

## 34. Determinació de la *FEM* de piles electroquímiques.

### Objectius

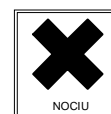
- Muntar piles de Daniell corresponents a diverses reaccions redox i mesurar-ne la força electromotriu.
- Provar diferents muntatges amb diversos ponts salins.

### Introducció

La pila de Daniell està formada per dos elèctrodes metàl·lics submergits en dissolucions que contenen els seus respectius ions. Les dues dissolucions estan separades per un "pont salí", que conté un electròlit inert, és a dir que no reacciona amb cap de les dues dissolucions que formen la pila. L'electròlit del pont salí pot ser: clorur de potassi, nitrat de potassi, nitrat d'amoni o clorur d'amoni, que són sals amb ions d'igual mobilitat

### Material i Equipament

Equipament	Reactius i altres materials
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vasos de precipitats de 100 cm<sup>3</sup></li> <li>- Tub en U de vidre o tub de plàstic flexible</li> <li>- Voltímetre digital i cables de connexió</li> <li>- Comptagotes (per les "micropiles")</li> <li>- Brunzidor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dissolucions de concentració 1 mol.dm<sup>-3</sup> de:               <ul style="list-style-type: none"> <li>sulfat de coure (II)</li> <li>sulfat de ferro (II)</li> <li>nitrat de plom (II)</li> <li>sulfat de zinc</li> <li>nitrat de magnesi</li> </ul> </li> <li>- Tires dels metalls:               <ul style="list-style-type: none"> <li>coure</li> <li>zinc</li> <li>ferro (clau, no galvanitzat)</li> <li>plom</li> <li>magnesi</li> </ul> </li> <li>- Dissolució saturada de nitrat de potassi, clorur de potassi, nitrat d'amoni o clorur d'amoni, pel pont salí</li> <li>- Agar-agar (per fer un tipus de pont salí)</li> <li>- Una patata una mica grossa</li> <li>- Paper de vidre</li> <li>- Tires de paper de filtre</li> <li>- Llana de vidre</li> </ul>



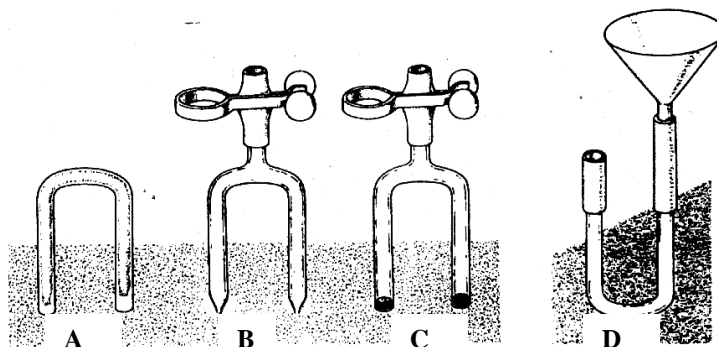
### Procediment

#### Muntatge i execució de l'experiència

- 1- **Preparació d'un pont salí** (el/la professor/a t'indicarà quin és el tipus de pont salí que has de preparar. No obstant això, hauries de llegir les diferents receptes de preparació).

### Pont salí amb un tub en U

Es necessita un tub de vidre en U o tub de plàstic flexible que es dobla en U i que s'omple amb la dissolució saturada de nitrat de potassi. Tapa les boques del tub amb llana de vidre ben atapeïda i, posant-lo uns instants cap per avall comprova que no perd líquid.



*Diferents tipus de tubs de vidre en U per fer un pont salí. A: tub en U; s'omple amb les branques amunt. B: tub acabat en capil·lars, s'omple xuclant pel tub superior. C: s'omple pel tub superior, tapant prèviament els orificis inferiors. D: tub amb taps de ceràmica porosa; s'omple amb ajut d'un embut.*

Els ponts salins amb agar-agar es preparen omplint un tub en U amb una dissolució aquosa d'agar-agar al 3%, més nitrat d'amoni en aigua al 10% (8 g en 100 cm<sup>3</sup> d'aigua). Escalfa al bany maria fins que sigui transparent. Mentre està calent el líquid, omple el tub. Deixa reposar fins que es refredi (entre 3 i 4 hores). Cada tub en U necessita uns 50 cm<sup>3</sup> de líquid.

### Pont salí amb una tira de paper de filtre

Talla trossos de paper de filtre allargats, doblega'ls per formar una trena i submergeix-los dins una dissolució saturada de nitrat de potassi fins que quedin ben amarats. El KNO<sub>3</sub> no és tòxic i el pots tocar amb les mans.

### Una patata com a pont salí

La polpa de la patata és un bon pont salí. Cal només tallar la patata per la meitat i amb ajut d'un tub d'assaig, anar fent petits "pous" on es col·locaran les dissolucions dels ions metàl·lics. Té l'avantatge de fer servir quantitats mínimes de reactius. Les piles amb aquest pont salí, les anomenarem "micropiles".

## 2- Muntatge de les piles

### Pila de Daniell

Neteja bé les tires de metalls amb paper de vidre, renta-les després amb aigua destil·lada i eixuga-les.

Posa dissolució de sulfat de coure (II), 1 mol·dm<sup>-3</sup> en un dels vasos de precipitat i submergeix-hi la tira de coure. Connecta un cable amb pinça de cocodrill a la tira. Això constitueix la semipila de coure.

Posa dissolució de sulfat de zinc, 1 mol·dm<sup>-3</sup> en un altre dels vasos de precipitat i submergeix-hi la tira de zinc. Connecta un cable amb pinça de cocodrill a la tira. Això constitueix la semipila de zinc.

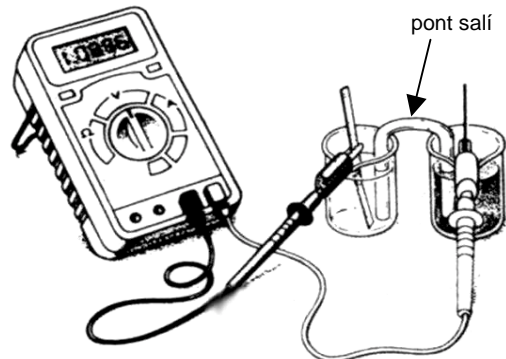
Agafa un pont salí, que pot ser fet amb un tub en U o amb una tira de paper de filtre amarada en dissolució saturada de  $\text{KNO}_3$ , i fes-lo servir per unir les dues semipiles.

Tanca el circuit, connectant els cables al voltímetre (escala de 2 V). Assegura't que el cable negre està connectat al terminal COM del voltímetre.

Pren nota del que marca el voltímetre. Connecta el brunzidor i escolta si fa un soroll.

En un altre vas de precipitats, posa dissolució de sulfat de ferro (II)  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  i submergeix-hi el clau de ferro. Connecta un cable amb pinça de cocodrill a la tira. Ara tens una semipila de ferro.

Fes servir un altre pont salí per unir dues semipiles, per exemple la de coure amb aquesta de ferro. Tanca el circuit, connectant els cables al voltímetre (escala de 2 V). Pren nota del que marca.



### “Micropiles” de Daniell amb una patata

Talla la patata per la meitat i amb ajut d'un tub d'assaig, fes petits “pous”. En cada un d'ells es col·loca una de les dissolucions dels ions metàl·lics.

Clava una petita tira del metall corresponent a l'ió metàl·lic present en la dissolució.

Amb el voltímetre vés prenent mesures dels voltatges entre les diferents semipiles. Assegura't que el cable negre està connectat al terminal COM del voltímetre



### Adquisició i enregistrament de les dades

Les dades de voltatges obtinguts les pots anar recollint en unes taules de dades com les següents:

	Cu	Fe	Pb	Zn
Cu				
Fe				
Pb				
Zn				

Ten en compte que si el voltímetre marca un valor positiu, l'elèctrode que has connectat al cable vermell és el positiu de la pila. Si marca un valor negatiu, vol dir que tens connectat el cable vermell al pol negatiu de la pila.

## Qüestionari

1. Compara els valors obtinguts amb els de les FEM de les piles muntades, calculats a partir dels potencials de reducció estàndard. Són els mateixos? En cas que no ho siguin suggereix alguna explicació.
2. Escribeu la notació de les diferents piles que heu muntat.
3. Suposa que no coneixes el potencial de reducció del plom, com el podríeu calcular a partir de la taula de dades?
4. En el cas de tenir una semipila amb plom i nitrat de plom (II), seria convenient un pot salí amb clorur de potassi?
5. Alguns llibres d'experiments per a nens descriuen una "pila de llimona", que es munta amb dues tires dels metalls coure i zinc, clavats en una llimona. Quin paper representa que fa aquí la llimona?

## Determinació de la *FEM* de piles electroquímiques.

### Material per al professorat

#### Orientacions didàctiques

##### Temporització

- 1 hora per a l'experimentació i les conclusions, si els alumnes fan servir ponts salins de tires de paper o una patata

##### Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de batxillerat. En algun cas, alumnes de 4 d'ESO, limitat a una demostració del professor com a exemple de reacció química amb obtenció d'energia elèctrica.

#### Orientacions tècniques

Les piles de Daniell acostumen a tenir una resistència interna molt elevada (alguns milers d'Ohm) de manera que, en general, no poden fer funcionar un motor o encendre una bombeta. La seva *FEM* només es podrà mesurar amb un instrument de gran impedància d'entrada, per exemple un polímetre digital (impedància d'uns 10 M $\Omega$ ).

Per tal que no es barregin les dues dissolucions de les semipiles es poden separar amb un separador porós: terra cuita, porcellana sense esmaltar, vidre sinteritzat..., però llavors apareix un potencial d'unió líquida a causa de la diferent mobilitat dels ions de les dues dissolucions el qual origina un error en la mesura de la *FEM* de la pila. Aquest potencial es pot eliminar quasi completament si s'interposa un altre electròlit entre les dues dissolucions en el qual les mobilitats de l'anió i del catió siguin quasi iguals. Aquest electròlit s'anomena "pont salí". Una de les condicions que ha de complir l'electròlit del pont salí és que no reaccioni amb cap de les dues dissolucions de les semipiles, així, no es pot utilitzar clorur de potassi amb una de les semipiles on hi ha nitrat de plom, o ions plata, ja que es formaria un precipitat.

Si els ponts salins d'agar-agar s'han d'utilitzar uns quants dies, cal mantenir-los en contacte amb la dissolució de l'electròlit per tal que no es ressequin.

Quan es fa servir una patata com a pont salí convé no tardar massa temps a fer les mesures per tal d'evitar la difusió dels diferents ions.

**Gestió dels residus:** les dissolucions de les semipiles es llencen en un recipient al qual s'afegeix carbonat de sodi sòlid perquè precipitin els cations dels metalls pesats. En acabar el curs, es filtra o decanta el líquid i el residu sòlid es llença al contenidor de sòlids.

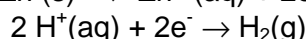
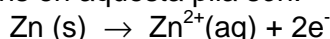
## Conclusions

### Resultats esperats

Potencials de reducció estàndard dels diferents elèctrodes i FEM de les diferents piles:

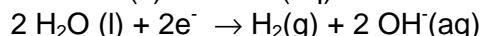
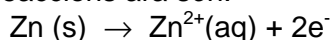
	Cu	Fe - 0,440 V	Pb - 0,126 V	Zn - 0,763 V
Cu 0,337 V				1,10 V
Fe				0,323 V
Pb				0,637 V
Zn				

La pila feta amb una llimona, zinc i coure ha de donar un voltatge una mica menor que la FEM de la corresponent pila de Daniell, en no tenir les condicions estàndard de concentració. Les semireaccions en aquesta pila són:



Una pila feta amb una llimona, magnesi i coure (2,4V teòrics; 1,6V en el muntatge real a causa que part dels cations  $\text{H}^{+}$  es redueixen directament sobre el magnesi) pot fer funcionar un rellotge digital i, connectant-li un condensador de 1000  $\mu\text{F}$  en paral·lel, també en pot fer funcionar un de quars. El condensador té la funció d'acumular càrrega en l'interval en què no es mou l'agulla del rellotge.

Clavant elèctrodes de coure i de zinc en una patata, també es pot fer funcionar un rellotge digital. Les dues semireaccions ara són:



El problema d'aquestes piles (de llimona, de taronja, de patata, etc.) és la resistència interna, uns 800 $\Omega$ . La mesura d'aquesta resistència es fa a partir del voltatge i de la intensitat que hi circula que és d'uns 2 mA. Si s'exprem la llimona i es col·loca el suc en un vas i es torna a muntar la pila dona uns 60 mA. Si s'hi afegeix sal puja a 100 mA i és la mateixa que posant-hi sal i aigua. L'àcid no fa falta, ja que l'aigua conté també cations hidrogen i si es van gastant, pel principi de le Chatelier se'n formen més. La sal només augmenta la conductivitat i baixa la resistència interna.

### Respostes al qüestionari

4. En el cas de tenir una semipila amb plom i nitrat de plom (II), seria convenient un pot salí amb clorur de potassi?

Es formaria un precipitat.

5. Alguns llibres d'experiments per a nens descriuen una "pila de llimona", que es munta amb dues tires dels metalls coure i zinc, clavats en una llimona. Quin paper representa que fa aquí la llimona?

Vegeu l'apartat "resultats esperats".

### **Propostes de recerca**

Investigar com afecten a la FEM d'una pila factors tals com la concentració dels reactius, la temperatura...

Proposar petites recerques entorn de la "pila feta amb una llimona" (vegeu l'apartat d'orientacions tècniques). Es tracta d'aconseguir que funcioni un rellotge digital.

Una investigació que poden fer a casa és intentar resoldre el problema següent:

*Dissenya i construeix una pila electroquímica que subministri el màxim voltatge emprant només materials i productes que pots trobar a la cuina de casa.*