat quasi constant.

## PILA DE GLOBUS

16. Com que la dissolució de sulfat de coure conserva son grau de concentració gràcies als cristalls continguts en el canal g de la pila de Daniell, cal renovar de tant en tant aquests cristalls i a fi de salvar aquest inconvenient fou ideada la pila anomenada *de globus* (fig. 4). En ella el coure i la dissolució

de sulfat estan dintre el vas porós, i el de zinc, fora. Damunt el vas porós hi ha un globus amb cristalls de sulfat de coure, la boca del qual és proveïda d'un tap de suro que la tanca imperfectament.

En quan el nivell del líquid del vas porós descendeix, es descobreix el tap, entra en el globus una certa quantitat d'aire i una altra igual de líquid saturat descendeix

### PILA DE MARIE DAVY

17. Si en la pila de Daniell substituïm el coure per un altre metall i el sulfat de coure pel sulfat corresponent, obtindrem piles anàlogues, la més interessant de les quals és la de Marie Davy, de *sulfat de mercuri*. El tipus primitiu contenia mercuri i sulfat de mercuri, però el cost elevat d'aquest metall ha estat motiu perquè en son lloc fos usat un elèctrode de carbó. Com que en virtut de la combinació de l'hidrogen amb el sulfat de mercuri es forma àcid sulfúric i queda mercuri lliure, aquest es diposita a la superfície del carbó i al cap d'un quant temps l'elèctrode és realment de mercuri, puix una capa d'aquest metall tapa el carbó.

Aquesta pila té sobre la de Daniell els següents avantatges: 1.<sup>a</sup> Produeix una força electromotriu molt superior a aquella. 2.<sup>a</sup> A conseqüència de sa poca solubilitat, el sulfat de mercuri es difon amb dificultat, en el líquid exterior i d'aquí poca acció local i pèrdues de treball petites. 3.<sup>a</sup> El mercuri procedent de la descomposició del sulfat es diposita en el zinc, ço que serveix per a *amalgamar* el zinc o sostenir sa amalgamació. En canvi té el greu inconvenient que el sulfat de mercuri és una metzina molt activa.

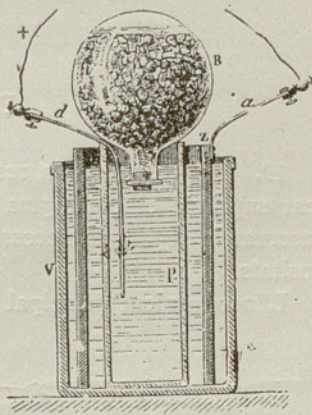


FIG. 4

### PILA MINOTTO

18. Aquesta pila, molt usada a Itàlia, és una pila de Daniell disposada de la manera següent: El coure, en forma disc o també d'espiral, ocupa el fons del vas de vidre, d'on surt un fil també de coure, recobert de gutaperxa, que constitueix el pol positiu de la pila; damunt el coure es col·loca una capa de

cristalls de sulfat de coure; damunt d'aquesta una capa de sorra rentada i després es col·loca el zinc amb l'aigua acidulada. Es fàcil de veure que les reaccions que tenen lloc en aquesta pila són les mateixes que en les de Daniell i que l'arena fa el paper del vas porós. Aquesta pila ha estat molt usada per sa molta duració.

### PILA DE CALLAUD

19. Per disminuir la resistència interior de les piles sistema Daniell han ideat suprimir el diafragma o vas porós que separa els dos líquids i, per conservar la separació necessària entre ambdós, han aprofitat sa diferència de densitats.

L'inconvenient principal d'aquestes piles és que quan les transporten, al més petit moviment es barregen ambdós líquids.

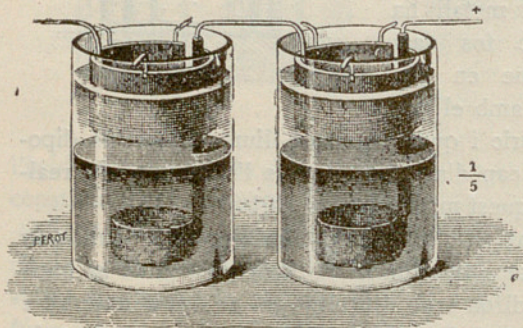


FIG 5

La pila de Callaud, basada en el principi anterior, consisteix (fig. 5), en un vas de vidre que porta en sa part superior un cilindre de zinc sostingut per tres ganxets que es recolzen en la vora del vas. En el fons d'aquest descansa una làmina prima de coure enrotllada en forma de cilindre de la qual surt un fil del mateix

metall recobert de gutaperxa, que constitueix el pol positiu.

Per muntar l'aparell, tirarem aigua que conté una dècima de solució saturada de sulfat de zinc, fins una mica més avall de la vora inferior del zinc. El sulfat de coure, la dissolució del qual tindrem preparada per endavant, i ha de marcar 23 graus Baumé, serà abocat en el fons del vas mitjançant un sifó.

Quan el sulfat de coure es consumeix, la qual cosa albirem per la color menys intensa del líquid, n'hi afegim una certa quantitat, bo i procurant que no sigui excessiva, puix es formarien dipòsits de coure sobre el zinc que, donant lloc a corrents locals, el gastarien inútilment.

Si es formen dipòsits metàl·lics sota del zinc, cal despendre'ls perquè vagin al fons del vas abans que arribin a la capa que separa els dos líquids.

La resistència d'aquest element és petita, però molt variable, puix depèn de la quantitat de sulfat de zinc que conté. Al cap d'un mes de funcionar, sa resistència interior pot ésser quatre o cinc vegades menor que quan va començar el servei i contenia poc sulfat de zinc.

L'aventatge d'aquesta pila és sa gran economia. Ha estat calculat que la despesa mitjana anyal és de 0'75 ptes. per element.

### PILA DE MEIDINGER

20. La pila de Meidinger, fig. 6, consta d'un recipient *A*, en el fons del qual hi ha un vas *d* que conté una làmina de coure *e*, enrotllada en forma de con, de la qual surt un fil de coure *f*, protegit per una coberta de gutaperxa, que constitueix el pol positiu. El cilindre de zinc *Z*, col·locat en la part superior, és sostingut per l'estrangulació *b* que té la part inferior del recipient. L'element és tancat per una coberta que manté en son lloc el tub central i els pols i impideix l'evaporació. En el centre de l'aparell hi ha un tub de vidre *h* foradat en el fons, ple de cristalls de sulfat de coure destinats a mantenir la saturació de la dissolució. Com en la pila de Callaud, la dissolució de sulfat de zinc i la de sulfat de coure estan separades per la diferència de ses densitats.

Aquest element té alguns avantatges. Demés de la supressió del vas porós i la disminució consegüent de la resistència interior, els dits dipòsits que es formen en el zinc cauen fora del vas central i no es barregen amb la solució de sulfat de coure, com passa, segons hem vist, en la pila de Callaud. Per efecte del gran volum d'aigua que conté, la dissolució de sulfat de zinc format és fàcil, ço que fa que requereixi pocs esments.

21. Entre les piles de dos líquids, en les quals la despolarització és aconseguida mitjançant una sal, figuren aquelles en què aquesta sal és un clorur. L'acció despolaritzant del clor prové de sa afinitat per a l'hidrogen, que és tan gran que, per apoderar-se d'aquest, arriba a descompondre l'aigua deixant l'oxigen en llibertat.

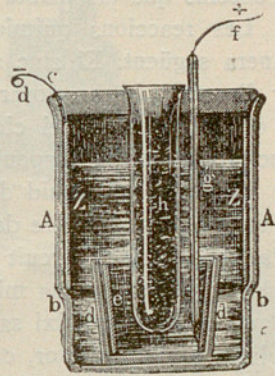


FIG. 6

Els clorurs més usats en aquestes piles són els d'argent, coure, mercuri, ferro i calci.

### PILA DE WARREN DE LA RUE

22. En els elements Warren de la Rue és utilitzat com despolaritzant el clorur d'argent. L'elèctrode soluble és una barreta de zinc de bona qualitat, figura 7, que forma el pol negatiu, i el positiu és una cinta d'argent recoberta de clorur d'argent, introduïda en el líquid i envoltada per un tub de pergamí per a, evitar tot contacte entre els dos elèctrodes.

El líquid usat és una solució de sal amoníac que conté aproximadament 23 grams de sal per cada litre d'aigua destil·lada. Les peces i el líquid són continguts en un vas de vidre proveït d'un tap de suro parafinat, que deixa passar els elèctrodes a l'ensem que els manté subjectes.

Les reaccions químiques es verifiquen de la manera següent. El zinc amb la sal amoníac (clorur d'amoni) forma clorur de zinc, i l'hidrogen que es desprèn redueix el clorur d'argent i aquest es precipita en massa esponjosa que es deixa travessar fàcilment pel líquid de manera que la reducció pot arribar fins al centre de l'elèctrode. En començar el servei per primera vegada, cal tancar el circuit unint directament els dos pols; observarem de seguida la reducció d'una mica de clorur, condició indispensable perquè el corrent de la pila assoleixi sa intensitat de règim. El motiu d'això és que essent el clorur mal conductor, cal que sa superfície es recobreixi de metall per a obtenir un funcionament regular.

Per retirar l'argent precipitat, que es troba barrejat amb el zinc procedent d'accions secundàries que descomponen el clorur de zinc, es dissol aquest zinc en àcid clorhídric diluït i l'argent queda adherit a la làmina d'argent central, sense despendre's.

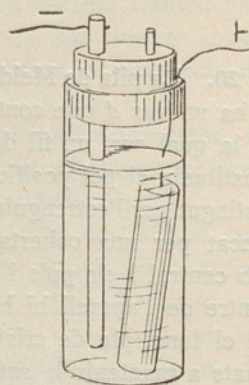


FIG. 7

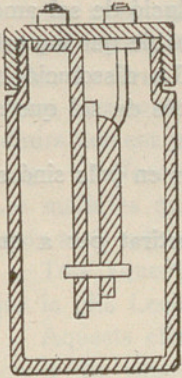


FIG. 8

## PILA DE GAIFFE

23. En aquesta pila és usat igualment el clorur de plata com a despolaritzant. Els elements són de mida reduïda i tancats hermèticament en una caixa d'ebonita amb coberta roscada. La fig. 8 representa un element que, destinat a ésser transportat, no conté líquid lliure. Els dos elèctrodes estan separats l'un de l'altre per diverses capes de paper d'estrassa humitejat amb una dissolució al 5 per 100 de clorur i de zinc. El clorur d'argent és empleat en pasta. Els elèctrodes són l'un de zinc i l'altre d'argent que travessen la tapa d'ebonita.

## PILES LECLANCHÉ

24. Havem vist com obteníem la despolarització de les piles per la descomposició dels sulfats i dels clorurs. El mateix efecte és obtingut amb certs òxids fàcilment reductibles, com el biòxid de manganès i altres.

La pila Leclanché, una de les més usades, està basada en l'ús del biòxid de manganès. Consta aquest element, d'un vas exterior prismàtic, fig. 9, amb coll rodó que té una petita cavitat on es col·loca el zinc format per una barreta cilíndrica que porta soldat en son extrem superior un filferro galvanitzat i constitueix el pol negatiu. A l'interior del vas de vidre hi ha un vas porós que conté biòxid de manganès i carbó de retorta en parts iguals i en el centre d'ell una placa de carbó que porta en la part superior una

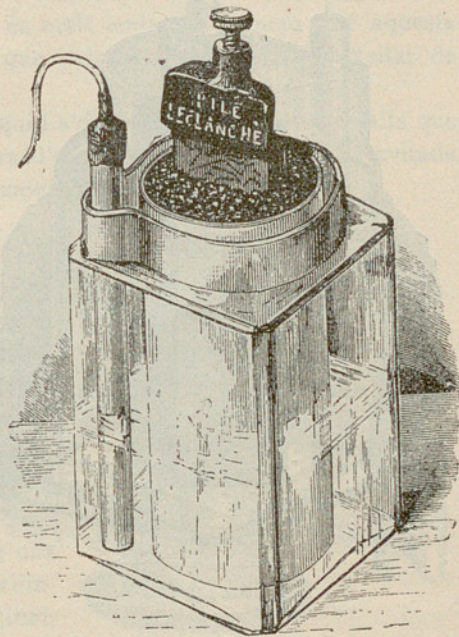


FIG. 9

peça de plom amb cargol. En el vas exterior tirem una dissolució de sal amoníac fins a la meitat de l'alçada del vas porós, essent indispensable que aquesta sal contingui la més petita quantitat possible d'impureses. La dissolució ha d'ésser concentrada i no és desconvinent que tingui algun excés de sal que es va dissolent a mesura que es consumeix.

La qualitat del biòxid té suma importància; no ha d'ésser en pols sinó en gra un xic gros, ço que és aconseguit empleant un sedàs.

En quan al zinc, deu ésser laminat o, millor encara, estirat per a que sigui homogeni i obtenir una acció més uniforme.

### PILE LECLANCHÉ D'AGLOMERATS

25. Tota vegada que no hi ha en aquestes piles, líquids, per a separar l'un de l'altre, modificà Leclanché la pila anterior suprimint el vas porós que constitueix una resistència inútil.

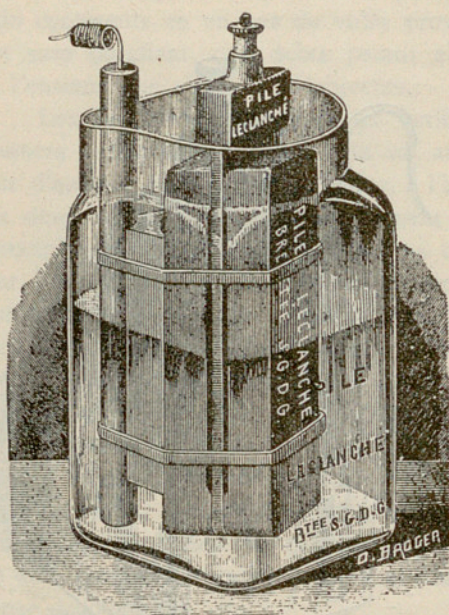


FIG. 10

En el model, fig. 10, el zinc i el biòxid de manganès es troben en el mateix bany sense cap diafragma. Consta de dues plaques aglomerades de carbó i biòxid de manganès en la proporció de 40 parts de biòxid, 55 de carbó i 5 de goma laca sotmeses a una pressió de 300 atmòsferes i una temperatura de 100 C. L'elèctrode de carbó es troba entre dues de les dites plaques aglomerades i en sobresurt, bo i estant-hi subjecte per tires de cautxú que retenen al mateix temps l'elèctrode de zinc, isolat de la resta per una peça de fusta.

La reacció química d'aquesta pila és la següent: la sal amoníac ataca el zinc, formant clorur de zinc, amoníac que es desprèn, i hidrogen que en dirigir-se al carbó per a polaritzar-lo, troba el biòxid de manganès i s'apodera de son oxigen, formant sesquióxid de manganès i aigua.

Els avantatges d'aquesta pila són diversos: 1.<sup>a</sup> Resistència interior petita, que pot encara ésser disminuïda bo i augmentant el nombre de plaques d'aglomerat. 2.<sup>a</sup> Gran facilitat de reposar les plaques sense perdre el carbó. 3.<sup>a</sup> No essent el zinc atacat per la sal amoníac, quan la pila no funciona, es presta admirablement per a tot servei intermitent en què els intervals de repòs són llargs. 4.<sup>a</sup> No conté substàncies verinoses ni desprèn vapors de mala olor. 5.<sup>a</sup> Les matèries que entren en sa composició són barates. 6.<sup>a</sup> La pila resisteix freds molt intensos sens gelar-se i per consegüent sense deixar de funcionar.

Tots aquests avantatges, que tenen gran valor en la pràctica, han fet que la pila Leclanché s'hagi generalitzat com cap altra.

Aquests elements poden ésser preparats amb l'antelació que un vulgui i conservats emmagatzemats per temps indefinit abans de posar-hi el líquid. Una vegada muntats poden ésser abandonats durant molt temps, sense que hi hagi gran evaporació ni consum de substàncies.

\* La polarització d'aquesta pila, incompletament evitada, és causa que sa força disminueixi ràpidament si la resistència del circuit exterior és petita, però basten uns instants de repòs perquè adquireixi tota sa valor. Si la resistència exterior és gran, la polarització és molt lenta, de manera que aquesta pila és molt adequada per a serveis que exigeixin una dèbil intensitat de corrent.

Si la pila és exposada a l'aire el líquid s'evapora i es formen cristalls que s'enfilen pel vas porós o per les plaques d'aglomerat, la qual cosa és evitada donant una capa de parafina a la part superior de les dites parts.

### PILA DE GROVE

26. Aquesta pila figura en el grup de les de dos líquids en què la despolarització és obtinguda per mitjà d'àcids rics d'oxigen entre les quals sobresurten per sa importància la de Grove i la de Bunsen.

La primera es compon (fig. 11) d'un vas de vidre que conté aigua acidulada amb àcid sulfúric, en la qual va submergida una làmina de zinc corbada en forma de cilindre obert per un canal en tota sa longitud, que envolta un vas porós de terra de pipa poc cuita ple d'àcid nítric, en el qual es intro-

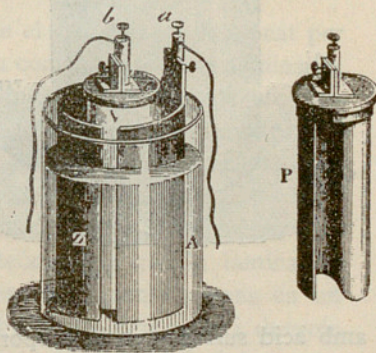


FIG. 11

duïda una làmina de platí encorbada, com veiem en la figura, fixada a la coberta del vas porós. Un born metàl·lic que comunica amb la placa de platí constitueix el pol positiu i l'altre fixat al cilindre de zinc és el negatiu.

La reacció química d'aquesta pila és com segueix: L'àcid sulfúric ataca el zinc i forma sulfat de zinc i hidrogen. Aquest es combina amb l'àcid nítric del vas porós i forma, segons d'Arsonval, peròxid de nitrogen i aigua, d'acord a la fórmula  $\text{NO}_3\text{H} + \text{H} = \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

L'ús d'aquesta pila no s'ha estès molt a causa del preu elevat del platí, metall que té, demés, l'inconvenient de tornar-se trencadís, bo i rompent-se a la més petita topada.

### PILA DE BUNSEN

27. L'element de Bunsen es diferencia únicament del de Grove en això, que el platí és substituït pel carbó. La fig. 12 mostra l'aspecte d'aquesta pila,

les reaccions químiques de la qual són idèntiques a les de l'anterior.

El vas exterior és de gres envernissat. El zinc és format per una placa de 4 mil·límetres de gruix enrotllada en forma de cilindre i el vas porós col·locat en mig del zinc conté un prisma de carbó de retorta, amb un born en son extrem superior, que és el positiu de la pila. La placa de zinc porta un born anàleg i constitueix el negatiu.

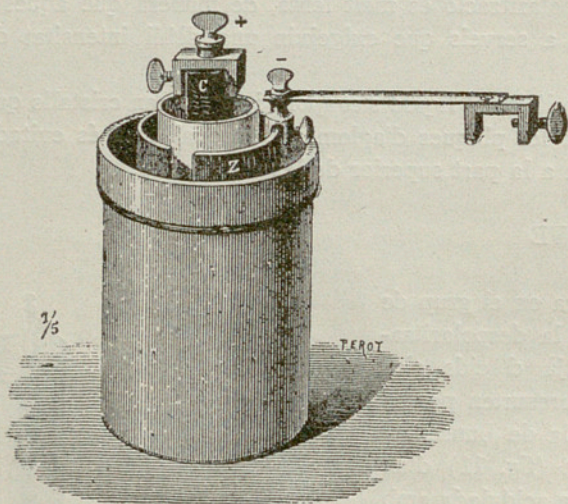


FIG. 12

En el vas exterior posarem aigua acidulada amb àcid sulfúric, en la proporció de 10 parts de la primera per 1 del segon en volum, i en el vas porós tirarem l'àcid nítric.

A fi que tots els elements que componen una bateria tinguin una mateixa

resistència interior, cal que el grau de concentració de l'aigua acidulada sigui un mateix en tots ells, per a la qual cosa farem la barreja dels dits líquids en un cossi de fusta, tirant primer l'aigua i després l'àcid a poc a poc, fins que la dissolució marqui uns 10° del pesa-àcids de Baumé.

Els elements han de trobar-se sobre una placa ben seca tenint compte que no tingui altre contacte que aquell que els elèctrodes exigeixen per a la marxa del corrent. Disposats i connectats tots els elements, tirarem en els vasos porosos l'àcid nítric mitjançant un embut i tot seguit l'aigua acidulada preparada per endavant, tenint en compte que si en aquesta segona operació tardem un quant temps, l'àcid nítric travessa el vas porós i ataca el zinc. La quantitat de líquids per element és calculada de manera que quedi l'aigua acidulada com 2 centímetres més baix que la vora del vas exterior i que l'àcid nítric tingui aproximadament el mateix nivell.

L'àcid nítric ha de marcar, quan és nou, 40° del pesa-àcids i pot ésser utilitzat fins que marqui 26°, però no més enllà, puix debilitant-se l'àcid, la resistència interior augmenta.

Els aventatges d'aquesta pila són: Una força electromotriu elevada i una resistència interior relativament petita que la fan pròpia per a obtenir corrents de bastant intensitat, però presenta el greu inconvenient de despendre vapors molt molestos i nocius que no permeten usar-la en locals habitats, i cal per tant instal·lar-la en llocs independents i ben ventilats.

## PROPIETATS DEL ZINC AMALGAMAT

28. De la Rive fou el primer d'observar que el zinc pur no és atacat per l'àcid sulfúric diluït, però ho és quan el posem en contacte amb una làmina de coure banyat per la solució. En canvi el zinc del comerç, que conté bastantes impureses, és molt atacat per l'àcid encara a circuit obert, però si és *amalgamat*, (anomenem *amalgama* la combinació del mercuri amb un altre metall) es condueix com el zinc pur i sols és atacat quan es tanca el circuit.

L'enèrgica acció de l'àcid sulfúric sobre el zinc ordinari és explicada pels cossos estranys que conté, els quals fan el mateix paper que la làmina de coure citada. Per amalgamar el zinc, l'introduïrem uns quants segons en un bany d'aigua acidulada amb àcid sulfúric amb objecte de netejar-lo i després el posarem en un gibrell que contingui uns 2 quilog. de mercuri i el fregarem amb un raspall de fil d'acer fins que quedi sa superfície ben coberta d'una capa d'amalgama. Acabada l'operació posarem els zincs en un cossi de fusta

que conté aigua i en el fons es reuneix el mercuri sobrant, que podrem recollir fàcilment.

Podem usar també per a aquesta operació una sal de mercuri, però tant en aquest cas com en l'anterior, sols aconseguirem una amalgamació superficial i caldrà renovar l'operació, per la qual cosa preferim l'amalgamació de la massa de zinc, i aquesta és obtinguda bo i tirant 4 parts de mercuri en 96 de zinc en fusió.

La falta d'amalgamació ocasiona no sols una despesa enorme de zinc, sinó la formació de corrents secundàries (conegudes amb el nom d'*accions locals*) que oposades a la principal, disminueixen notablement la potència de les piles.

29. *Pila de Bunsen modificada per d'Arsonval.*—En lloc de l'àcid sulfúric usa d'Arsonval l'àcid clorhídric en la pila de Bunsen. Aquesta substitució té l'aventatge d'augmentar la força electromotriu i disminuir la resistència interior, puix el clorur de zinc té una conductància superior a la del sulfat de zinc i, demés, l'àcid clorhídric, en barrejar-se amb l'àcid nítric del vas porós forma *aigua règia* que té una acció despolaritzant major que la de l'àcid nítric sol.

## PILES DE BICROMAT DE POTASSI

### PILA DE POGGENDORFF

30. Demés dels medis indicats per a obtenir la despolarització de les piles, existeix el d'usar substàncies què, per sa acció recíproca, produeixin oxigen que es combina amb l'hidrogen. Entre les barreges més usades hi ha la de bicromat de potassi i àcid sulfúric diluït, ideada per Poggendorff.

Aquesta pila es compon d'un vas que conté un cilindre de zinc i aigua acidulada amb àcid sulfúric en la proporció d'una part d'àcid per 12 d'aigua, en pes. En el centre hi ha un vas porós que conté un prisma de carbó rodejat d'una barreja de 100 parts d'aigua, 12 de bicromat de potassi i 25 d'àcid sulfúric.

La força electromotriu d'aquesta pila és molt elevada (vegeu taula I), però disminueix ràpidament, sobretot si la resistència exterior és petita.

La reacció despolaritzant de les piles de bicromat de potassi i àcid sulfúric és la següent:  $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2 + 4\text{SO}_4\text{H}_2 = \text{SO}_4\text{K}_2 + (\text{SO}_4)_3\text{Cr}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{O}_3$ . L'hidrogen procedent de la reacció de l'àcid sulfúric sobre el zinc, segons l'equació  $\text{SO}_4\text{H}_2 + \text{Zn} = \text{SO}_4\text{Zn} + \text{H}_2$ , es combina amb l'oxigen obtingut en la primera i perquè tot l'oxigen s'aprofiti cal dissoldre tres

àtoms de zinc i l'equació segona revesteix la forma  $3\text{SO}_4\text{H}_2 + 3\text{Zn} = \text{SO}_4\text{Zn} + \text{H}_6$  i de la combinació de l'oxigen i hidrogen produïts resulten tres molècules d'aigua  $3\text{H}_2\text{O}$ .

### PILA FULLER

31. Aquesta pila, de gran força electromotriu i poca resistència interior, és molt usada a Anglaterra per al serveis telegràfics i de senyals als ferrocarrils. Consta (fig. 13), d'un vas de terra que conté un prisma de carbó que forma el pol positiu i un vas porós, dintre el qual es troba un cilindre massís de zinc amb peu, que consisteix el pol negatiu. Dintre el vas porós posarem aigua acidulada amb àcid sulfúric i fora d'ell, banyant el carbó, la barreja de bicromat de potassi, àcid sulfúric i aigua, o sia el despolaritzant. com que cal una bona amalgamació del zinc, tirarem en el vas porós una mica de mercuri que va pujant pel cilindre de zinc.

Quan la pila és un circuit obert l'acció local és molt petita i si el corrent que li exigim no és excessiva, la polarització és molt eficaç. La difusió dels dos líquids s'evita donant al vas porós una mà de parafina i procurant que ambdós líquids es trobin a un mateix nivell. L'augment de resistència interior degut a la presència de la parafina és insignificant i cada element conserva durant molt temps una força electromotriu de 2 volts, mentre la intensitat del corrent no excedeixi d'uns 0,5 ampers.

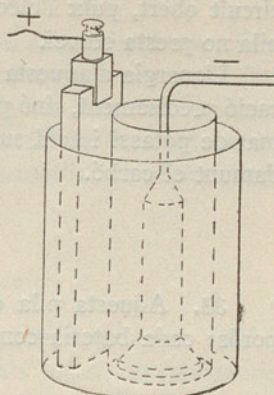


FIG. 13

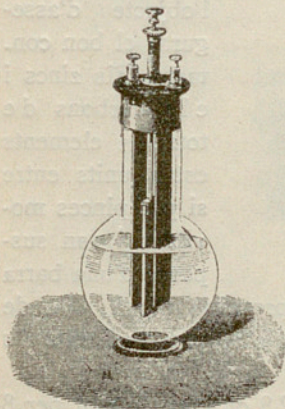


FIG. 14

### PILA DE GRENET

32. Aquesta pila, coneguda també amb el nom de *Pila de botella*, no conté vas porós i consisteix, fig. 14, en un vas esfèric amb coll cilíndric tancat per una coberta d'ebonita. A aquesta coberta van fixades dues plaques de carbó paral·leles i entre elles una de zinc amalgamat unida a una barreta de llautó. Aquesta barreta travessa la coberta d'ebonita i permet introduir la placa de zinc en el líquid, o treure-la quan la pila no ha de funcionar. El contacte del zinc amb les plaques de carbó és evitat mitjançant petites peces de cautxú endurit.

Els avantatges d'aquesta pila són: molt poca resistència interior; polarització mínima deguda a la gran superfície del carbó i despesa nulla de zinc a circuit obert, puix l'elèctrode negatiu és retirat totalment del líquid quan la pila no presta servei.

L'energia d'aquesta pila descendeix amb força rapidesa, no per la polarització precisament, sinó per l'alteració del líquid, que és una dissolució de bicromat de potassi i àcid sulfúric, i per un dipòsit d'òxid de crom que es diposita damunt el carbó.

### PILA DE TROUVÉ

33. Aquesta pila és una modificació de l'anterior i com ella no té vas porós; cada bateria consta de 6 elements, col·locats, fig. 15, en una caixa de

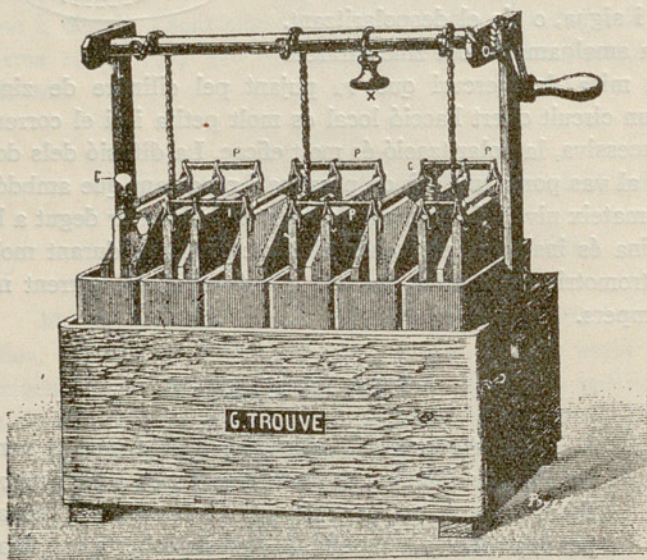


FIG. 15

roure, que consisteixen en un cossi d'ebonita on s'introdueixen dues plaques de carbó i una de zinc recobertes en sa part superior per una capa de coure, obtinguda per electròlisi, amb l'objecte d'assegurar el bon contacte. Els zincs i els carbons de tots els elements estan units entre si per pinces movibles i van suspesos d'una barra

horizontal que en girar per mitjà d'una manivela, proveïda d'una roda de cadell, permet variar a voluntat el grau d'immersió dels elèctrodes i treure'ls per complet del líquid quan la pila no funciona.

La quantitat de líquid per a cada bateria és de 12,8 quilogs. format per 8 d'aigua, 1,2 de bicromat de potassi polvoritzat i 3,6 d'àcid sulfúric.

A fi d'evitar el dipòsit de sals de crom que, segons hem vist, es forma en el carbó de la pila de Grenet, Trouvé ideà la manera següent de preparar el líquid:

Tirarem a l'aigua el bicromat de potassi en pols en la proporció de 150 a 250 grams per litre d'aigua, remenarem bé i després abocarem a poc a poc fins 450 grams d'àcid sulfúric per litre. Escalfarem la barreja i el bicromat es dissol per complet i no cristallitza quan es refreda. Mentre la sal es troba en excés, la pila dóna un corrent constant i després es troba en les condicions de les altres piles de bicromat.

### PILES D'OXID DE COURE

34. En algunes piles és usat com despolaritzant l'òxid de coure  $\text{CuO}$  i com a excitant un hidrat de potassi o de sodi els quals tenen l'aventatge de produir zincats de potassi o de sodi, respectivament, que són molt solubles.

La reacció principal és en aquests elements, que tenen elèctrode de zinc,  $\text{Zn} + 2\text{KOH} = \text{Zn}(\text{OK})_2 + \text{H}_2$  quan és usat hidrat de potassi, i  $\text{Zn} + 2\text{NaOH} = \text{Zn}(\text{ONa})_2 + \text{H}_2$  quan és usat hidrat de sodi. L'hidrogen produït es combina amb l'òxid de coure (acció despolaritzant) i forma aigua, i coure que es precipita, segons l'ecuació  $\text{Cn} + \text{H}_2 = \text{Cn} + \text{H}_2\text{O}$ .

### PILA DE LALANDE I CHAPERON

35. *Pila tancada.* — Existeixen diversos tipus d'aquesta classe de piles. La fig. 16 representa el tipus nomenat *tancat* que consta d'un vas prismàtic amb coll rodó tancat per una coberta fixa. El zinc amalgamat *D* passa per una obertura central i per una altra obertura, una barra de coure que termina en una placa circular del mateix metall recoberta d'òxid de coure.

El líquid excitant és una solució de potassa càustica  $\text{KOH}$  i òxid de coure en contacte directe amb els dos elèctrodes.

A circuit obert la potassa no ataca el zinc, però si el circuit es tanca forma zincat de potassi  $\text{Zn}(\text{OK})_2$  i hidrogen que es combina amb l'oxigen de l'òxid de coure per a formar aigua i coure metàl·lic que es diposita en

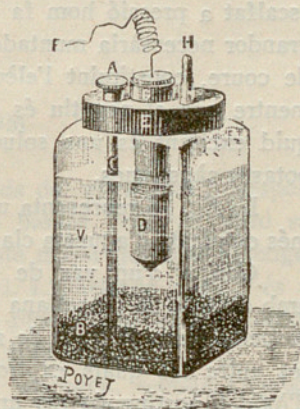


FIG. 16

l'elèctrode positiu. Podem també emprar la sosa càustica NaOH que és molt més econòmica i produeix idèntics resultats.

36. Els mateixos inventors han construït, basada en el mateix principi, una pila en forma de caixa representada en la fig. 17, formada per una caixa

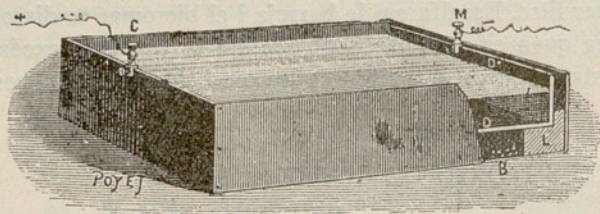


Fig. 17

de planxa de ferro, el fons de la qual és cobert per una capa d'òxid de coure B. En aquesta caixa va fixat el born positiu C i en els quatre angles hi ha uns petits suports de terra cuita L, els quals sostenen una làmina de zinc D que porta el born negatiu M. La força electromotriu d'aquesta pila varia entre 0,8 i 0,9 volts, i té una resistència interior molt petita gràcies a la gran superfície dels elèctrodes.

#### PILE D'EDISON I LALANDE

37. En aquesta pila, modificació de l'anterior, l'òxid de coure és barrejat primerament amb clorur de magnesi i escalfat a pressió hom fa plaques de la grandor necessària muntades en un marc de coure, constituint l'elèctrode positiu, mentre que el negatiu és el zinc. El líquid excitant és una solució de sosa o potassa càustiques.

La fig. 18 representa un dels models més emprats d'aquesta classe de piles.

Consta d'un vas de vidre exterior amb coberta de porcellana de la qual van suspeses dues plaques de zinc Z paral·leles entre les quals es troba una placa d'òxid C sostinguda per un marc de coure, els costats verticals del qual es prolonguen travessant la coberta i formen el pol positiu. El líquid emprat és una solució de sosa o potassa càustiques

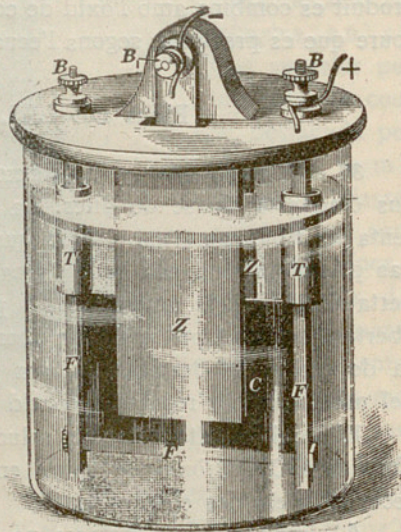


Fig. 18

sobre la qual hom tira una capa d'oli pesat per evitar l'acció de l'aire sobre la solució. Les barretes de coure del marc són protegides del líquid per tubs de substància isoladora *t*.

### PILA DE GORDON

38. Com l'anterior, és aquesta pila una modificació de la de Lalande i Chaperon i consisteix, fig. 19, en un vas de vidre, porcellana o ferro esmaltat amb coberta de porcellana o fibra que sosté un cilindre amb un con, ambdós de planxa de ferro estanyat perforada, ço que constitueix el pol positiu i conté el despolaritzant, que és òxid de coure. L'elèctrode negatiu és una làmina de zinc doblada en forma de cilindre de poca altura, sostinguda per tres peces equidistants de porcellana fixades al cilindre de ferro, les quals isolen entre si ambdós elèctrodes. Del cilindre de zinc parteix un fil isolat per un tub de goma que travessa la coberta del vas. Com a líquid excitant és empleat en aquests elements, sosa càustica en la proporció de 12 grams de sosa per litre d'aigua pura. Com en l'element anterior, una capa d'oli pesat és estesa damunt la solució.

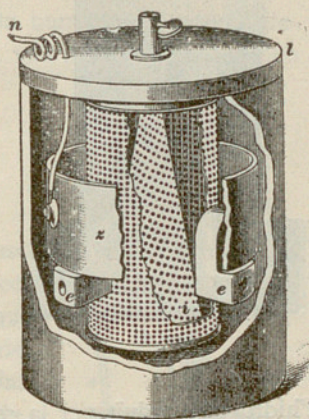


FIG. 19

### PILES D'OXID DE PLOM

39. En alguns elements són empleats els òxids del plom com a despolaritzants, tals com el protòxid  $PbO$  (*litargiri*): el biòxid  $PbO_2$  i l'òxid salí  $Pb_3O_4$  (conegut amb el nom de *mini*). El que conté major quantitat d'oxigen, i per tant és el millor despolaritzant, és el biòxid. L'elèctrode positiu és un cilindre de plom envoltat d'una capa de biòxid de plom comprimit, el negatiu és de zinc amalgamat i el líquid és una solució d'àcid sulfúric.

La reacció principal forma sulfat de zinc i hidrogen, segons l'equació  $SO_4H_2 + Zn = SO_4Zn + H_2$  i la despolaritzant dóna sulfat de plom i aigua,  $SO_4H_2 + PbO_2 + H_2 = SO_4Pb + 2H_2O$ .

## PILA DE MAICHE

40. En aquesta pila s'utilitza l'oxigen de l'aire com a despolaritzant. Un element consisteix, fig. 20, en un vas de vidre tancat per una coberta d'ebonita

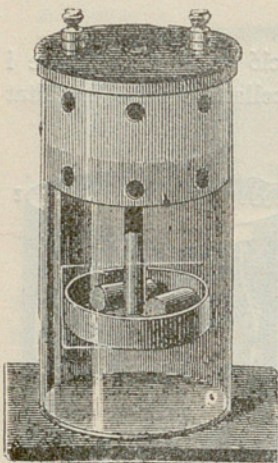


FIG 20

a la qual va fixada una galeria de terra porosa, proveïda de forats i plena de fragments de carbó de retorta planitat amb una lleugera capa d'aquest metall. Un fil de platí unit a un dels fragments de carbó termina en un born (+) col·locat a la coberta. La galeria porosa és travessada per un tub d'ebonita, al qual va fixada una càpsula de porcellana que conté una petita quantitat de mercuri i dues barretes de zinc d'uns 50 grams cada una. Del mercuri i passant per l'interior del tub d'ebonita parteix un altre fil de platí que s'uneix a l'altre born (-) de la coberta.

El vas conté àcid sulfúric diluït i ha de banyar sols un terç de l'altura de la galeria, a fi que el carbó s'impregni per capillaritat i quedi sempre exposat a l'aire. Mercès a aquesta disposició, l'oxigen de l'aire està en contacte continu amb

l'hidrogen produït per la reacció de l'àcid sulfúric i el zinc, absorbit pel platí del carbó i així és com obtenim la despolarització. Una part de l'hidrogen es combina amb el nitrogen de l'aire i forma amoníac que ajuda a la despolarització. Els productes amoniacals tenen, demés, l'aventatge de regenerar la esponja de platí dels carbons.

Aquesta pila és impròpia per als serveis que exigeixen gran intensitat de corrent, però es presta molt bé per al funcionament de timbres i per a la telegrafia i la telefonia.

## PILES SEQUES

41. *Piles seques*, són aquelles en què el líquid excitant embeu substàncies poroses com paper secant, serradures molt fines, amiant, etc., i poden per consegüent invertir-se sense que deixin de funcionar. Generalment consten d'un vas de zinc que pot ésser cilíndric o prismàtic, envernissat exteriorment

per a isolar-lo, en el centre del qual és col·locat un cilindre de carbó rodejat del despolaritzant. Entre aquest i el vas de zinc es troba la substància porosa i el conjunt és introduït en el líquid excitant que és absorbit per la dita substància. Acabada aquesta operació tancarem el vas amb una coberta isolant, travessada per l'elèctrode de carbó i un fil soldat al vas de zinc que constitueixen els pols de l'element.

Les piles seques es presten, gràcies a sa facilitat pel transport, a una infinitat d'usos i tenen sobre les altres l'avantatge que no requereixen cap cura. Quan el líquid s'asseca, per a qual cosa tarda aproximadament any i mig si hom no exigeix a la pila un treball excessiu, la resistència interior augmenta, i per a tornar-la a sa primitiva valor basta humitejar de nou l'element, ço que obtenim practicant un forat al fons del vas i introduint-lo en un bany que contingui el líquid excitant.

#### PILA SECA DE OBACH

42. La fig. 21 representa aquesta pila, que consisteix en un cilindre de zinc *a* tancat en sa part inferior per la base *b* d'una composició d'asfalt, pasta de paper i resina, al qual va soldat un fil de coure que surt a l'exterior i forma el pol negatiu. En el centre del cilindre és col·locada una barra de carbó *c*, que termina en sa part superior en un bor que és el positiu de l'element. Al voltant del carbó i en contacte íntim amb ell, hi ha el despolaritzant *f*, que consisteix en una barreja de biòxid de manganès i plomagina envoltat en paper secant; l'espai que queda entre el despolaritzant i les parets del cilindre de zinc és ple d'una pasta formada per sal amoníac i altres sals, tot molt apreciat per a obtenir un bon contacte. Damunt del despolaritzant i de l'excitant és col·locada una fulla de paper secant *h*, damunt d'ella un tap de suro *i*, una altra capa de paper *j* i és reomplert amb una capa de betum *k*. Un tubet *l* dona sortida a l'hidrogen que pugui produir-se en excés.

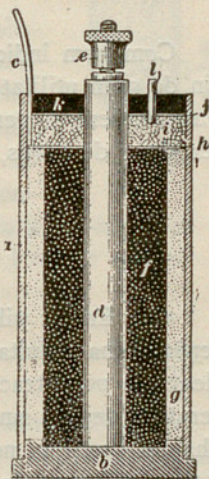


FIG. 21

## PILA SECA DE HELLESEN

43. Consisteix l'element de Hellesen en una caixa prismàtica de cartró *f* fig. 22, que conté un vas cilíndric de zinc *d*, del qual surt un fil de coure

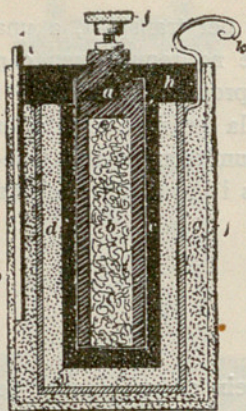


FIG. 22

que és el pol negatiu. El pol positiu està format per un cilindre buit de carbó *c* replè de llana mineral *b* i està envoltat d'una composició *e* de biòxid de manganès, carbó, òxid de magnesi, llimadures de ferro i aigua, barrejada amb una substància gelatinosa. Entre el cilindre de zinc i la composició *e* és col·locada una pasta *d* d'òxid de calci i de magnesi i aigua, barrejats amb una substància gelatinosa. L'espai que queda entre el cilindre de zinc i la caixa exterior és reomplert amb serradures *g* i és tancada la pila amb una gruixuda capa de betum travessada pel tub de descàrrega.

44. Existeixen molts altres tipus de piles seques, però difereixen tan poc, en general dels que hem descrit, que basten aquestes per a fer-se càrrec de la construcció d'aquest gènere de piles.

Com hem indicat, les piles seques es presten molt bé per al transport i són de gran utilitat en tots aquells casos en què calguin corrents de poca intensitat, però si per qualsevol circumstància es deterioren, cal substituir-les per altres de noves, puix sa construcció especial impedeix tota reparació.

## PILES NORMALS

45. En les piles descrites fins aquí, la força electromotriu desenrotllada depèn d'una infinitat de circumstàncies, tals com la puresa dels materials empleats, la polarització, l'estat de conservació, etc., i, demés, varia amb la temperatura segons una llei impossible o molt difícil de precisar; així és que s'ha fet sentir la necessitat de crear tipus especials anomenats *elements normals* o *patrons* que produeixin una força electromotriu perfectament constant i depengui poc de la temperatura i en què la variació deguda a aquesta causa sigui perfectament coneguda.

Aquestes piles, que no estan destinades a produir corrent utilitzable, sinó

a comparar forces electromotrius, són de construcció robusta, de mida reduïda i de fàcil transport i han d'ésser emprades sempre amb resistències molt elevades intercalades en sèrie amb elles, puix si per un descuit produïssin corrents d'alguna intensitat, la polarització modificaria, en un gran impossible de precisar, la força electromotriu produïda i els resultats obtinguts serien completament falsos.

### ELEMENT LATIMER I CLARK

46. Aquest element consisteix, fig. 23, en un tub de vidre tancat per sa part inferior que conté mercuri pur  $m$ , amb el qual està en contacte un fil de platí que, travessant el tub i subjecte amb lacre  $l$ , constitueix el pol positiu. El pol negatiu és format per un cilindre de zinc pur  $z$ , del qual surt a l'exterior un fil protegit per una coberta de cautxú. El líquid excitant  $e$  consisteix en una solució concentrada de sulfat de zinc en aigua destil·lada i el despolaritzant  $d$  és una pasta de sulfat mercuriós,  $\text{SO}_4\text{Hg}_2$  i sulfat de zinc. Un tap de suro  $t$  tanca el tub i damunt hi ha cola de peix que reomple la resta.

La força electromotriu d'aquest element és de 1,434 volts a la temperatura de  $15^\circ\text{C}$ ., i si hom experimenta a distinta temperatura cal fer la correcció segons el coeficient de temperatura propi de l'element, el qual facilita el constructor. Aquest coeficient no és constant; varia d'un element a un altre i encara per a un mateix element depèn del grau de concentració de les solucions emprades. La forma representada en la figura no és de fàcil transport però molt a propòsit per sa senzillesa i reduït volum.

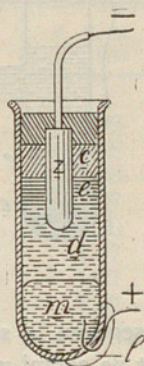


FIG. 23

### ELEMENT CARHART I CLARK

47. En aquest element, modificació de l'anterior, la solució de sulfat de zinc està saturada a  $0^\circ\text{C}$  en lloc d'estar-ho a  $30^\circ\text{C}$ , com en l'element Latimer i Clark, de manera que a temperatures superiors a  $0^\circ$  no hi ha cristallització i per tant la densitat de la solució és quasi constant, la qual cosa fa que el coeficient de temperatura es trobi molt disminuït. La força electromotriu d'aquest element és de 1,44 volts a la temperatura de  $15^\circ\text{C}$ .

## ELEMENT WESTON

48. L'element Weston consisteix en una caixa de llautó cilíndrica, amb coberta d'ebonita proveïda dels dos borns i un petit termòmetre que permet conèixer la temperatura de l'interior de l'aparell i fer la correcció corresponent conegut el coeficient particular de l'element. Per la part interior la coberta porta un marc de llautó, al qual és fixat l'element pròpiament dit, que consisteix, fig. 24, en dos tubs verticals *a* i *b* de vidre units per un altre d'horitzontal, formant un total completament tancat. En el fons del tub vertical *a* hi ha una

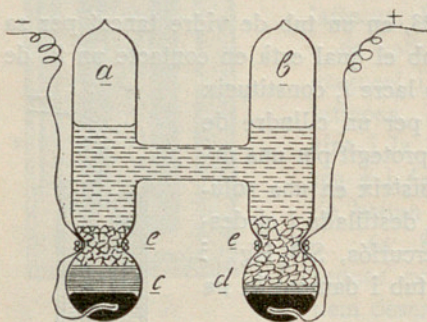


FIG. 24

amalgama de cadmi *C* sobre d'una capa de mercuri que té per objecte establir un bon contacte entre aquella i el fil de platí que travessant el tub forma el pol negatiu. El fons de l'altre tub vertical *b* conté una capa de sulfats mercuriós i de cadmi damunt una altra de mercuri, en el qual penetra un fil de platí que és el pol positiu de l'element.

L'excitant és una solució saturada de sulfat de cadmi amb un excés de cristalls *C* de la mateixa sal que asseguruen la saturació a totes les temperatures. Formant els cristalls de sulfat de cadmi una massa compacta, queden immòbils gràcies a l'estrangulació *e* que presenten els tubs en sa part inferior, de manera que constitueixen veritables taps, i l'aparell pot ésser invertit sense que s'alteri son funcionament. Aquestes estrangulacions serveixen al mateix temps per fixar els tubs i afiançar els fils de platí.

Els avantatges d'aquest element són: una força electromotriu constant de 1,028 volts a 15°C i un coeficient de temperatura sumament petit que fa despreciables les diferències de temperatures. Demés, té l'avantatge d'adquirir immediatament sa força electromotriu normal, mentre l'element Latimer i Clark té d'estar algunes setmanes en repòs abans d'ésser emprat.

## ALTRES ELEMENTS NORMALS

49. Entre els molts altres elements normals citarem el de *Gony*, en el qual el despolaritzant és el biòxid groc de mercuri col·locat damunt una capa de mercuri, en la qual s'introdueix un fil de platí. El zinc, en forma de cilindre,

és amalgamat i protegit per paper de filtre i banyat per una solució de sulfat de zinc. Aquest element dóna una força electromotriu de 1,383 volts a 12°C.

Quan les mesures a què es destinen els elements patrons exigeixen corrents d'alguna intensitat, són emprats a vegades elements de sulfat de coure que es comparen amb els Latimer i Clark o amb els Weston.

50. La Taula I conté les valors de les forces electromotrius de les diferents piles que hem detallat, no figurant en ella les resistències interiors, puix depèn de la grandària dels elements, de sa disposició, de son grau de puresa i del grau de concentració dels líquids que entren en sa composició.

TAULA I  
FORÇA ELECTROMOTRIU DE LES PILES

TIPUS	COMPOSICIÓ	F. E. M. en volts
Volta	Zinc, coure, àcid sulfúric . . . . .	0,98
Cruikshank	» » » » . . . . .	0,98
Wollaston	» » » » . . . . .	0,98
Daniell	Zinc, coure, sulfat de coure, àcid sulfúric .	1,07
De globus	Zinc, carbó, sulfat de mercuri, àcid sulfúric.	1,50
Minotto	Zinc, coure, sulfat de coure, àcid sulfúric .	1,07
Callaud	Zinc, coure, sulfat de zinc, sulfat de coure.	1,07
Meidinger	» » » » » » »	1,07
Warreu de la Rue	Zinc, argent, clorur d'argent, sal amoníac .	1,03
Leclanché (vas porós)	Zinc, carbó, biòxid de manganès, sal amon.	1,38
Leclanché (sense vas porós)	» » » » » » »	1,60
Grove	Zinc, platí, àcid nítric, àcid sulfúric . . .	1,96
Bunsen	Zinc, carbó, àcid nítric, àcid sulfúric. . .	1,90
d'Arsonval	Zinc, carbó, àcid nítric, àcid clorhídric . .	1,90
Poggendorff	Zinc, carbó, bicromat de potassi, àcid sulf.	2,03
Fuller	» » » » » » »	2,00
Grenet	» » » » » » »	2,00
Trouvé	» » » » » » »	2,00
Lalande Chaperon	Zinc, coure, òxid de coure, potassa càust.	0,8 - 0,9
Edíson Lalande	Zinc, coure, òxid de coure, clorur de mag- nesi, potassa càustica . . . . .	0,70
Gordon	Zinc, ferro, òxid de coure, sosa càustica .	0,70
Maiche	Zinc, platí, àcid sulfúric . . . . .	1,25
Obach	Zinc, carbó, biòxid de mang., sal amoníac.	1,50
Hellessen	Zinc, carbó, biòxid de manganès, òxid de manganès, òxid de calci. . . . .	1,50

## DIFERENCIA ENTRE FORÇA ELECTROMOTRIU I TENSIO

51. Per força electromotriu d'un element o, en general, d'un aparell productor d'electricitat, entenem la força que origina o tendeix a originar un corrent elèctric. En un element, la força electromotriu resideix en el contacte del zinc amb el líquid que l'ataca. Si anomenem  $E$  la força electromotriu en volts desenrotllada per l'acció química,  $r$  la resistència en ohms del circuit interior, o sigui la resistència del líquid,  $R$  la resistència en ohms del circuit exterior i  $I$  la intensitat del corrent en ampers, tindrem, segons la fórmula d'Ohm,

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (1)$$

d'on resulta

$$E = R I + r I \quad (2)$$

de manera que la força electromotriu es compon de dues parts, una  $RI$  necessària per a fer passar un corrent d'intensitat  $I$  per circuit exterior i altra per a fer passar la mateixa intensitat pel circuit interior. La quantitat  $RI$  pren el nom de *tensió* en els borns de l'element i la diferència entre la força electromotriu produïda i la tensió constitueix la *pèrdua de voltatge*, ocasionada per la resistència interior i el corrent. Com major sigui la resistència interior de l'element, per a una major intensitat de corrent, o com major sigui aquesta amb una mateixa resistència interior, major serà la diferència entre la força electromotriu i la tensió en els borns.

A circuit obert, la resistència  $R$  del circuit exterior és infinita i per tant també ho serà la del circuit complet, puix les resistències exterior i interior estan en sèrie, i la intensitat del corrent serà nulla, però conservant  $E$  i  $r$  valors determinats, es verificarà  $rI = 0$  i per tant  $E = RI$ , de manera que a circuit obert la força electromotriu i la tensió en els borns són iguals. Si  $R = 0$ , o sigui, si els borns de l'element estan units per un conductor de resistència nulla,  $E = rI$  i tota la força electromotriu de l'element serà emprada a vèncer la resistència interior. En aquest cas,  $RI$  tindrà una valor nulla, de manera que en curt circuit la tensió en els borns és zero. A mesura que disminueix la resistència interior de l'element augmenta la tensió en els borns, per a una força electromotriu donada, i si es reduís a zero, tindriem  $E = RI$ , així és que si la resistència interior fos nulla, la tensió en els borns seria igual a la força electromotriu, però aquest és un cas purament teòric, puix com ja hem ex-

plicat, tots els elements posseeixen una certa resistència que podrà ésser major o menor segons els tipus, però sempre d'una valor tal que cal tenir-la molt en compte en les aplicacions.

### AGRUPACIÓ DELS ELEMENTS

52. *Agrupació en tensió.*—Quan el circuit d'utilització exigeix una tensió major que la proporcionada per un element, hom uneix alguns d'ells de manera que ses forces electromotrius es sumin, per la qual cosa el pol negatiu de l'un és connectat amb el positiu del següent tot quedant lliures el pol positiu del primer element i el negatiu de l'últim. La força electromotriu així obtinguda és la suma de les forces electromotrius de tots els elements i si, com ocorre generalment, els elements tenen una mateixa força electromotriu, la resultant és igual a la d'un d'ells multiplicada pel nombre d'elements. De manera que si  $e$  és la força electromotriu d'un element i  $n$  son nombre, la força electromotriu total serà  $E = ne$ . Aquesta manera d'agrupar els elements és anomenada *agrupació en tensió* o *en sèrie*.

Pel fet d'estar els elements connectats en sèrie, les resistències interiors es sumen i com que suposem que són tots iguals, la resistència interior del conjunt d'elements o sigui de la bateria, serà igual al producte de la resistència interior d'un d'ells multiplicada pel nombre dels dits elements. Si  $r$  és la resistència d'un element i  $n$  son nombre, la resistència interior serà  $nr$ .

Anomenant  $R$  la resistència del circuit exterior, la intensitat  $I$  del corrent serà, segons la fórmula d'Ohm,

$$I = \frac{ne}{R + nr}$$

de manera que si  $R$  és molt petita i pot ésser menyspreada en relació amb la resistència interior  $nr$ , la intensitat serà

$$I = \frac{ne}{nr} = \frac{e}{r}$$

i no hi haurà avantatge a reunir els elements en tensió, puix amb un sol element de força electromotriu  $e$  i resistència interior  $r$  obtindrem la mateixa intensitat de corrent, però si  $R$  és molt gran, la intensitat s'acostarà a la valor  $\frac{ne}{R}$  i serà convenient l'agrupació en sèrie.

53. *Agrupació en quantitat.*—Si la intensitat de corrent que requereix el circuit exterior és major que la que pot donar un element, hom en reunirà alguns de manera que cada un suministri una part del corrent total i aquesta manera de connectar els elements és designada amb el nom d'*agrupació en quantitat, en derivació, i també en paral·lel*. L'agrupació en quantitat és obtinguda bo i connectant els pols positius dels distints elements a un conductor i els negatius a altre. La força electromotriu de la bateria així formada és igual a la d'un element i la resistència interior total és igual a la d'un d'ells dividida pel nombre d'elements, suposant que tots són iguals. Conservant les notacions anteriors, la intensitat del corrent serà

$$I = \frac{e}{R + \frac{r}{n}}$$

Si  $R$  és molt gran, la valor de  $I$  s'acostarà a  $\frac{e}{R}$  i no hi haurà aventatge a reunir els elements en quantitat, però si és molt petita la intensitat, s'aproximarà a  $\frac{e}{\frac{r}{n}} = \frac{ne}{r}$  i aleshores serà aventatjosa la connexió en quantitat.

54. *Agrupació mixta.*—Si disposem de  $n$  elements, podem agrupar-los de manera que una part es trobin en sèrie i una altra en quantitat i obtenir la tensió necessària per al circuit, així com la deguda repartició de la intensitat de corrent, de manera que cada element subministri la intensitat corresponent a sa grandària.

Representant per  $x$  i  $y$  els nombres d'elements en sèrie i en derivació respectivament tindrem  $n = xy$ ; la força electromotriu de la bateria serà, segons hem vist en el núm. 52,  $xe$ . Com que hi ha  $x$  elements en sèrie, la resistència interior d'una d'aquestes sèries serà  $xr$  i la resistència interior total, o sigui de les  $y$  derivacions de  $x$  elements en sèrie cada una, serà  $\frac{xr}{y}$ , de manera que la intensitat del corrent serà, amb resistència exterior  $R$ ,

$$I = \frac{xe}{R + \frac{xr}{y}} \quad (1)$$

Apliquem aquesta fórmula a un cas particular. Suposem que tenim 20 elements de força electromotriu  $e = 1,9$  volts i resistència interior  $r = 0,5$  ohms,

disposats en 5 derivacions de 4 elements en sèrie; la intensitat del corrent serà, amb una resistència exterior de  $R = 50$  ohms,

$$I = \frac{4 \times 1,9}{50 + \frac{4 \times 0,5}{5}} = 0,15 \text{ amp. aprox.}$$

Es evident que la f. e. m. d'una bateria és independent del nombre d'elements en quantitat i que és proporcional al nombre d'elements en sèrie.

55. Hem explicat en altre lloc que en l'agrupació mixta obtenim la intensitat màxima quan la resistència interior de la bateria és igual a la del circuit exterior, de manera que en aquest cas tindrem

$$I = \frac{xe}{2R}$$

d'on  $xe = 2RI$ , però  $xe$  és la força electromotriu de la bateria i  $RI$  és la tensió en els borns; per tant, la intensitat màxima és obtinguda quan la força electromotriu de la bateria és igual al doble de la tensió en els borns.

De la força electromotriu total és aprofitada, doncs, en aquest cas, sols una meitat en el circuit exterior i l'altra serveix únicament per a escalfar els elements, de manera que el rendiment de la bateria és igual a 0,5.

### POTENCIA I RENDIMENT D'UNA PILA

56. Si multipliquem els dos membres de la fórmula (2) del núm. 51 per  $I$  tindrem

$$EI = RI^2 + rI^2,$$

que expressa que la potència total produïda per un element o pila, és la suma de les potències empleades en el circuit exterior i en l'interior, o sigui a la suma de les potències útil i perduda. El rendiment de la pila, que és la relació entre la potència útil i la total, serà, anomenant-lo  $\mu$ ,

$$\mu = \frac{RI^2}{EI} = \frac{RI^2}{RI^2 + rI^2}$$

o bé

$$\mu = \frac{1}{1 + \frac{r}{R}} \quad (1)$$

D'aquesta expressió es dedueix que el rendiment d'una pila augmenta en disminuir sa resistència interior. Malgrat d'això, si la valor de  $R$  és gran, la fracció  $\frac{r}{R}$  influirà poc en la valor de  $\mu$ , i el rendiment serà quasi el mateix per a totes les piles. Al contrari, si  $R$  és petit,  $\frac{r}{R}$  serà gran i si assoleix una valor tal que la unitat pugui ésser menyspreada, el rendiment tindrà per valor

$$\mu = \frac{1}{\frac{r}{R} + 1} = \frac{R}{r + R}$$

d'on es dedueix que les piles de gran resistència interior tenen un rendiment molt petit.

Si en la fórmula (1) suposem  $r = R$ , el rendiment serà  $\mu = \frac{1}{1 + 1} = 0,5$ , conforme hem vist en el núm. 55.

*Problema.*—Calculem el rendiment d'una bateria la resistència interior de conforme hem vist en el núm. 55.

*Problema.*—Calculeu el rendiment d'una bateria la resistència interior de la qual és de 0,4 Ohms i està concentrada amb un circuit de 50 ohms.

*Resolució.*—Aplicant la fórmula (1), en la qual  $r = 0,4$  i  $R = 50$ , tindrem

$$\mu = \frac{1}{1 + \frac{0,4}{50}} = 0,99 \text{ aprox.}$$

57. El rendiment, tal como l'hem definit, és el *rendiment elèctric* de la pila, aplicable a qualsevulla classe de generador elèctric en el qual la força electromotriu és independent de la resistència del circuit que alimenta, però s'escau estudiar en les piles el *rendiment químic*, que és la relació entre el pes de zinc empleat en l'obtenció de la potència útil i el pes de zinc realment consumit en la pila. La diferència entre ambdós pesos constitueix una pèrdua, i és clar que cal procurar que sigui petita, la qual cosa és aconseguida adoptant els mitjans necessaris per a reduir en el possible les accions locals i altres fenòmens que podríem anomenar *pertorbadors*.

El pes de zinc gastat en una pila és fàcil d'obtenir pesant el zinc abans i després d'haver funcionat, anotant curosament el temps durant el qual subministra un corrent donat, i en quant al pes de zinc gastat útilment, és igual

al que dipositaria la mateixa intensitat de corrent funcionant durant el mateix espai de temps.

58. Suposem que el zinc d'una pila abans de funcionar pesa 500 grams i que al cap de 20 hores de subministrar un corrent de 3 ampers pesa 420 grams, la pèrdua de zinc serà  $500 - 420 = 80$  gr. Durant un segon, un amper diposita 0,0003383 grams de zinc, doncs en 20 hores  $= 20 \times 60 \times 60 = 72000$  gons dipositarà  $72000 \times 0,0003383 = 24,36$  g, i 3 amp. dipositaran  $24,36 \times 3 = 73,08$  g. El rendiment químic de la pila serà doncs  $\frac{73,08}{80} = 0,91$  aproximadament.

### CÀLCUL DE LA FORÇA ELECTROMOTRIU D'UN ELEMENT

59. Com a conseqüència del principi de la conservació de l'energia, el treball elèctric desenrotllat en un segon per un element ha d'ésser igual al treball químic consumit durant el mateix temps, és a dir, a la quantitat de calor desenrotllat per les accions químiques si aquestes tinguessin lloc sense desenrotllament d'electricitat. Coneixent les reaccions que es verifiquen en l'element i les quantitats de calor que produeixen o absorbeixen, poden determinar la valor del treball químic per segon observant que, segons la llei de Faraday, el pes d'un cos format o descompost és, en un segon, igual al producte de la intensitat del corrent per l'equivalent electroquímic del cos considerat.

Segons sabem, el pes d'hidrogen posat en llibertat per un culomb és de 0,000010384 grams i el pes d'un cos (l'equivalent químic del qual sigui  $h$  en relació amb el del hidrogen, pres per unitat) posat en llibertat per un culomb és igual a  $0,000010384 h$ . Inversament, per a fer passar un culomb, caldrà emprar un pes d'aquest cos igual a  $0,000010384$  grams. Vegem la manera de trobar el treball corresponent.

Sigui  $C$  el nombre de calories que produeix la combinació d'un equivalent químic del cos considerat; el nombre de calories produïdes per un pes d'aquest cos igual a  $0,000010384 h$  serà  $0,000010384 C$  i el treball corresponent en quilogràmetres  $0,000010384 C \times 425$ .

Ara bé, sabem que el treball efectuat per  $Q$  culombs a una tensió de  $e$  volts és en quilogràmetres.

$$T = \frac{eQ}{9,81}$$

i si suposem  $Q = 1$  resulta

$$T = \frac{e}{9,81}$$

Aquest és el treball produït per un culomb o el que cal desenrotllar per a obtenir un culomb. Igualant aquestes dues expressions del treball tindrem

$$0,000010384 C = \frac{e}{9,81}$$

d'on es dedueix

$$e = 0,043 C \quad (1)$$

fórmula que permet calcular en volts la força electromotriu d'un element coneguda la quantitat de calor produïda per les reaccions que s'hi verifiquen.

En la majoria de les piles les reaccions químiques són múltiples i unes *produeixen* calor i altres *absorbeixen*, de manera que per obtenir una fórmula general que compregui tots els casos cal que en la fórmula (1)  $C$  representi la *suma algèbrica* de les quantitats de calor desenrotllat per cada una de dites reaccions.

60. *Exemples. Pila de Volta.*—Les reaccions que tenen lloc en aquesta pila són, descomposició d'un equivalent d'aigua amb *absorció* de 34,4 calories i formació d'un equivalent de sulfat de zinc, que *produeix* 54,8 calories; doncs la força electromotriu teòrica és, aplicant la fórmula (1)

$$e = 0,043 (54,8 - 34,4) = 0,88 \text{ volt. aprox.}$$

*Pila de Daniell.*—Les reaccions principals són formació d'un equivalent de sulfat de zinc que produeix 54,8 calories i descomposició d'un equivalent de sulfat de coure que absorbeix 29,3 calories; doncs

$$e = 0,043 (54,8 - 29,3) = 1,096 \text{ volt. aprox.}$$

61. La fórmula (1) del núm. 59 serveix també per a determinar la força electromotriu produïda per la electròlisi i en aquest cas  $C$  és la suma algèbrica de les quantitats de calor produïdes per les reaccions degudes al corrent. Així, per exemple, en el voltàmetre d'aigua amb el elèctrodes de platí, la quantitat de calor necessària per a descompondre un equivalent d'aigua, igual a 34,4 calories, origina una força electromotriu oposada, el valor de la qual serà

$$e = 0,043 \times 34,4 = 1,48 \text{ volt. aprox.}$$

D'aquí resulta que amb un element Daniell, la força electromotriu del qual és inferior a 1,48 volts, no podem descompondre l'aigua.

62. Els resultats obtinguts amb la fórmula (1) del núm. 59 no concorden exactament amb els obtinguts directament, i això és degut a la dificultat de precisar exactament les reaccions que tenen lloc en les piles i distingir clarament quines concorren a la producció de calor i quines són les que n'absorbeixen.

De totes maneres, la fórmula citada permet conèixer quina seria la força electromotriu de l'element si les reaccions químiques que s'hi verifiquen fossin les suposades i si amb son ús es troben valors superiors als que donen els procediments directes, és senyal evident que ocorren fenòmens que un no ha tingut en compte, i facilita el medi d'investigar-los i procedir a les modificacions necessàries per a suprimir-los o almenys aminorar-los.

### ADOPCIÓ DEL TIPUS DE PILA

63. No totes les piles es presten igualment per a qualsevulla classe de treball. En descriure els diferents models de piles, hem assenyalat els avantatges i inconvenients que presenten, i ara anem a indicar breument quin sistema cal triar amb preferència segons el treball a que sigui destinada.

No són emprades avui dia les piles per a l'enllumenatge, però si alguna vegada cal recórrer-hi, preferirem les Bunsen i les de bicromat, a causa de sa gran força electromotriu, però els desprendiments de vapors nitrosos que tenen lloc en la primera constitueixen un greu inconvenient i impedeixen son ús en locals no molt ventilats. Les piles de bicromat són més pràctiques; les de Trouvé, per exemple, són de fàcil maneig i permeten graduar la llum a voluntat, variant convenientment el grau d'immersió dels elèctrodes; però repetim que l'enllumenatge per mitjà de piles és, actualment, sumament costós i ha estat abandonat per complet.

Pel daurat, argentat, couratge, etc., cal emprar elements Daniell o Bunsen, perquè produeixen un corrent força constant i llur entreteniment és menys costós que el d'altres sistemes. Les piles de Callaud, encara que d'excel·lent resultat, no es presten a causa d'exigir una immobilitat quasi absoluta. En quant a les de Leclanché, no podem emprar-les per a un treball continu.

En la telegrafia i la telefonia, on el funcionament és intermitent, són empleats amb èxit els elements de Daniell, Callaud, Meidinger, Leclanché, Lande i Maiche.

Per als serveis domèstics, com timbres i aparells de senyals, etc., són usats amb preferència els elements de Leclanché, Lalande i Maiche.

Per als experiments de laboratori i usos mèdics són empleats generalment els de bicromat i els de clorur d'argent que, si bé són, especialment els últims, poc econòmics, tenen l'avantatge que sa marxa pot graduar-se amb facilitat.

### COEFICIENT DE TEMPERATURA

64. Hem indicat que la força electromotriu d'un element varia amb la temperatura i que la llei que segueix aquesta variació sols és perfectament coneguda en els tipus normals. La relació que existeix entre la força electromotriu produïda per un element i la temperatura és expressada per la fórmula

$$E = e - k (t - t')$$

en la qual

$e$  és la força electromotriu en volts a la temperatura  $t'$  graus C.

$k$ , un coeficient numèric.

$t$ , la temperatura en graus C en el moment de l'experiment.

Aquesta fórmula és aplicable a qualsevol element, però sols en els normals té el coeficient  $k$  una valor constant. Per l'element normal de Latimer i Clark,  $e = 1,434$ ,  $t' = 15$ ,  $K = 0,001$ , de manera que per a dit element

$$E = 1,434 - 0,001 (t - 15)$$

*Problema.*—Quina serà la força electromotriu d'un element Latimer i Clark a 20° C?

*Resolució.*—Aplicant la fórmula anterior i ja que  $t = 20$ , tindrem  $E = 1,434 - 0,001 (20 - 15) = 1,429$  volt.

El coeficient de temperatura de l'element Weston és 0,0001 i com que sa força electromotriu a 15° és de 1,028 volts, tindrem per a ell

$$E = 1,028 - 0,0001 (t - 15)$$

de manera que a la temperatura de 20°C, la força electromotriu serà

$$E = 1,028 - 0,0001 (20 - 15) = 1,0275 \text{ volt.}$$

és a dir, una variació molt més petita, per a una mateixa diferència de temperatures, que en l'element Latimer i Clark.

## PILES ELÉCTRIQUES .

### PROBLEMES

1. En què consisteix la polarització i com és evitada?
2. Desitgem alimentar amb elements Bunsen de f.e.m. 1,9 volt i resistència interior de 0,25 ohms un circuit, la resistència del qual és de 0,5 ohms, i requereix una intensitat de corrent de 19 amp. Quants elements seran necessaris i com caldrà agrupar-los?
3. Per què no són usades les piles d'un sol líquid?
4. Quin és el despolaritzador de l'element Bunsen?
5. Trobeu la resistència interior d'una bateria de 20 elements, cada un dels quals té una resistència de 1,2 ohms, si estan disposats en 4 derivacions de 5 en sèrie.
6. Què és una pila seca?
7. Expliqueu quina diferència hi ha entre la força electromotriu d'un element i la tensió en els seus borns.
8. La f.e.m. d'un element és de 2 volt., la intensitat del corrent és de 1 amp. i la tensió en els borns és de 1 volt; quina és la resistència interior de l'element?
9. Quin avantatge té la pila d'aglomerats de Leclanché sobre la de vas porós del mateix autor?
10. Què és un element normal, i quina diferència hi ha entre ell i un element ordinari?
11. En un element es produeixen 54,8 calories i se'n consumeixen 6,8; quina és la f.e.m. teòrica del dit element?
12. Què són el rendiment elèctric i el rendiment químic d'una pila?
13. Expliqueu les reaccions que tenen lloc en un element Bunsen.
14. Com caldrà agrupar 100 elements cada un dels quals té una f. e. m. de 2 volts i una resistència interior de 1 ohm perquè connectats amb un circuit de 4 ohms donin una intensitat de 5 ampers?

15. Quines condicions ha de tenir un despolaritzant?
16. Per què disminueix la tensió en els borns d'un element en augmentar la intensitat del corrent que produeix?
17. Quina diferència hi ha entre la força electromotriu i la tensió en els borns d'una pila si el corrent subministrat és nul?
18. Quina serà la força electromotriu d'una bateria formada per 50 elements en sèrie i 4 en quantitat, si cada un d'ells té una força electromotriu de 1,9 volts?
19. Si la resistència interior de cada un dels elements del problema anterior és de 0,25 ohms, quina serà la resistència de la bateria i quina la intensitat del corrent, si és aplicada a un circuit de 4 ohms de resistència?
20. En què consisteix l'amalgamació del zinc i quin objecte té?
21. Com cal agrupar els elements d'una bateria per obtenir el corrent màxim?
22. Quin avantatge té l'element Bunsen sobre l'element Grove?



RF-5-30

