

**Llicències retribuïdes 2001/2002**

**Memòria del treball fet**

**Índex**

	Pàg.
<b>Guió explicatiu</b>	3
<b>Annexos</b>	15
<b>Introducció</b>	16
<b>Coneixement del sensor de temperatura</b>	32
<b>Coneixement del sensor de pressió</b>	61
<b>Coneixement del sensor de diòxid de carboni</b>	89
<b>Coneixement del sensor de pH</b>	130
<b>Llei de Gay-Lussac</b>	172
<b>Determinació de masses molars</b>	195
<b>Calors de dissolució</b>	220
<b>Potencials de reducció</b>	248

## 1. Introducció

A l'Institut on tinc la meua destinació des de fa molts anys ha hagut un constant interès pel treball de laboratori ja que els components del seminari de Física i Química sempre hem considerat que les nostres assignatures són matèries experimentals i les activitats als laboratori havien de tenir una clara representació al currículum de tots els nivells educatius.

És per això que, durant l'anterior pla d'estudis, tant a 2n BUP com a 3r BUP i al COU es feien en tots els grups de cada nivell educatiu un seguit d'activitats de laboratori amb els corresponents objectius que avui englobem com a procedimentals i actitudinals.

Aquesta actitud no ha variat amb la posada en marxa del nou pla d'estudis i tant en els crèdits comuns com en els variables de l'ESO i en el Batxillerat contemplem les necessàries activitats experimentals que la diversitat i l'horari d'utilització del laboratori ens permeten.

He d'afegir que sempre he tingut interès en trobar la millor manera de presentar les pràctiques a l'alumnat, ja que no sempre el protocol freqüent en la bibliografia és el més adient per al temps i per a l'alumnat. També he trobat interessant la nova concepció dels experiments en temps real que permeten fer una valoració acceptable de les idees prèvies dels alumnes gràcies al avantatge que suposa les mesures automàtiques quant a valorar prediccions fetes per l'alumnat.

### 1.1 Antecedents del tema objecte del treball

Durant el meu camí com a formador de l'anterior PIE (Programa d'Informàtica Educativa) avui SGTI (Subdirecció General de Tecnologia de la Informació) vaig tenir la possibilitat de treballar amb el maquinari i programari de l'**Experimentació Assistida per Ordinador (EXAO)** i vaig ser formador del professorat dels diferents centres on es va introduir (1992). A partir d'aquest moment es van dissenyar diferents activitats que van servir de partida per al disseny d'altres que vam incorporar al currículum de curs d'Orientació Universitària (COU) i al segon de Batxillerat, en la Realització de treballs de Recerca.

Abans d'aquesta època ja s'havien desenvolupat sistemes integrats de captació automàtica de dades com confirma l'existència de grups de treball que treballaven amb material d'origen holandès, com el grup *Gresol*.

Basta fer consultes en Internet mitjançant un cercador per adonar-se que ja hi ha cites anteriors a l'any 1990 que fan referència al terme *MBL* (Microcomputer-Based Laboratory) amb el qual es coneix la metodologia que fa ús dels equips de captació automàtica de dades. D'aquestes consultes es pot deduir que, principalment, la finalitat dels estudis i activitats citades es refereixen a temes de física i també a alumnat de nivells superiors.

Els fabricants d'equips disposen de documentació més o menys completa en relació amb activitats de diferents nivells educatius. En els casos que sigui de lliure disposició es pot adaptar als requeriments del nostre alumnat i del nostre laboratori.

La importància de la tecnologia MBL es basa en la possibilitat de realitzar mesures i tractament gràfic en temps real que fan possible una ràpida comparació entre predicció i realitat. És per això que han estat els departaments i entitats dedicats a investigacions educatives els que més l'han fet servir i els que han provocat l'interès actual pel tema. La major part de les cites que fan referència al terme MBL tenen aquest objectiu.

Podem dir que el tema objecte del treball comença a ser documentat fa uns 12 anys. Activitats de cinemàtica amb sensors de posició i aplicacions a química superior són les primeres referències trobades.

Recentment, altres companys/es m'han precedit en l'estudi d'aquesta tecnologia han preparat activitats tant de física com de química.

## 1.2 Explicació del tema

El tema del treball presentat fa referència a l'aprofitament de noves tècniques de mesura automàtica de dades en un laboratori d'ensenyament secundari. Aquesta tecnologia es concretarà, una vegada disponible als centres, en l'avantatge de poder fer mesures en temps real i en poder resoldre situacions experimentals difícils de mesurar amb eines tradicionals. Penso que pot ser un al·licient més en el tractament de la diversitat.

La proposta del Centre de Documentació i Experimentació en Ciències i Tecnologia (CDECT) i del Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals de continuar i ampliar el treball iniciat per altres companys/es, posant al meu abast les seves instal·lacions, biblioteca i laboratoris, m'ha permet fer amb relativa facilitat el treball projectat, ja que he disposat en tot moment de les eines adients, de l'utilitat necessari i de l'ajuda necessària.

Mitjançant el maquinari, el programari i diferents sensors s'han fet mesures de la magnitud o magnituds escollides (temperatura, pressió, pH, concentració de diòxid de carboni), totes en temps real, ja que la velocitat de captació sempre ha estat baixa. Amb les dades obtingudes s'ha fet el corresponent tractament, el qual està previst fer-ho amb el mateix equip que fa les mesures, però també es pot continuar l'activitat fora del laboratori i fer les interpretacions a l'aula o en casa. Dependent de l'activitat això serà més o menys interessant.

En quasi totes les activitats proposades s'ha hagut d'emprar, a més dels sensors, estris de laboratori que inclouen material de vidre, suports varis, equip d'agitació i calefacció. És clar que també s'han hagut de fer servir els reactius necessaris.

Amb els requeriments, els objectius, el procediment i els resultats obtinguts he redactat un esborrany que ha servit de partida per a la redacció definitiva de la documentació que es lliura acompanyant aquest escrit.

## 1.3 Objectius que es pretenen assolir, quant a l'aplicació del treball fet al sistema educatiu

En relació amb l'ús específic de l'equipament utilitzat es pretén:

- Usar instrumentació automàtica per al registre de dades experimentals.
- Familiaritzar l'alumnat amb l'ús d'aquesta nova tecnologia.
- Avaluar les idees prèvies que l'alumnat té en relació a conceptes físico-químics
- Motivar l'alumnat per fer treballs pràctics i petites investigacions.
- Dotar l'alumnat d'una eina interessant per a realitzar Treballs de Recerca.
- Permetre a l'alumnat obtenir dades que facilitin la interpretació de fenòmens naturals.
- Facilitar a l'alumnat el procés de fer prediccions en relació amb el fenomen estudiat i de treure conclusions de les observacions fetes.

- Facilitar al professorat la utilització dels recursos informàtics propis d'aquesta eina, tant des del punt de vista tècnic com didàctic.
- Posar a l'abast del professorat un conjunt de treballs pràctics d'aplicació en els crèdits comuns i variables de l'ESO.
- Posar a l'abast del professorat un conjunt de treballs pràctics en la matèria de Química del Batxillerat.

En relació al treball en grup, com en altre cas, es pretén que l'alumne/a sàpiga:

### **Qualitats i actituds**

- Apreciar la vàlua com a individu únic i capacitat i demostrar autoestima.
- Desenvolupar el sentit de l'eficàcia personal.
- Desenvolupar els seus coneixements quant als seus punts febles o forts per saber compensar els punts febles.
- Experimentar l'orgull que produeixen els objectius assolits mitjançant l'esforç i la perseverança.
- Demostrar autocontrol.
- Demostrar una actitud tendent a fer preguntes, amb la ment oberta i amb curiositat.
- Buscar l'aprenentatge a llarg termini.
- Entaular relacions satisfactòries amb els altres companys basades en el respecte mutu.
- Desenvolupar sensibilitat i comprensió vers les necessitats, opinions, preocupacions i costums dels altres.
- Participar activament en les preses de decisions en grup.

### **Habilitats i competències**

- Identificar i comprendre els objectius principals i secundaris, els detalls i fets d'un informe escrit.
- Seleccionar, organitzar i relacionar les idees i desenvolupar-les en paràgrafs coherents.
- Emetre un judici crític sobre el propi treball escrit.
- Utilitzar el llenguatge, la informació, l'estil i el format adient per al propòsit i l'audiència seleccionada.
- Generar idees, i seleccionar i utilitzar exemples detallats, il·lustracions, proves i lògica per tal de desenvolupar un tema.
- Obtenir informació i escriure un informe amb aquesta informació mencionat les cites adequadament.
- Participar críticament i constructivament en l'intercanvi verbal d'idees.
- Plantejar i respondre preguntes correctament i concisament.
- Comprendre instruccions verbals i donar instruccions verbals als altres.
- Fer presentacions verbals amb claredat de presentació utilitzant el vocabulari adient per al propòsit i l'audiència.
- Mesurar i utilitzar les unitats adients.
- Organitzar la informació en taules, quadres i gràfics; i interpretar la informació presentada en aquests formats.
- Reconèixer i utilitzar el raonament inductiu i deductiu.
- Extreure conclusions raonables a partir de la informació obtinguda i defensar les seves conclusions racionalment.
- Formular i sotmetre a prova prediccions i hipòtesis basades en dades adients.
- Identificar relacions causa-efecte.
- Utilitzar les destreses de pensament crític i creatiu per respondre a situacions imprevistes i problemes repetits.

- Determinar el que es necessita per realitzar una tasca i establir hàbits encaminats cap l'aprenentatge de manera independent o en equip.
- Seguir un esquema orientat cap el compliment dels projectes o curt i a llarg termini.

### **Coneixements i Aplicacions (Ciència i Tecnologia)**

- Buscar i dissenyar tècniques per reconèixer i resoldre els problemes en la ciència: elaboració d'hipòtesis i disseny d'experiments per sotmetre-les a prova.
- Utilitzar l'observació i l'anàlisi de semblances i diferències en l'estudi dels fenòmens naturals.
- Demostrar capacitat per treballar amb dispositius de mesura i material de laboratori.
- Conèixer les implicacions que es deriven de les tecnologies existents i emergents sobre la nostra societat i la nostra qualitat de vida.
- Reconèixer el potencial i les limitacions de la ciència i la tècnica per resoldre els problemes socials i tecnològics.

## **1.4 Marc inicial de treball**

### **Referències presents en la normativa educativa**

El primer nivell de concreció de l'àrea de Ciències de la Naturalesa a l'etapa d'Ensenyament Secundari Obligatori parteix dels següents elements bàsics: Constructivisme, Comprensivitat, Ciència integrada i Interacció Ciència-Societat.

Una concepció constructivista de l'ensenyament suposa que els alumnes tenen uns coneixements i unes idees prèvies; l'aprenentatge significatiu implica conèixer aquest fet i planificar l'ensenyament de manera que connecti amb els sabers previs de l'alumnat.

La ciència integrada es contraposa a les disciplines independents. L'estudi de la física, química, biologia i geologia per separat és substituït per un grau més o menys gran d'integració entre elles. En aquest treball es planteja la realització d'activitats al laboratori de química però, és clar, algunes tenen un fonament físic basat en mesures de pressió i temperatura, magnituds que no són exclusives de química. El coneixement dels sensors de pressió i de temperatura permet dissenyar activitats de física, química i biologia, per separat o integrades.

Associar allò que l'alumnat aprèn a l'aula amb el que es troba fora d'ella ha estat un objectiu tant personal com institucional. La societat actual està més sensibilitzada front a temes de contaminació, d'ecologia, d'estalvi energètic, reciclatge de materials, etc. Els continguts tipus CTS són apropiats per ser utilitzats en activitats experimentals a tots els nivells.

Als objectius generals de l'àrea de Ciències de la Naturalesa podem trobar referències que es poden considerar d'aplicació en aquest cas:

1. Emprar els seus coneixements científics per comprendre a grans trets l'evolució científico-tecnològica de la nostra societat .....
2. Valorar actituds científiques com la curiositat, l'objectivitat, l'observació ... per obrir-se receptivament a l'entorn ....
4. Observar, analitzar i classificar objectes, ..., fenòmens i processos relacionats amb l'entorn físic.

5. Utilitzar de forma correcta l'instrumental científic necessari per fer observacions i experimentacions adequades a l'edat, ... iniciar-se en el procés d'experimentació científica ... i expressar correctament les observacions realitzades ...
8. Reconèixer canvis que constantment es produeixen en l'entorn,...

Als objectius terminals de l'àrea també hi ha referències que podem considerar. Basta fixar-se als objectius numerats amb: 4, 5, 6, 9, 10, 18, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, i, evidentment, els relatius a les actituds.

Als objectius terminals de la matèria Química del Batxillerat també podem trobar referències explícites als 29, 30, 31. Altres objectius terminals poden ser tractats i reforçats mitjançant una experiència convenientment preparada.

### **Referències pedagògiques i didàctiques**

El procés d'ensenyament-aprenentatge pren en consideració les idees prèvies de l'estudiant i considera que no s'han d'eliminar sinó que s'han d'utilitzar per iniciar-lo/la.

Les idees prèvies apareixen en tots els camps de les ciències i es pot comprovar que diferents alumnes en diferents llocs presenten idees semblants, per la qual cosa es pot pensar que tenen un cert grau d'universalitat.

Existeixen diferents enfocaments curriculars que pretenen el canvi conceptual de l'alumne/a. Tots aquests projectes tenen de comú un plantejament constructivista. Es col·loca a qui aprèn al centre del procés d'aprenentatge.

Caldrà plantejar el treball tenint en compte que les activitats proposades per a l'elaboració de conceptes científics són bàsicament activitats interpretatives de fenòmens naturals o d'experiències de laboratori. Els conceptes científics manquen de sentit sense referència a una experiència que interpretar. En aquest context és de particular rellevància el poder fer prediccions i immediatament poder-se contrastar amb el resultat obtingut, per posar de manifest les possibles discrepàncies.

Per això és important seleccionar adequadament les experiències que ens interessa interpretar, algunes de les quals es faran més fàcilment amb un equip MBL o només es podran fer amb ell.

## **2. Treball dut a terme**

### **2.1 Disseny del pla de treball**

**Les fases de la realització del treball han estat:**

#### **Primera fase**

- Recerca de documentació existent relacionada amb l'adquisició de dades aplicada a l'experimentació per tal d'avaluar la possibilitat de completar-la o adaptar-la als diferents nivells educatius objecte del treball.
- Recerca de documentació relacionada amb el treball pràctic i experimental per veure si es poden adaptar a l'adquisició automàtica de dades en un centre de secundària.
- Selecció del material adient per al conjunt d'activitats que, en principi, es pensava que formarien part de la memòria final.
- Disseny i elaboració d'altres activitats necessàries per completar el coneixement del tema escollit.

#### **Segona fase**

- Realització del treball de laboratori per comprovar la idoneïtat del tema en l'activitat. Vaig utilitzar el programa *DbLab 4.0 i 4.01* de Fourier Systems conjuntament amb l'equip *Multilog* de captació de dades. També he fet servir el programa *COACH-5* amb l'equip CMA de la Universitat d'Amsterdam.
- Identificació de dificultats, millora de protocols i obtenció d'un òptim rendiment didàctic per a cada activitat.
- Acceptació de les activitats que s'adaptin al nivell desitjat i elaboració d'una guia amb recomanacions per a un millor resultat.
- Repetició de les activitats acceptades per preveure possibles fallades ocasionals.
- Redacció, per a cada nivell contemplat en el projecte, d'un guió provisional que serveixi per la prova amb alumnat.

#### **Fase final**

- Redacció de les activitats definitives, prèvia consulta amb la supervisora.
- Repetició d'activitats o d'una part d'elles per ratificar aspectes que en la redacció no quedaven massa clars o per completar noves propostes.
- Redacció de la memòria final del treball que inclou els guions definitius.
- Elaboració de la còpia de la memòria en suport magnètic.



**El calendari de treball ha estat:****Setembre-octubre**

Recerca dels recursos existents i selecció dels treballs pràctics per ampliar-los i completar-los.

**Novembre-febrer**

Realització personal del treball corresponent a les activitats seleccionades i solució dels problemes que puguin sorgir.  
Elaboració d'esborranys d'activitats

**Març-Abril**

Continuació amb l'elaboració dels guions provisionals.

**Maig**

Adaptació dels esborranys segons criteris de la supervisora.

**Juny**

Redacció definitiva dels guions amb les addicions i rectificacions que s'hagin considerat.

**Juliol**

Redacció de la memòria final en paper i en suport magnètic.

**2.2 Metodologia emprada**

En paràgrafs anteriors ja he fet alguna referència al mètode de treball que s'ha seguit. Pot servir aquest apartat per donar una explicació més detallada.

Quant a la recerca inicial

En primer lloc he considerat la recerca d'investigacions prèvies fetes en temes didàctics per tal de seguir un camí d'acord amb les conclusions obtingudes per altres autors.

En segon lloc he tingut en compte els treballs anteriors existents en matèria d'experimentació assistida per ordinador (EXAO)<sup>1</sup>, en tècniques informàtiques al laboratori<sup>2</sup> i, a més, ha calgut prendre nota de les conclusions i estratègies resultants d'estudis realitzats amb contingut MBL per grups de treballs, que ja s'han ocupat de les experiències en temps real com a eina didàctica molt important<sup>3</sup>. Aquest context també és determinant a l'hora de planificar les activitats, sobre tot per als nivells de l'ESO i permet establir diferents estratègies per a un mateix contingut experimental.

Després he pensat en les pràctiques clàssiques, triar i decidir quines es poden replantejar des d'un punt de vista de l'adaptació a les noves tecnologies, encara que sigui en una petita part relacionada amb la presa i tractament de les dades. Quines es poden refer com a experiment en temps real per a una nova estratègia didàctica.

---

<sup>1</sup> Cortel, A (1999)

<sup>2</sup> Panadés, J.M (1993),

<sup>3</sup> Pintó, R; Pérez, O.; Gutiérrez,R, (2000)

Em vaig decidir a dissenyar activitats de coneixement dels sensors per tal de saber com funciona, quines limitacions tenen, quin és el seu comportament, la rapidesa de les mesures, la precisió de les mesures, en resum, saber què es pot esperar per saber aplicar-lo correctament en altres situacions no contemplades en les activitats treballades.

### **Quant a l'experimentació**

Una vegada escollides unes quantes activitats he fet per a cada una, un esborrany de disseny per tal d'estudiar les seves possibilitats amb l'equipament disponible i adequar el millor procediment que es pugui establir per al nivell i la finalitat previstos.

He fet servir dos equips disponibles, el COAH 5 de la Universitat d'Amsterdam i el MULTILOG adquirit pel Departament d'Ensenyament i disponible al CDECT, per tal d'estimar el que més rendiment didàctic pot oferir. En aquesta comparació he pogut determinar que tots dos tenen avantatges i desavantatges. Al final del període de redacció provisional de la memòria els creadors de *Multilog* van presentar una nova versió del programa que millora molt l'anterior.

He utilitzat el material propi d'un laboratori i he hagut de construir petits objectes complementaris dels que m'he servit per tractar d'assolir la finalitat que m'havia proposat. A vegades han servit i, a vegades, no.

Amb tota la documentació recollida i les observacions fetes he redactat les guies adients corresponents als experiments més determinants i aprofitables des del punt de vista dels objectius didàctics. Als esborranys ja hi vaig incloure els dibuixos i gràfics obtinguts.

Una bona part del treball fet no té constància escrita en cap de les activitats ni en cap de les propostes addicionals que se citen ja que moltes de les proves de l'experimentació dissenyada no van tenir els resultats esperats, per la complexitat que requeririen, per l'especial comportament del sensor o perquè, simplement, el disseny no va ser adequat.

### **Quant a la redacció**

Finalment, s'ha redactat el dossier complet que inclou les guies didàctiques per a l'alumnat, per al professor, els suggeriments complementaris que es considerin interessants i propostes complementàries que no s'han desenvolupat.

## **2.3 Descripció dels recursos utilitzats**

Els recursos utilitzats en l'experimentació i en l'elaboració de la memòria són:

- El laboratori i el fons bibliogràfic del Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona.
- L'equip de captació de dades i programari COACH 5 d'aquest Departament.
- El laboratori i el fons bibliogràfic del Centre de Documentació i d'Experimentació de Ciències i Tecnologia del Departament d'Ensenyament.
- L'equip de captació de dades Multilog i programari *DbLab* d'aquest Centre.
- Pàgines específiques d'Internet.
- El laboratori de l'IES Santa Eulàlia, on tinc la meva destinació.

- Material i documentació basada en l'EXAO procedent del meu centre de treball i obtingut en experiències anteriors.
- Documentació procedent d'altres treballs anteriors sobre temes semblants.
- Programes informàtics de tractament d'imatges d'ús general.
- Camera fotogràfica digital pròpia i programari associat.

La fase d'experimentació al centre amb alumnat no s'ha pogut portar a terme degut a que per diferents raons no s'ha adequat, durant el termini que s'havia previst, la nova aula-laboratori de ciències per a un treball segur. La falta d'una instal·lació elèctrica actualitzada ha aconsellat la conveniència de no entrar amb alumnes.

El centre ha considerat prioritari destinar els recursos i el temps disponible a convertir una de les aules petites en nou laboratori de Física per a l'ESO per tal de continuar amb l'activitat establerta des del principi de curs.

### **3. Resultats obtinguts**

Els resultats estan inclosos a l'annex 1 agrupats en projectes. Dins de cada projecte s'inclouen

- explicacions de tipus general,
- instruccions per a la preparació de les activitats,
- el conjunt d'activitats proposades, redactades per al professorat i per a l'alumnat,
- full de preguntes per a cada activitat,
- full d'avaluació per a cada projecte,
- fulls de respostes i
- un seguit de propostes que es poden fer amb el mateix sensor.

### **4. Conclusions**

Per fer valoracions i suggeriments des del punt de vista de l'aplicació del treball fet hem de partir dels següents fets:

- Un aula de Ciències dotada de 3 o 4 llocs de treball
- Uns 15 alumnes simultanis a l'aula (mig grup, crèdit variable o optativa), la qual cosa suposa 5 o 4 alumnes per lloc de treball.
- Un professorat que pot tenir vers la tecnologia MBL actituds molt diferents.
- Un horari de treball que no facilita la preparació de l'activitat abans de l'entrada de l'alumnat a l'aula.

Meditant una mica sobre aquests punts resulta evident que un millor aprofitament del potencial de l'experimentació es podria fer si existís a l'aula 4 ó 5 equips, amb un professor/a encarregat de la preparació, organització, manteniment i supervisió del material i de les guies. Aquesta persona prepararia les activitats mitjançant la coordinació amb el professorat dels grups, posaria a punt els equips i el material necessaris i dirigiria o orientaria la realització de l'activitat.

Les conclusions o discussió dels resultats obtinguts estarien a càrrec del professor del grup. Les activitats a les que es refereix el projecte haurien d'estar en el fons d'experiències del

laboratori. Amb el temps podria existir un conjunt d'experiències ben adaptades i incorporades al currículum de cada nivell tant de les que s'han de fer pels procediments tradicionals com de les que suposa la intervenció d'equipament informàtic. En aquest punt he d'afegir que cal interessar al professorat que tingui pel davant molts anys de servei per fer rendible la costosa inversió, ja que hi ha el perill que quedi tot ben guardat i sense utilització.

Un laboratori de ciències basat en microordinadors (MBL) permet fer activitats on l'alumne/a observa un experiment en progrés mentre "algú" col·lecciona dades, no importa com ho faci, el cas és que l'ordinador és usat com a una eina potent i flexible per tractar les dades, dibuixar gràfics i facilitar l'anàlisi.

En resum, crec que el projecte millorarà el procés d'ensenyament-aprenentatge de la química i de les ciències en general. També suposa un mètode adient per estimular el treball autònom de l'alumnat orientat a la planificació i realització dels treballs de recerca.

## **5. Relació de materials continguts als annexos**

L'annex 1 conté la documentació escrita agrupada en una introducció i set projectes, que al seu torn contenen un nombre variat d'activitats.

Introducció

Projecte: Coneixement del sensor de temperatura

Projecte: Coneixement del sensor de diòxid de carboni

Projecte: Coneixement del sensor de pressió

Projecte: Coneixement del sensor de pH

Projecte: Gay Lussac

Projecte: Determinació de masses molars

Projecte: Calors de dissolució

Projecte: Potencials de reducció

## 6. Bibliografia relacionada amb el treball fet

Del miler de llocs d'Internet recollits a la recerca prèvia, els indicats a continuació han estat consultats ja que tenen relació amb temes de química o de l'aprofitament didàctic del tema.

<http://www.pasco.com/>

<http://www.mca.science.uva.nl/>

<http://www.aps.org/BAPSAPR98/abs/S710.html/>

<http://www.ti.com/>

<http://phoenix.sce.fct.unl.pt/simposio/>

<http://www.blues.uab.es/>

<http://redbaron.bishops.ntc.nf.ca/rriche/ed6620/microcomputer.html>

[http://www.cs.sbccc.net/physics/redesign/final\\_report/reportb.html](http://www.cs.sbccc.net/physics/redesign/final_report/reportb.html)

<http://www.wcer.wisc.edu/nise/cl1/ilt/niche/niche.htm>

[http://www2.ncsu.edu/ncsu/pams/science\\_house/admin/AnnualRept97.html](http://www2.ncsu.edu/ncsu/pams/science_house/admin/AnnualRept97.html)

<http://www.ee.udel.edu/InfoAccess/Publications/VI/HTML/node10.html>

<http://www.panreac.es/>

ALBADALEJO, E. i ALTRES (GRUP RECERCA-FARADAY) (1988). *Química Faraday*. Barcelona: Editorial Teide.

APARICIO, A; CORTES, A; PALLÍ, A. (2001). *Activitats amb l'equip SADEX per a ciències experimentals*. Materials de formació. Departament d'Ensenyament. Generalitat de Catalunya.

ARANDA, J. i RUIZ, F., (1991) EXAO: l'ordinador al laboratori. *Revista de Física*, nº 1. pp. 50-52

BLAIR, J. (1996). *The complet Handbook of Science Fair Projects*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

CHURCHILL, E. R. (1998). *365 more Simple Science Experiments with everyday materials*. New York: Black Dog & Leventhal Publishers.

CAAMAÑO, A. i ALBADALEJO, C. (1991). *Los trabajos prácticos en el módulo II del Curso de actualización científica y didáctica. Materiales del área de Ciencias de la naturaleza*. Madrid: MEC, documento de trabajo.

CORTEL, A. (1992). EXAO1: Un equip d'experimentació assistida per ordinador. *Revista de Física*, nº 2. pp. 42-56.

CORTEL, A. (1992). *EXAO. Experiències I*. Barcelona: Departament d'Ensenyament.

CORTEL, A. (1992). *EXAO. Experiències II*. Barcelona: Departament d'Ensenyament.

CORTEL, A. (1999). Utilización de la informática en el laboratorio. *Alambique*, nº 19, p.pp 77-87

FRIGOLA, J.M. (1993). *Simulació i experimentació de valoracions àcid-base. pH-Exao*. Barcelona: Departament d'Ensenyament.

IZQUIERDO, M. , SANMARTÍ, N. i ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*, vol. 17, nº 1. pp. 45-59.

JONG, O. (1998). Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas y soluciones. *Enseñanza de las ciencias*, vol. 16, nº 2. pp. 305-314.

MIGUENS, M. i GARRET, R.M. (1991). Prácticas en la enseñanza de las ciencias. problemas y posibilidades. *Enseñanza de las ciencias*, vol. 9, nº 3. pp. 229-236

NUFFIELS FOUNDATION (1976). *Química. Colección de experimentos*. Barcelona: Editorial Reverté.

PANADÉS, J.M. (1993). *Tècniques informàtiques de laboratori*. Barcelona: Departament d'Ensenyament.

PINTÓ, R., PÉREZ, O. i GUTIÉRREZ, R. (2000). *Implementing MBL (Microcomputer based Laboratory) technology for the laboratory work in Compulsory Secondary school Science classes*. Barcelona: Univ. Autònoma. Dep. Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals.

PINTÓ, R. i altres (2000). *Investigation on the difficulties in teaching and learning graphic representations and on their use in science classroom*. Transversal Report on WP2

REGALÉS, J. (1991). La experimentació assistida per ordinador (Adquisició de dades en el Laboratorio de Ciencias). *InfoDidac*, nº 16. pp. 27-33

REGAN, H.B.; ANCTIL, M; DUBEA, C; HOFMANN, J.M. I VAILLANCOURT, R. (1992). *El Profesor. Una nueva definición... y un nuevo modelo de evaluación y actualización profesional*. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S.A. Madrid, 2002.

SCIENCE EDUCATION GROUP. UNIVERSITY OF YORK (1999). *Salter's Advanced Chemistry*. Adaptació de Libori Ruiz. Versió del Departament d'Ensenyament (Generalitat de Catalunya), Conselleria d'Educació i Cultura (Generalitat Valenciana) i CIDE (Ministerio de Educación y Cultura).

## **Annexos**

- 1. Introducció**
- 2. Coneixement del sensor de temperatura**
- 3. Coneixement del sensor de pressió**
- 4. Coneixement del sensor de diòxid de carboni**
- 5. Coneixement del sensor de pH**
- 6. Llei de Gay-Lussac**
- 7. Determinació de masses molars**
- 8. Calors de dissolució**
- 9. Potencials de reducció**

## Introducció

### **La tecnologia MBL.**

El que des de fa uns quants anys hem anomenat EXAO (Experimentació Assistida per Ordinador), tant el maquinari i programari com els mètodes didàctics que l'acompanyen és comunament anomenat amb les sigles MBL (Microcomputer-Based Laboratory) i no només s'ha utilitzat per refer mitjançant noves tecnologies unes activitats que ja eren conegudes sinó que ha permès als investigadors educatius fer prospeccions de les idees prèvies de l'alumnat i dissenyar activitats en temps real per orientar el procés d'ensenyament-aprenentatge en la línia adient.

Les eines considerades en la tecnologia MBL permeten concretar processos típics de la ciència com són l'adquisició de dades, la interpretació i l'anàlisi de dades, la proposta i contrastació d'hipòtesis. L'alumne/a observa com es van capturant dades, com es representen gràficament, com varien les magnituds mesurades, o sigui, és testimoni de com progressa el fenomen estudiat. Pot comparar el resultat obtingut amb la seva predicció i treure'n conclusions.

Una simple consulta sobre tecnologia MBL mitjançant un cercador d'Internet dona com a resultat centenars de llocs relacionats amb aquesta proposta educativa. No vull dir que totes siguin interessants i diferents però crida l'atenció la quantitat d'estudis existents.

Però cal destacar d'aquesta recerca bibliogràfica en Internet que del conjunt que fa referència a Física i Química la majoria de les cites contempnen investigacions educatives fetes en el camp de la Física, sobretot relacionades amb el moviment.

Quant a fabricants d'equipament (interfícies i sensors) destaquen en l'ambient en que he desenvolupat el projecte els següents:

- COACH 5 de la Universitat d'Amsterdam i equips MCA (Centre for Microcomputer Applications), Holanda
- PASCO, de PASCO Scientific, CA, USA
- DBLAB i MULTILAB i equips Multilog, de Fourier Systems, Israel
- SADEX i NEBULA de Alecop, S. Coop., País Basc, Espanya.

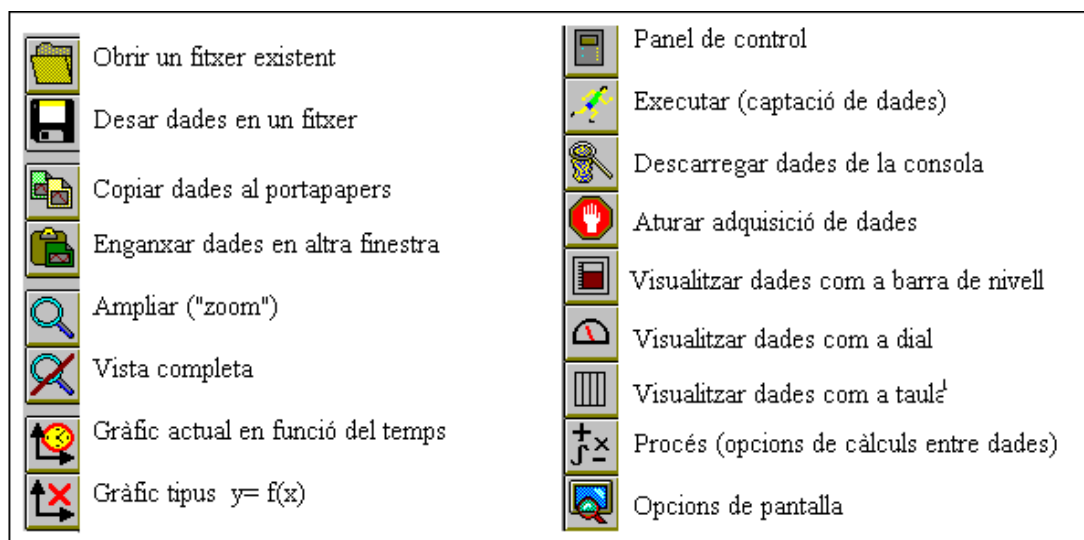
Tots aquests fabricants tenen editades sèries d'activitats més o menys interessants, de manera que podem dir que hi ha poc de nou per inventar. Del que ja està fet només ens queda l'ingeni de millorar, modificar i adptar l'activitat al nostre equip i a la nostra manera de fer. També podem simplificar protocols complicats o dividir-los per fer més raonable la utilització als nostres laboratoris.





## Introducció sobre els programes de captació de dades utilitzats

### 1. Sistema de captació de dades *Multilog* (programa *DbLab 4.01*).

Les accions que cal conèixer des del principi són les que corresponen a les següents icones, que també es poden activar a partir d'opcions de menú.



Entre la interfície i l'ordinador hi ha una comunicació en els dos sentits. El programa sap quins sensors té connectats sense que s'hagin de determinar per menú. L'inici de la presa de dades es pot fer des de la interfície (tecla ) o des de l'ordinador (icona ).



La interfície té al costat esquerre la connexió amb la xarxa elèctrica través d'un adaptador, encara que pot funcionar amb bateria interna recarregable. També a l'esquerre hi és la base de connexió amb el ordinador mitjançant un cable sèrie de 9 pins o, recentment, amb connexió USB.

A la part posterior de la interfície hi ha 4 entrades per als corresponents sensors. En fer pressió per tal de connectar els sensors cal anar amb compte de no deformar els pins. Hi ha una única orientació, que cal respectar. Fóra una bona idea tenir un senyal exterior per indicar la manera correcta de connectar sense haver de mirar cada vegada on són les osques guia.

A les activitats on intervingui una variable que no sigui directament mesurada amb sensors, com per exemple el volum d'una xeringa, és possible activar **mesura manual** (al tauler de control). En aquest cas la mesura és adquirida quan es prem la tecla ↵ de la interfície.

El tractament de les dades obtingudes es pot fer sense estar connectat a la interfície, la qual cosa permet continuar l'activitat fora de l'àmbit estricte del laboratori.

El procediment ordinari a seguir en qualsevol activitat podia ser:

- preparar la interfície amb totes les connexions necessàries,
- posar en marxa el programa,
- escollir al tauler de control la velocitat de captació i el nombre de dades,
- executar l'adquisició de dades,
- aturar l'adquisició de dades,
- afegir un títol i la informació que sigui convenient, i
- desar les dades en un fitxer amb un nom que en faci relació

L'ordre esmentat es pot variar segon les necessitats i domini del programa. Per exemple, es poden desar les dades en mig d'una captació, el programa segueix mesurant. Mentre es van captant dades es pot aprofitar per posar títol, informació i variar l'aspecte de la finestra.

Moltes vegades les dades inicials no seran significatives de l'activitat ja que coincideixen amb l'acabament del muntatge i el sistema en estudi encara no hi era a punt. En aquestos casos el programa permet seleccionar una zona i rebutjar la resta. Així, l'estudi posterior només es farà amb les dades que realment ens interessin.

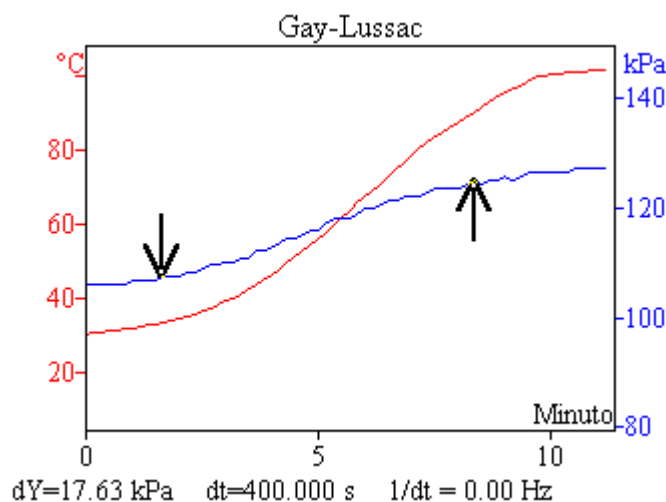
La interfície pot treballar de manera autònoma, sense connexió a l'ordinador. Les dades emmagatzemades s'hauran d'introduir posteriorment mitjançant l'opció de menú *Carregar mostres*.

### Tractament de les dades

El tractament de les dades necessita unes eines de treball que facilitin l'obtenció de conclusions i milloren els resultats. Unes permeten seleccionar i ampliar una zona del gràfic, variar l'escala i la presentació del gràfic existent i determinar valors sobre el gràfic; altres poden ajustar un gràfic a una recta o corba i obtenir una equació matemàtica que descriu el procés estudiat.

Per a l'estudi posterior de les dades adquirides els recursos que el programa disposa i que a continuació es comenten són: marcadors, *zoom*, valors de coordenades, canvis d'escala, informació, presentació, simulació del procés i ajustament a rectes i corbes.

**Marcadors.** Amb el punter del ratolí sobre un punt del gràfic es fa un doble clic amb el botó esquerre. Apareix una fletxa negra i, a sota de la finestra, es poden veure els valors corresponents de les coordenades del punt.



Si es repeteix l'operació a sobre d'un altre punt apareix una segona fletxa de sentit invers i a sota de la finestra s'indica el valor de l'interval seleccionat.

Les fletxes es poden desplaçar com a qualsevol objecte de Windows, és a dir, fent clic a sobre i arrossegant el ratolí; així es poden portar a un altre punt que es vulgui o al més pròxim possible. També es poden moure amb les tecles de fletxa dreta i esquerra del teclat.


Les marques es poden treure fent clic amb el botó dret del ratolí quan el punter és a sobre de les fletxes. Si el clic es fa sobre la primera de les fletxes s'esborren les dues, si es fa a sobre de la segona només s'esborra aquesta.


Així es poden saber valors de la magnitud mesurada. Si se n'han mesurat dues a la vegada i, per tant, tenim dos gràfics, es pot fer el mateix en qualsevol dels dos.

Si el gràfic en estudi és del tipus  $y = f(x)$  només es pot visualitzar un únic marcador, que es pot moure amb un control situat a sota del gràfic.

**Zoom.** Fent clic a sobre de la icona  s'amplia el gràfic segon aquestes regles:

- Es manté la grandària de la finestra existent
- Si no hi ha marcadors, s'amplia al voltant del centre del gràfic.
- Si hi ha un marcador, s'amplia al voltant d'aquest punt.
- Si hi ha dos marcadors, s'amplia l'interval seleccionat pels marcadors.

La icona  torna al gràfic inicial o a un altre semblant però amb els valors dels eixos modificats. Si hi havia dos gràfics potser un d'ells estigui encara ampliat. En aquest cas s'hauria de modificar l'escala dels eixos, per aconseguir una visualització semblant a la inicial.

Si volem fer més gran la finestra mantenint els valors dels extrems es pot fer clic a sobre del control de *maximitzar* () les finestres. Amb això s'aconsegueix ampliar el gràfic i tenir més valors indicats als eixos. També es poden arrossegat els costats de la finestra per engrandir-la.

### Valors de les coordenades.

L'activació dels marcadors anteriors ens proporciona el valor de la magnitud que hem mesurat. Els marcadors es poden moure arrossegant-los amb el ratolí. Si el gràfic utilitzat és del tipus  $y = f(x)$  només pot aparèixer una fletxa, la qual es pot moure al llarg del gràfic amb els controls de la barra de desplaçament inferior. En tots dos casos també es poden moure amb les tecles de fletxa dreta i esquerra del teclat.

### Canvis d'escala


En ocasions ens veurem obligats a modificar els valors de l'escala existent sobre els eixos. El programa escull l'interval adequat per a una millor observació del gràfic, això suposa que el punt on es tallen els eixos no sempre és l'origen de coordenades (0, 0). També pot succeir que després de fer ampliacions i reduccions (botons de zoom) quedi el gràfic amb uns intervals dels eixos que no ens agradin. Per aquestes raons o per altres els canvis d'escala es fan als quadres de diàleg que apareixen en seleccionar l'opció *Veure \ Escala*. Al primer quadre s'escull la coordenada i al segon es donen els valors que necessitem.

### Informació

L'opció de menú *Veure \ Informació* permetrà a l'alumne/a veure els paràmetres de mesura d'una captació seleccionada i oberta a la pantalla. És interessant per informar l'alumne/a abans de començar la seva pròpia mesura, aprofitant un exemple prèviament obtingut i que s'ha carregat al principi de l'activitat.

### Presentació

El programa estableix per defecte una manera de presentar els gràfics. Si no es pogués afegir alguna informació seria molt difícil la identificació dins d'un conjunt de gràfics

similars fets amb un mateix sensor. La icona  permet accedir al quadre de diàleg des d'on variar les característiques de la presentació. De les possibilitats existents es destaquen les següents:

**Opciones de Mostrar en Pantalla**

**Colores**

Fondo

Ejes

Título Principal

**Fuentes**

Escala

Info. de la gráfica

Título de Ejes

Título Principal

OK

Configurar como predeterminado

Cancelar

quadrícula  Cuadrí

Título Horizontal: Text que apareix indicat a l'eix d'abscisses

Título Principal: Text que apareix com a títol sobre el gràfic. Si és massa llarg i no es veu feu més ampla la finestra

Comentario: Aquest text no apareix en cap lloc de la finestra gràfica. Passeu d'una línia a l'altra sense prémer la tecla INTRO o RETURN

**Características de la Gráfica**

Se selecciona el nom actual que té una variable **Seleccionar** **Color**

Nombre Nuevo: Canvia el nom de la variable seleccionada **Ancho de** 1

Título de la Gráfica: Text que apareix al costat de l'eix d'ordenades **Estilo**

**Unidades:** (Ninguno)

## Simulació del procés

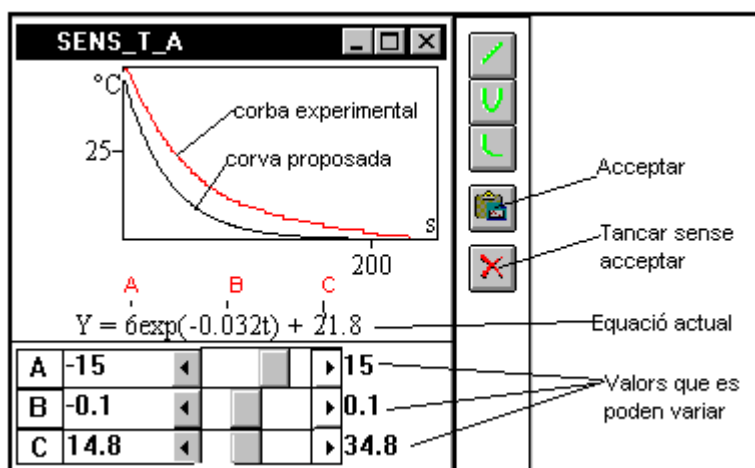
Permet reproduir la presa de dades com si s'estigués fent de nou. És una bona eina per simular el mateix procés que s'ha mesurat al laboratori o per plantejar activitats a partir d'una mesura que ha fet altra persona. L'opció de menú *Veure \ Simular execució* inicia la simulació. Apareix una finestra buida. A sota de la finestra tenim 6 icones ( ) que permeten iniciar, aturar i modificar la rapidesa de la reproducció.

## Ajustament a recta i a corbes

Aquesta opció suposa un cert coneixement de les funcions matemàtiques. El programa ofereix una regressió lineal (*Processos \ Regressió lineal*) que dona com a resultat la recta que millor s'ajusta als punts del gràfic seleccionat. Si el gràfic té els dos marcadors fa la regressió de l'interval entre marcadors..

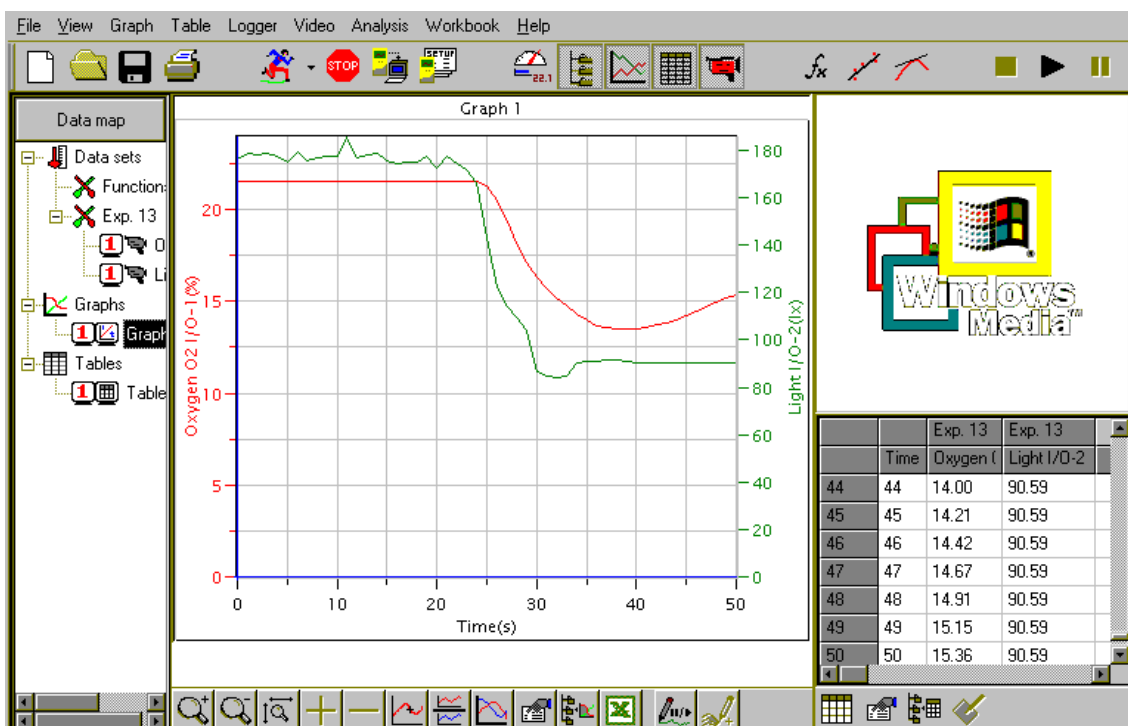
Un ajustament a recta, paràbola o exponencial es pot fer amb l'opció (*Processos \ Ajustament de corba*) i seleccionant les dades.

Mitjançant els controls inferiors es pot anar variant els valors de les constants que hi figuren a l'equació. Es poden canviar els valors extrems assignats per defecte i, d'aquesta manera, l'ajust es fa més suaument.



El gràfic i les dades d'una variable afegida es poden eliminar amb l'opció (*Edició \ Eliminar*) prèvia selecció de la variable corresponent.

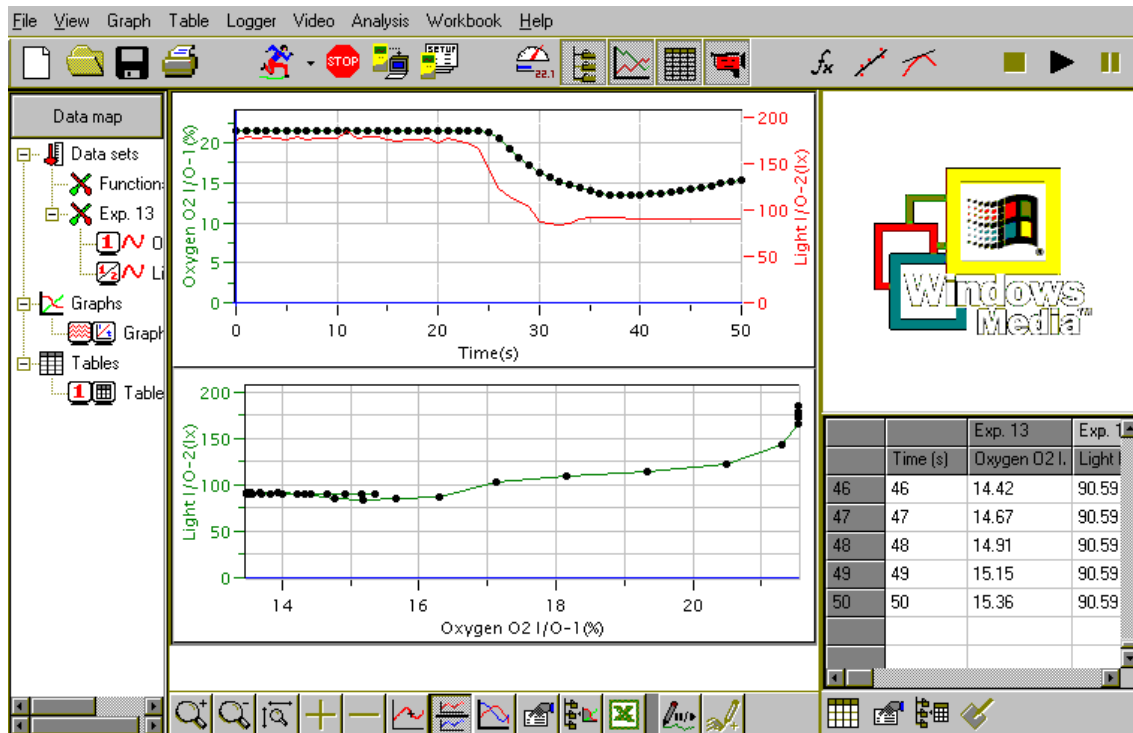
Els creadors de *DBLab 4.01* han introduït al mes de juny una versió millorada del programa anomenada *Multilab* que inclou possibilitat d'enregistrament i reproducció de vídeo i visualització automàtica de les dades en taula. Permet dividir la pantalla en tres o quatre parts: una destinada a la reproducció del vídeo, una segona a la taula de dades i una o dos per a la representació gràfica.



Pantalla estàndard de *Multilab*

La finestra central del gràfic central es pot dividir en dues parts permet i definir el tipus de gràfic que es vol inserir al segon gràfic.

A la figura següent s'ha definit el gràfic de manera que es representi la intensitat de llum (lx), captada pel segon sensor, en funció dels valors captats pel primer sensor, el d'oxigen.



Aquest nou programa suposa un altre concepte de preparació d'activitats, ja que la possibilitat d'afegir seqüències de vídeo permet una altra estratègia d'aprenentatge.

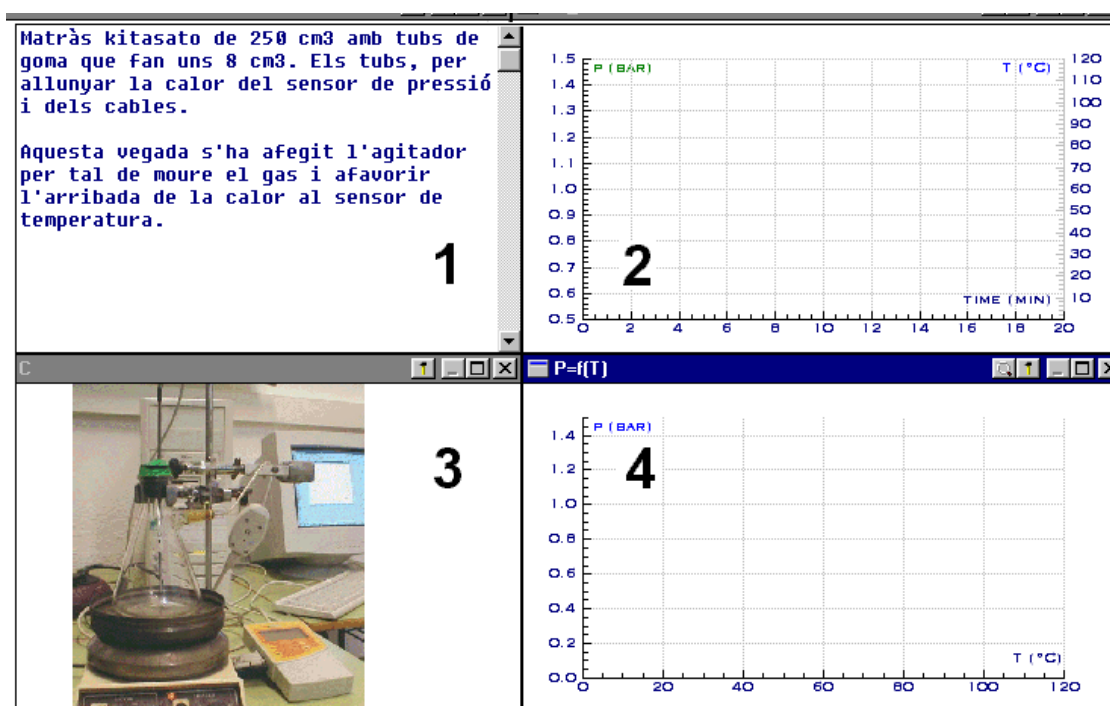
## 2. Sistema de captació de dades *COACH 5*

El que té d'interessant aquest programa és la possibilitat de dissenyar activitats que inclouen comentaris escrits, gràfics preparats, taules, dibuixos o fotografies, vídeos, etc., que poden presentar-se a l'alumnat en quatre finestres, una de les quals es pot destinar a respostes.

Amb aquest tipus d'eina el professor/a pot disposar d'un conjunt d'activitats que abasti un camp determinat. Les activitats poden ser suficientment explícites i no necessitar més que un poca ajuda escrita. A més, el resultat obtingut per l'alumne/a o grup d'alumnes es desa tal qual al disquet i permet al professor/a l'avaluació del treball fet.

També permet el programa l'ús de contrasenyes que assegurin la privacitat del treball en relació a altres grups.

La següent figura correspon al disseny d'una activitat determinada. Es pot veure com la finestra total s'ha dividit en quatre finestres amb diferent contingut.



Disseny d'una activitat per a l'estudi de la llei de Gay\_Lussac  $p = k \cdot T$ . Aspecte de la pantalla

A la finestra 1 s'ha inclòs un comentari en relació al que es pensa fer.

A la finestra 2 hi ha el gràfic en funció del temps dels valors de les dues magnituds mesurades, la pressió i la temperatura. S'han seleccionat valors adients per aprofitar tot el quadre disponible, atès que la pressió no arribarà més enllà de 1'4 bar i la temperatura no més enllà de 120°C.

A la tercera finestra s'ha inclòs una fotografia del muntatge, que es podria substituir per un dibuix més simplificat.

A la quarta finestra s'ha incorporat el gràfic  $p = f(t)$ . Successius tractaments poden arribar fins a determinar l'equació  $p = f(T)$  utilitzant els recursos de càlcul del programa.

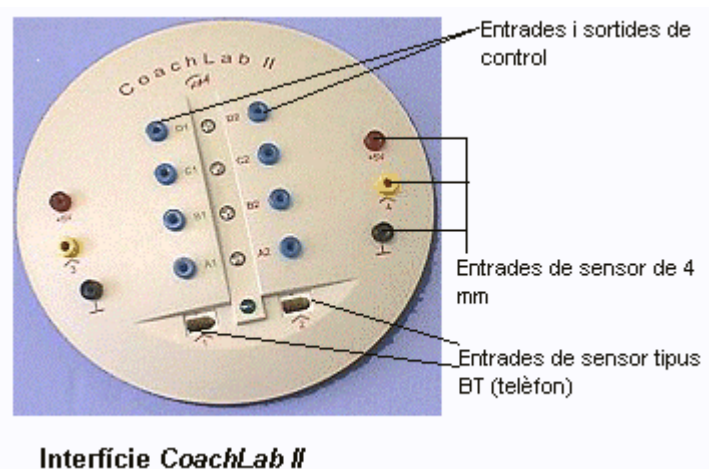


Una activitat com aquesta es pot tenir disponible al disc i, en carregar-la, apareix tal com es veu; tots els paràmetres tècnics relacionats amb la mesura (velocitat de mesura, nombre de mesures), intervals dels eixos, nom de la unitat dels eixos, etc., poden decidir-se prèviament i l'alumne/a només ha de fer el muntatge i procedir a la captació de dades segons les indicacions que ha rebut o que hi són incloses a la finestra de comentaris.

Cal afegir que cada finestra es pot ampliar, com qualsevol finestra de Windows, a tota la pantalla i per tant, hi ha lloc per tot tipus de comentaris i explicacions.

### Interfície

A diferència d'altres aquesta interfície no permet el treball de camp autònom, totes les mesures han de fer-se amb la interfície connectada a l'ordinador. Els sensors que utilitza són similars als de altres equips; comparant les llistes dels fabricants podem veure que hi són presents sensors equivalents amb les mateixes funcions. Aquesta interfície també inclou connexions amb finalitat de control.




Interfície CoachLab II

### Programa

Només vull referir-me a algunes de les opcions que corresponen al que he comentat abans i que es mostren a la pantalla o són accessibles prement el botó dret del ratolí.

El treball amb aquest programa s'estructura en projectes, cada projecte té activitats i de les activitats es poden obtenir resultats de cada experiment. Aquests resultats es poden obrir o

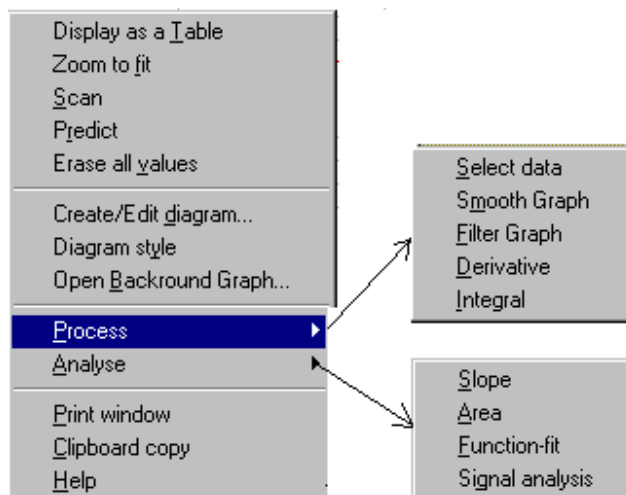
desar mitjançant les icones .

Existeix un gestor de projectes que permet bescanviar informació entre disc dur i disquet i bescanviar resultats entre projectes.

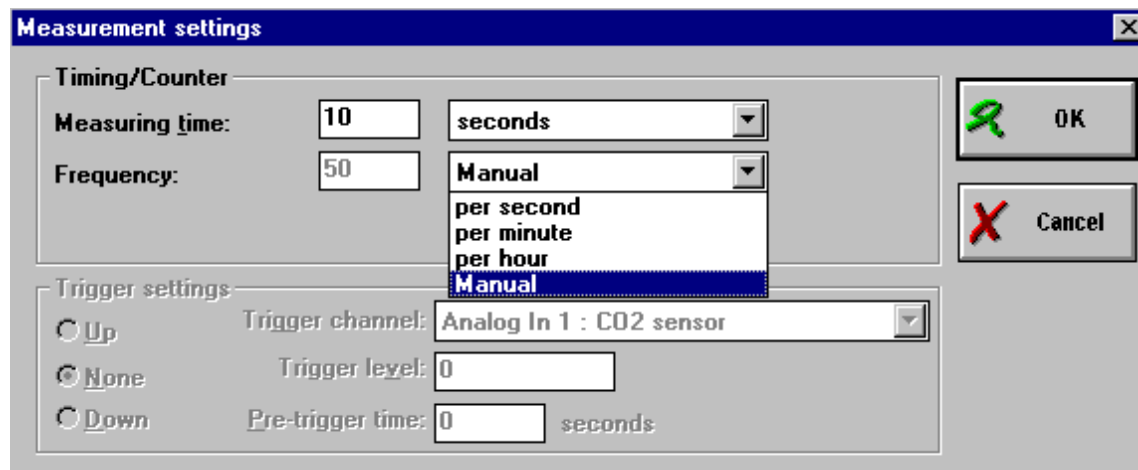
La presentació d'una determinada activitat i, en concret, allò que volem incloure dins de cada finestra es pot dissenyar i modificar mitjançant els següents botons o amb les corresponents opcions de menú, que apareixen en fer clic al botó dret del ratolí a sobre d'una finestra buida.



Depenent del tipus d'objecte existent a la finestra en que es premi el botó dret del ratolí les opcions disponibles seran diferents. Les més interessants són les que apareixen quan la finestra és la del gràfic.

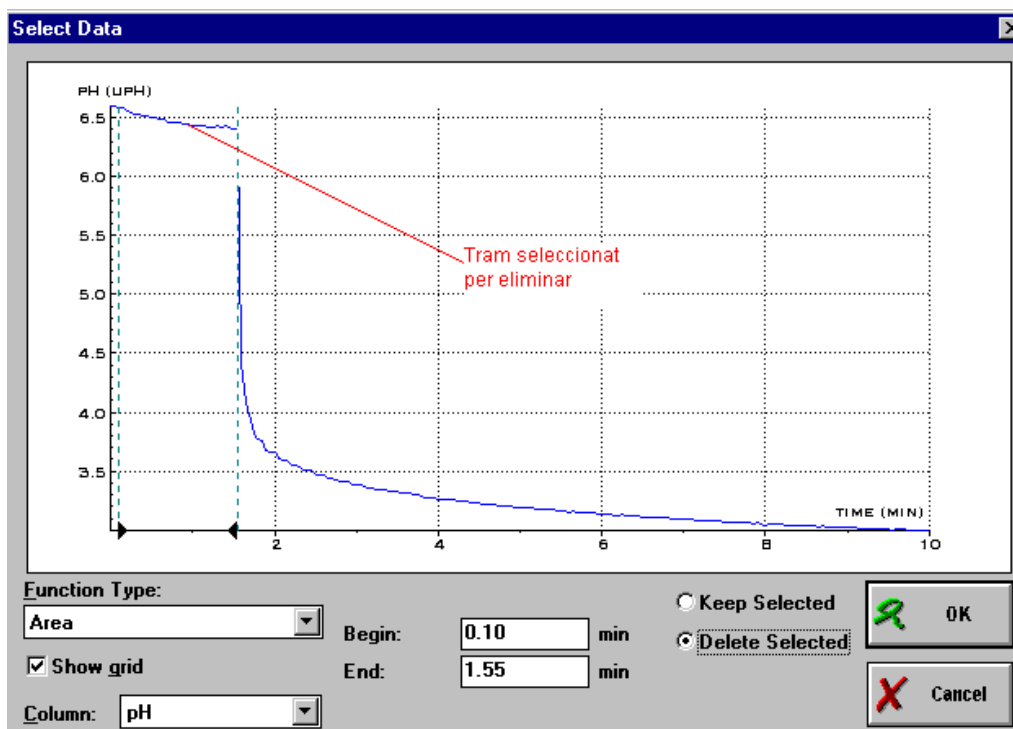


El programa permet també fer mesures manuals, els valors de les quals s'introdueixen al moment en que el sistema incorpora les altres mesures automàtiques. Aquest tipus de mesura cal especificar-lo al quadre de diàleg corresponent.

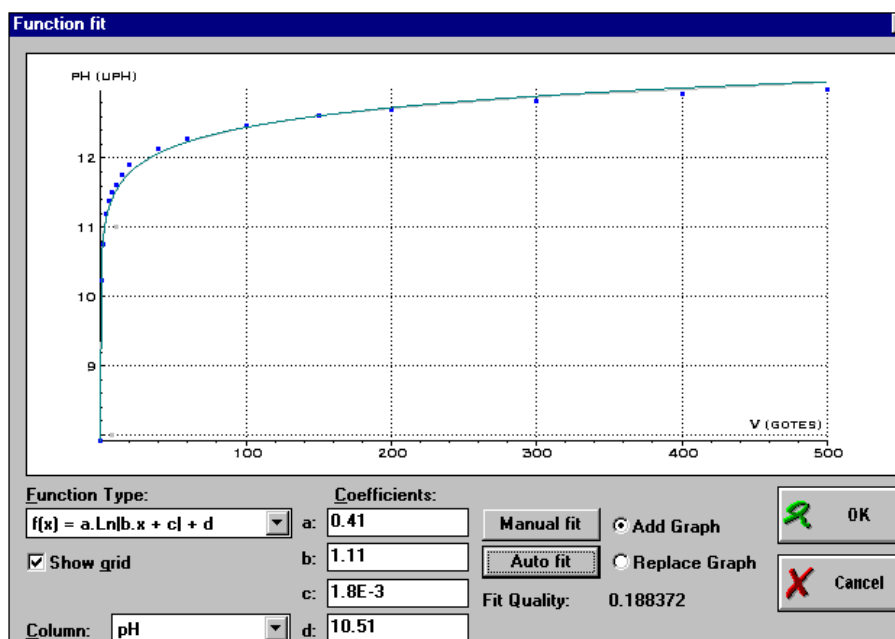


Les dades incorporades d'aquesta manera es poden tractar com les altres: taules, gràfics, etc. La mesura automàtica del volum d'un recinte (per exemple, una xeringa) o del volum d'una dissolució (valoració amb bureta) suposa una dificultat i és més fàcil la seva introducció manual.

El programa permet seleccionar les dades que considerem significatives de l'experiment fet i rebutjar la resta.

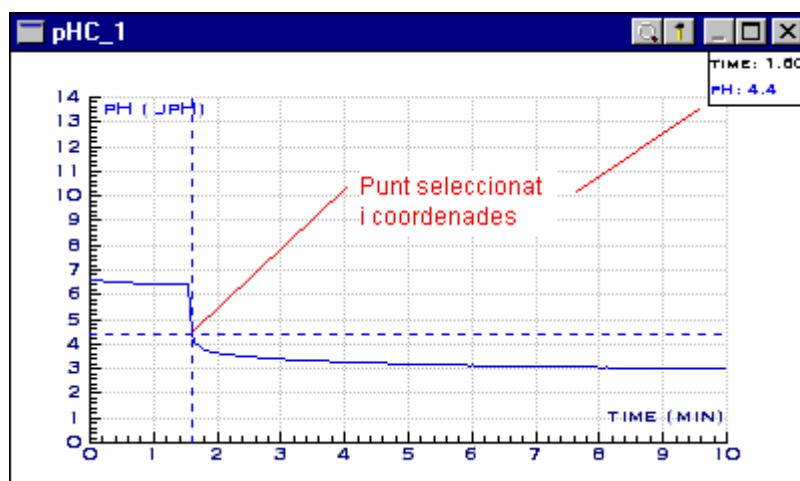


Per al tractament de les dades i obtenció de la corba que més s'ajusta al fenomen observat existeixen moltes equacions i, a més, hi ha una indicació numèrica de la perfecció relativa de l'ajust. Aquest procediment pot ser automàtic i manual.



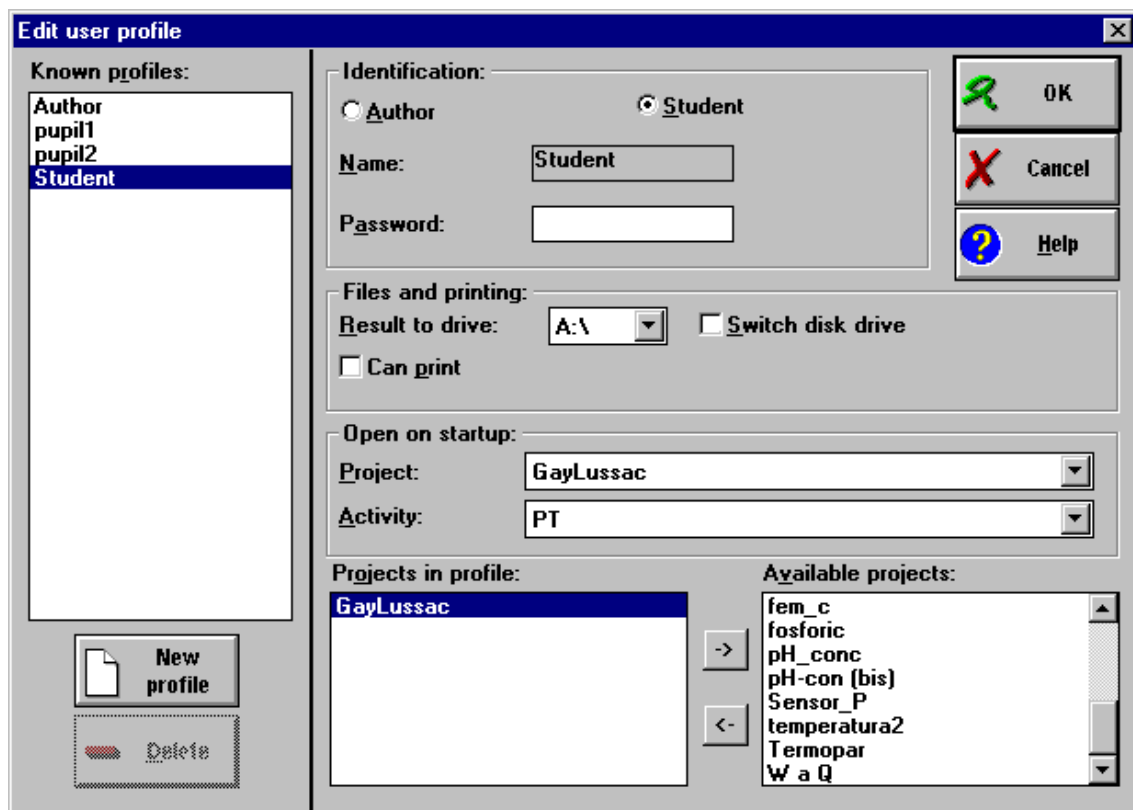
Les coordenades d'un punt d'un gràfic es poden conèixer mirant directament la correspondència del punt als eixos si hi ha retícula que ajudi a la determinació. Qualsevol

ampliació com la *zoom to fit* ens dóna més facilitats. Hi ha altra opció anomenada *scan* que visualitza el valor de les coordenades del punt seleccionat.

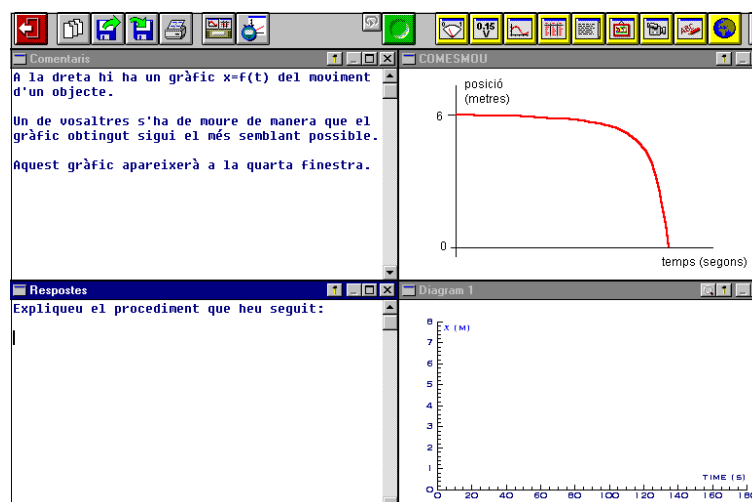


Les característiques d'un gràfic es poden crear o modificar sempre que el sistema no estigui adquirint dades, ja que es podrien esborrar les ja existents. El programa permet seleccionar fins a vuit variables (C1 a C8) entre les mesures, manuals o calculades que poden situar-se a l'eix vertical (1er o 2n eix), a l'eix horitzontal o romandre oculta perquè no interessa la seva aparició. Altres paràmetres de la presentació hi són disponibles.

Un mòdul interessant del programa és el que fa possible crear activitats personalitzades per a l'alumnat, amb accés a determinats projectes en funció d'una planificació prèvia.



El fet de poder inserir a una finestra qualsevol tipus de dibuix ens permet dissenyar activitats de reproducció d'un fenomen determinat del qual s'ha inclòs un gràfic fet amb un programa de dibuix. L'alumne/a ha de reproduir el fenomen de manera que aconseguixi un gràfic similar. A més es pot dedicar l'altra finestra per possibles respostes o comentaris del grup.



## **Comentaris addicionals**

El conjunt de les activitats proposades s'han agrupat en projectes, l'objectiu dels quals es pot deduir del mateix títol. Hi ha quatre projectes de coneixement del sensor utilitzat i tres de determinació de lleis o magnituds.

Les activitats de coneixement dels sensors de diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) i del sensor de pressió s'han experimentat amb l'equip MCA (Centre for Microcomputer Applications) i s'han redactat seguint el programa *COACH5*; la resta d'activitats s'han experimentat i redactat fent ús de l'equip *Multilog* i programa *DB-Lab* de Fourier Systems.

### **Perquè aquests sensors?**

Els sensors els he escollit per la seva simplicitat, per no necessitar un calibratge freqüent, llevat del de pH que en determinacions quantitatives sí ho necessita, però es fa fàcilment i no suposa cap inconvenient afegit.

L'ús d'aquests sensors permet dissenyar activitats per l'alumnat d'ESO, de ràpid muntatge i que quasi no necessiten més material que un o dos recipients amb aire o amb aigua. La qual cosa permet no només fer experiències amb una finalitat determinada sinó permet plantejar preguntes, demanar prediccions i ràpidament trobar la resposta, a vegades esperada, a vegades inesperada.

### **Quant a la redacció de les activitats**

Les activitats s'han redactat seguint un mètode que permeti al professor/a tenir una idea general dels objectius i del procediment.

Cada activitat s'inicia amb a mena d'introducció general, continua amb una explicació sobre la preparació general on es fan comentaris de tipus teòric, procedimental i tècnic. A continuació es fa una redacció específica per al professorat i una altra per a l'alumnat, la qual s'ha intentat que sigui el més reduïda possible però que, a vegades, necessitarà de les explicacions del professorat. Al final de l'activitat hi ha la part del tractament de les dades, inclosa al full de l'alumne. Cada activitat té un full de conclusions i preguntes finals que s'han de resoldre individualment on es demana a l'alumne/a la resposta a tres o quatre preguntes de l'activitat feta, amb la intenció de garantir que ha pres part activa del grup durant la realització de l'experiència.

Al final de cada projecte es presenta, per a cada nivell contemplat, una prova d'avaluació del conjunt d'activitats contingudes.

Tots els fulls de preguntes i avaluacions tenen la corresponent resposta, per facilitar la tasca del professor/a i per donar idees per a altres preguntes possibles.

Finalment, es plantegen altres propostes que permetran al professorat la preparació d'altres activitats semblants. Moltes d'aquestes propostes estan degudament explicades i recullen algunes de les solucions trobades durant les proves fetes.

Crec que algunes de les preguntes que proposo al final de cada activitat es podrien plantejar al principi i, a continuació, comprovar-les mitjançant l'experiment. Això ens portaria a deixar en blanc parts de la descripció en espera de ser contestades i contrastades pel grup d'alumnes i no seria pràctic per a una memòria com aquesta. Serà a la tasca concreta del

centre on es poden adaptar mitjançant un qüestionari preparat pel Departament corresponent.

He volgut que cada activitat pugui ser independent de les altres del mateix projecte, per tant serà freqüent el trobar paràgrafs repetits. D'aquesta manera cada activitat pot ser considerada completa i no cal consultar les anteriors.

Els experiments poden ser realitzats tant per l'alumnat d'ESO com pels de Batxillerat, però els fulls de respostes estan preparats d'acord amb el nivell. Els anomenats *E#* són destinats a l'alumnat d'ESO i els anomenats *B#*, a l'alumnat de Batxillerat.

Als fulls de l'alumne/a, a l'apartat del procediment es distingeix el **què** han de fer del **com** l'han de fer amb els símbols d'una mà oberta (🖐️ compte!, atura't un moment i pensa) i un interrogant (❖ com he de procedir?).

Com que s'ha volgut reduir al màxim l'extensió escrita del full de l'alumnat, el professorat tutor de l'activitat haurà d'explicar els detalls necessaris per completar el procediment. És evident que, quan ho consideri necessari, podrà modificar, reduir o augmentar el contingut ofert d'aquestes activitats en funció d'una optimització de l'aprenentatge.

## **Coneixement del sensor de temperatura**

**A1. Quina part del sensor és més sensible als canvis de temperatura?**

**A2. És immediat l'equilibri tèrmic?**

**A3. La temperatura de l'aula**

**Altres propostes**

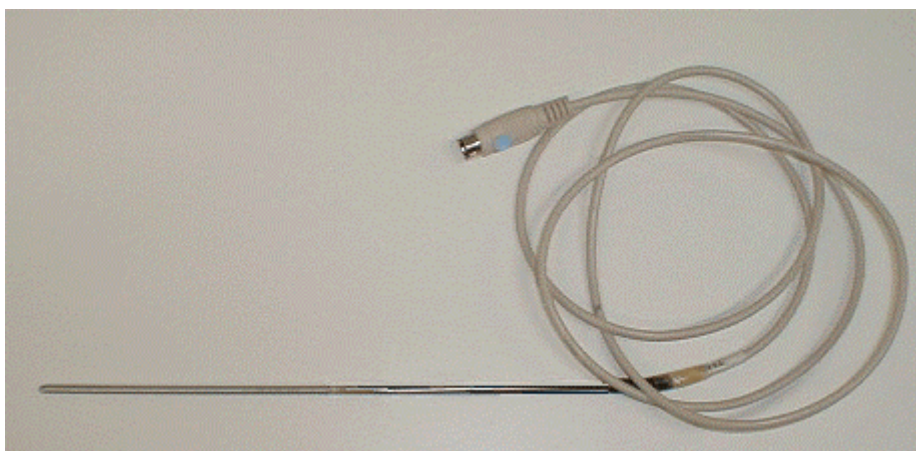
**Fulls d'avaluació i respostes**



## Projecte: Coneixement del sensor de temperatura

Aquest sensor s'utilitza en moltes activitats i és interessant començar fent-ne algunes que ens permetin saber detalls del seu comportament com a instrument de mesura i, a més, iniciïn l'alumnat en el coneixement elemental del programa d'adquisició de dades *Multilog* i en el muntatge de la interfície i dels sensors.

En principi es pot pensar que el sensor de temperatura funciona com a un termòmetre de mercuri o alcohol, la qual cosa és certa, ja que en tots dos casos s'ha d'assolir l'equilibri tèrmic entre el material del sensor i la substància la temperatura de la qual volem mesurar, però res ens indica quina és la zona del sensor equivalent al bulb del termòmetre.



La part visible del sensor de temperatura és una vareta metàl·lica sense diferències en el seu aspecte. Ara bé, quina longitud està preparada per actuar com a sensor? La resposta és important per quant el sensor ha d'introduir-se dins de matrassos o tubs d'assaig; quina longitud, per tant, s'ha de situar dins el recipient per tenir mesures fiables? Aquesta pregunta es contestarà a resultes de la primera activitat.

Sabent, doncs, quina part del sensor és més sensible podem deduir quina longitud ha d'estar en contacte amb el material en estudi. Però hi ha una següent pregunta: És immediat l'establiment de l'equilibri tèrmic? Conèixer la resposta és important ja que, a vegades, es faran mesures simultànies de temperatura i altra magnitud, com la pressió, i cal saber si un retard pot ser causa de possibles desviacions del comportament ideal. L'avaluació de la rapidesa en l'assoliment de l'equilibri tèrmic es farà a la segona activitat.


Per tal de completar l'estudi del sensor es farà una tercera activitat que, en poc temps, permetrà fer una comprovació de les seves possibilitats i iniciar una demanda d'explicacions a un fet conegut, com és la posició relativa de l'aire fred i calent en un recinte com és l'aula.

### ***Preparació general de les activitats***


Una manera d'iniciar el coneixement del programa de captació de dades és utilitzar un sensor senzill que mesuri una magnitud d'ús general i perfectament coneguda per l'alumnat com és la temperatura.


Suposarem que l'alumne ha llegit la introducció i ja coneix les eines mínimes del programa *DB-Lab*.


Si la consola s'ha connectat correctament al corrent i a l'ordinador i el sensor està connectat a ella, només cal prémer la tecla *On* d'aquesta per a que tot estigui a punt. La interfície fa un auto-test, coneix quins sensors té connectats i passa la informació al programa.

Mitjançant el tauler de control (icona ) donarem una velocitat de mesura de 1 cada segon i un nombre de mesures que doni temps suficient per fer l'activitat sense pressa; un valor de 1000 mesures és vàlid, ja que suposen més de 16 minuts de duració. No importa donar més temps ja que la pressa de dades es pot parar en qualsevol moment.

No cal fer la mesura de temperatura amb més velocitat, ja que, com veurem, el sensor no és tan ràpid ni els fenòmens estudiats amb aquest sensor requereixen més rapidesa.

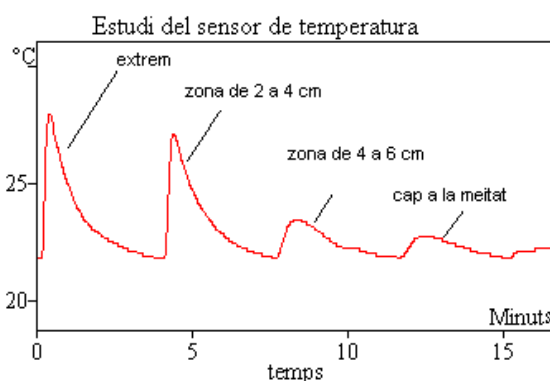
Quan tot sigui a punt premerem la icona , per posar en marxa l'adquisició de dades. Apareixerà una finestra dins la qual es veurà un gràfic lineal que va representant els valors de temperatura en funció del temps (temperatura a l'eix vertical i temps a l'eix horitzontal) amb una rapidesa que correspon a la seleccionada al tauler de control.

Algunes vegades haurem començat l'adquisició de dades i, per qualsevol motiu, no ens interessaran. Pot ser per raó de no tenir el sensor al seu lloc, per què estem fent mesures prèvies de control o per què el gràfic que surt resulta una sorpresa i no sabem què passa realment. Bastarà prémer la icona  i tornar a començar de nou. Els nous valors substituïran els anteriors.

A continuació se seguiran les instruccions donades a cada activitat i, finalment, es desaran les dades obtingudes en un fitxer al disquet de treball personal (icona ).

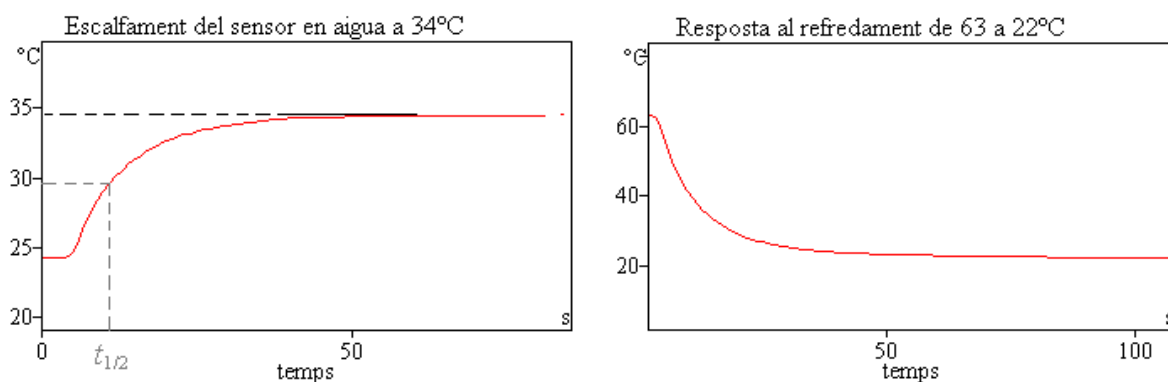
Convé recordar que el programa permet simular la captació de dades i reproduir el gràfic com si s'estigués creant al mateix moment, podent variar-se la rapidesa d'execució. Això permet fer les explicacions adients, a posteriori, al moment que es consideri oportú (menú *Veure\Simular execució*).

A l'activitat A1, en la què s'estudia la zona sensible del sensor, s'obté un gràfic com aquest, per a 4 zones estudiades.

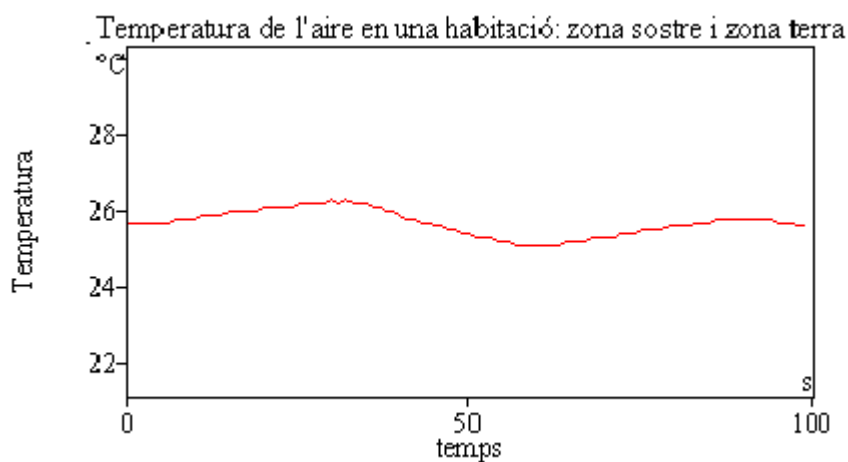


A l'activitat A2, on s'estudia la rapidesa en assolir l'equilibri tèrmic, es pot comprovar que aquest no és immediat, tarda un temps en assolir-se. És costum del fabricant donar com a referència els temps  $t_{1/2}$ , temps que tarda en arribar a la meitat de la variació total existent.

Per a l'alumnat de Batxillerat es pot deduir l'equació de l'exponencial de refredament i escalfament.



A l'activitat 3, on es fan unes mesures a l'aula, podem obtenir un gràfic com el següent dependent de l'ocupació actual o prèvia de l'aula o de l'època de l'any.



Si és possible el tractament de les dades es farà al mateix laboratori, en acabar l'activitat. Si no fos possible, es pot continuar en un aula amb ordinadors que tinguin instal·lat el programa *Db-Lab*.

Quan s'explica el procediment es comença dient **què** s'ha de fer i, a continuació, s'indica **com** s'ha de fer. Aquesta disposició serà comuna a totes les activitats, al full destinat a l'alumnat.

## **A1. Quina part del sensor és més sensible als canvis de temperatura? (full del professor/a)**

### **Nivell educatiu**

Aquesta activitat està redactada per fer-se amb alumnat d'ESO. És evident que la poden fer alumnes de nivell superior si encara no han treballat amb *Multilog*.

### **Sensor**

Temperatura (-25°C - 110°C)

Paràmetres de mesura: 1 cada segon durant 1000 s

### **Objectius:**

- Conèixer el funcionament elemental del programa.
- Conèixer quina zona del sensor és l'adient per mesurar la temperatura.
- Interpretar els gràfics obtinguts.

### **Fonament teòric**

El fonament teòric és ben senzill. El sensor es posa en contacte amb un medi que està a temperatura superior. Immediatament es comença a establir l'equilibri tèrmic passant energia en forma de calor cap al sensor, el qual augmenta la seva temperatura.

Si el medi està a temperatura inferior la transferència d'energia té lloc en sentit contrari i el sensor perd energia i disminueix la seva temperatura.

### **Material i precaucions**

A més del sensor pot ser convenient guix o retolador que es pugui netejar amb un paper.

El sensor és una vareta prima i llarga, cal tractar-la amb cura per tal de no doblegar-la.

En aquesta activitat fóra convenient agafar la vareta per l'extrem dels cables, on hi ha un plàstic negre.

### **Procediment**

El què volem fer és mesurar la temperatura dels dits quan s'agafa el sensor amb el polze i l'índex doblegat en angle recte. Aquesta mesura es farà en 4 ó 5 llocs diferents del sensor.

Per tant, en primer lloc calen fer unes marques amb el guix o el retolador cada 1'5 o 2 cm a partir de l'extrem, depenent del gruixut dels dits.

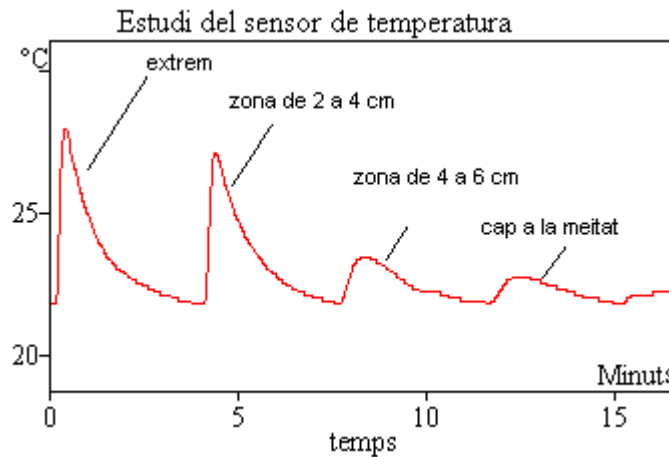
Al programa, i dins del tauler de control, han de seleccionar i acceptar 1 mesura cada segon i 1000 mesures (punts). Amb això hi ha 16 minuts i 40 segons de temps. Si sobra temps es pot aturar l'adquisició de dades.

En marcar els senyals s'haurà agafat el sensor per la part metàl·lica i s'haurà escalfat. Convé començar amb el sensor a temperatura ambient. Així doncs, amb el sensor agafat per l'extrem dels cables, no per l'extrem sensible, posaran el marxa l'adquisició de dades. Deixaran que vagi prenent dades una estona. S'espera fins que el gràfic sigui horitzontal, amb o sense alguna oscil·lació.

A continuació agafaran el sensor per la primera de les zones marcades (0-2 cm) amb els dits polze i índex, doblegat en angle recte, aguantaran 20 segons i deixaran el sensor a la taula o millor, penjant a l'aire sense que cap objecte el toqui. És important respectar aquests 20 s per a totes les mesures que es facin. Cal que es fixin com varia la temperatura.

Quan la temperatura hagi tornat al valor inicial (temperatura ambient) agafaran el sensor per la segona zona (2 - 4 cm) i faran el mateix que abans, mantenint el sensor entre els dits el mateix temps que abans.

Hauran de repetir aquesta operació amb la resta de zones i obtindran un gràfic semblant a aquest:



Posaran un títol (per exemple "*Estudi del sensor de temperatura*"), afegiran informació com pot ser "*hem agafat el sensor amb els dits per 4 zones i l'hem deixat refredar a l'aire*".

Recordeu, el botó  permet accedir al quadre de diàleg corresponent.

Finalment desaran les dades al disquet amb un nom (per exemple, *T\_compor*).

## A1. Quina part del sensor és més sensible als canvis de temperatura? (full de l'alumne)

### Sensor

Temperatura. Paràmetres de mesura: 1 cada segon durant 1000 s

### Fonament teòric

El sensor es posa en contacte amb un cos que està a diferent temperatura. Immediatament es comença a establir l'equilibri tèrmic passant energia en forma de calor del cos més calent al més fred. El gràfic ens donarà una representació de la temperatura del sensor.

### Objectius:

- Conèixer el funcionament elemental del programa.
- Conèixer quina zona del sensor és l'adiant per mesurar la temperatura.
- Interpretar els gràfics obtinguts.
- Fer prediccions en situacions semblants a les estudiades

Tota la vareta del sensor és equivalent per mesurar temperatures?

### Material i precaucions

El sensor és una vareta prima i llarga, cal tractar-la amb cura per tal de no doblegar-la. Agafeu la vareta per l'extrem dels cables, on hi ha un plàstic negre.

### Procediment



El què heu de fer és mesurar la temperatura dels dits quan s'agafa el sensor amb el polze i l'índex doblegat en angle recte. Aquesta mesura la fareu en 4 ó 5 llocs diferents del sensor. Per tant, en primer lloc calen fer unes marques amb el guix o el retolador cada 1'5 o 2 cm a partir de l'extrem, depenent del gruixut dels dits.



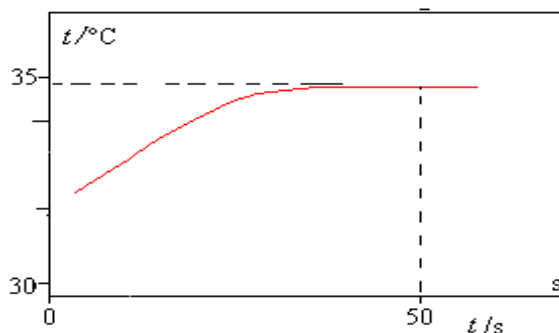
Seguiu les indicacions del professor/a i, en acabar, deseu les dades al disquet amb el nom *T\_compor*.

### Tractament de les dades

1. Feu clic amb el botó esquerre del ratolí en un punt del tram horitzontal. Apareixerà una fletxa i, a sota, el valor de la temperatura. Anoteu-lo: .....
2. Moveu a dreta i esquerra la fletxa arrossegant amb el ratolí o amb les tecles de fletxa (desplaçament més suau). Aneu mirant el valor de la temperatura, *t*, i digueu si és constant o no. Anoteu-ho:
3. Mitjançant les eines del programa determineu quina ha estat la variació de temperatura en les 4 o 5 zones en que heu dividit el sensor.  
**1a zona:** °C; **2a. zona:** °C; **3a. zona:** °C; **4rta. zona:** °C

## E1. Conclusions i preguntes finals

1. És estable el sensor de temperatura quan mesura un valor constant? Raona-ho
2. Tota la longitud del sensor és equivalent? Quina part del sensor és més sensible als canvis de temperatura? En quina observació et bases per aquesta decisió?
3. Quina longitud del sensor creus que convindrà posar en contacte amb la substància de la qual hagi de mesurar-se la temperatura? Perquè?
4. Al següent gràfic, podem afirmar que la temperatura roman constant als voltants dels 50 segons? Raona la resposta



5. Aquest sensor arriba immediatament a assolir el valor de temperatura dels dits? Raona-ho.
6. Creus que aquest termòmetre funciona de manera semblant als de vidre que tenen mercuri o alcohol colorit?

## A2. És immediat l'equilibri tèrmic? (Full del professor/a)

### Nivell educatiu

Aquesta activitat està redactada per fer-se amb alumnat d'ESO. Hi ha una proposta de tractament específica per a Batxillerat.

### Sensor

Temperatura (-25°C-110°C).

Paràmetres de mesura: 1 mesura cada segon durant 1000 segons

### Objectius:

- Revisar el funcionament elemental del programa.
- Estudiar la rapidesa amb que el sensor assoleix la temperatura final.
- Interpretar els gràfics obtinguts.
- Fer prediccions de la variació de temperatura en fenòmens semblants

### Fonament teòric

El sensor es posa en contacte amb aigua calenta. Immediatament es comença a establir l'equilibri tèrmic passant energia en forma de calor cap al sensor, el qual augmenta la seva temperatura.

Quan el sensor calent estigui en contacte amb l'aire el procés serà l'invers, l'establiment de l'equilibri tèrmic suposarà un pas de calor cap a l'aire i la temperatura del sensor disminuirà.

Però, aquesta transferència d'energia amb quina rapidesa es fa?

### Material i precaucions

A més del sensor, es necessita:

- un vas de precipitats de 250 cm<sup>3</sup>. Amb aigua fins la meitat, si el grup l'ha d'escalfar,
- una placa calefactora o aigua calenta (60°C) que es reparteix a cada grup,
- un termòmetre d'alcohol.

El sensor és una vareta prima i llarga, cal tractar-lo amb cura per tal de no doblegar-lo.

És convenient agafar la vareta per l'extrem dels cables, on hi ha un plàstic negre.

Manipular amb cura el termòmetre de vidre, tenir cura que no rodi sobre la taula.

Compte amb l'aigua calenta i amb la placa calefactora que tindrà temperatura superior a la de l'aigua.

No han d'agafar el vas calent amb les mans, millor deixar que es refredi abans de buidar-lo.

### Procediment

Abans de tot es demanarà una predicció de com creuen que variarà la temperatura quan posin el sensor dins l'aigua i quan el treguin. Han de mesurar la variació de temperatura del sensor dins l'aigua calenta i fora, amb el sensor penjat a l'aire.

En començar les mesures l'aigua ha d'estar a uns 60°C i la placa calefactora, si l'han fer servir, desconnectada. Per tant, abans de res, es farà una o altra cosa d'aquestes:


- Preparar el vas amb aigua fins la meitat, posar-lo sobre la placa calefactora, connectar-la, introduir el termòmetre de vidre (no el sensor) dins l'aigua, esperar que assoleixi els 50°C, desconnectar la placa, esperar que la temperatura s'estabilitzi (potser segueixi augmentant).




- Omplir el vas amb aigua calenta, escalfada amb antelació, posar dins el termòmetre (no el sensor) per saber la temperatura correcta de l'aigua.

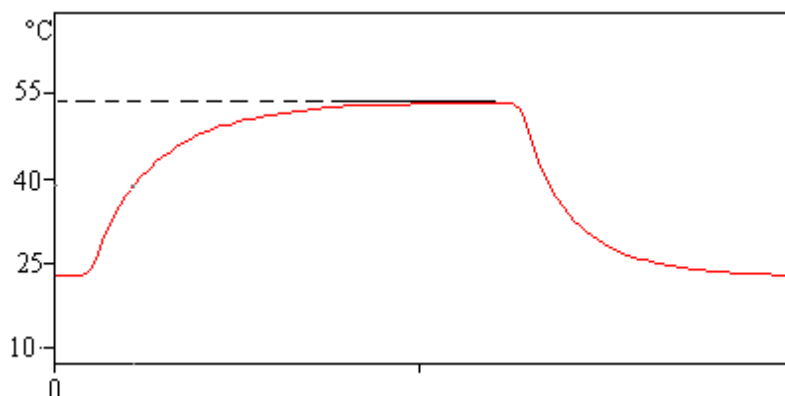
Cal que anotin el valor de la temperatura donada pel termòmetre.  $t$  (aigua) =..... °C


Mentrestant, posaran en marxa *DB-Lab*. Al programa, i dins del tauler de control, cal seleccionar i acceptar 1 mesura cada segon i 1000 mesures. Amb això hi ha 16 minuts i 40 segons de temps. Si sobra temps es podrà aturar l'adquisició de dades.

Abans de posar el sensor dins l'aigua ha de romandre uns segons a temperatura ambient, així doncs, premeran el botó de començar () , amb el sensor agafat per l'extrem dels cables, deixaran uns segons que mesuri la temperatura de l'aula i després l'introduiran dins l'aigua calenta.

Miraran el gràfic que es va dibuixant a la pantalla i esperaran que el sensor arribi a una temperatura que es pugui considerar constant (tram horitzontal). Anotaran la temperatura actual del termòmetre:  $t =$  °C.

Trauran el sensor de l'aigua i el deixaran penjat d'un lloc de manera que es vagi refredant en contacte només amb l'aire. En acabar el temps o en prémer el botó () quedarà un gràfic similar a aquest:



Activaran el botó () i escriuran un títol per al gràfic (per exemple, "*Retard del sensor de temperatura*") i la informació que considereu convenient (per exemple, "*Hem posat el sensor en un vas amb aigua calenta i al cap d'una estona l'hem tret i l'hem deixar refredar a l'aire*"). Si volen algun canvi més a la presentació del gràfic el poden fer en aquest mateix quadre de diàleg.

Desaran el gràfic al disquet amb un nom que serveixi de record per exemple,  $T\_Retard$ , que ens ajudaria a recordar que es tracta del *primer fitxer de l'estudi del retard del sensor de temperatura*. Si de cas han de repetir o ampliar la informació i fan una altra mesura similar poden variar el final del nom.

## A2. És immediat l'equilibri tèrmic? (Full de l'alumne/a)

### Sensor

Temperatura. Paràmetres: 1 mesura cada segon durant 1000 segons

#### Objectius:

- Revisar el funcionament elemental del programa.
- Estudiar la rapidesa amb que el sensor assoleix la temperatura final.
- Interpretar els gràfics obtinguts.
- Fer prediccions de la variació de temperatura en fenòmens semblants

Es comporta de manera semblant aquest sensor que un termòmetre de vidre?

#### Fonament teòric

El sensor fred es posa en contacte amb aigua calenta. I, després, el sensor calent es posa en contacte amb l'aire fred. Immediatament es comença a establir l'equilibri tèrmic, iniciant-se una transferència d'energia en forma de calor.

Però, aquesta transferència d'energia amb quina rapidesa es fa?

#### Precaucions

El **sensor** és una vareta prima i llarga, cal tractar-la amb cura per tal de no doblegar-la.

És convenient agafar la vareta per l'extrem dels cables, on hi ha un plàstic negre.

Manipuleu amb cura el termòmetre de vidre, teniu cura que no rodi sobre la taula.

Compte amb l'aigua calenta i amb la placa calefactora.

No heu d'agafar el vas calent amb les mans, millor deixar que es refredi abans de buidar-lo.

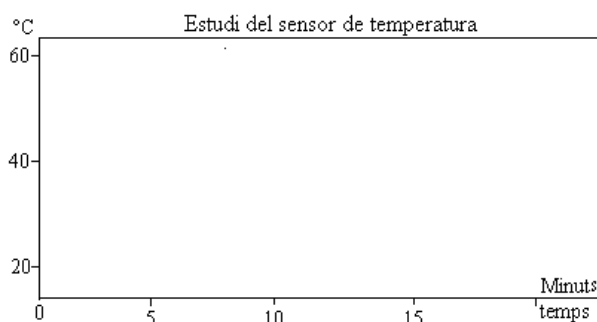
#### Procediment



Heu de mesurar la variació de temperatura del sensor quan es posa dins l'aigua i quan es deixa fora, a l'aire

#### Predicció

Com creieu que variarà la temperatura quan el poseu dins l'aigua calenta i quan el deixeu fora? Feu un gràfic aproximat d'aquesta variació:





#### Mesures

- ◇ Una vegada fet el gràfic demanat recolliu el vas amb aigua calenta i poseu el termòmetre de vidre dins l'aigua.

A continuació, agafeu el sensor per l'extrem dels cables i inicieu la captació de dades. Espereu un minut amb el sensor a l'aire i, a continuació, introduïu el sensor dins l'aigua. Mentre es va fent el gràfic anoteu la temperatura de l'aigua donada pel termòmetre de vidre.

$t_{\text{aigua}} = \dots\dots\dots \text{ }^\circ\text{C}$

Quan el gràfic es pugui considerar horitzontal tragueu el sensor de l'aigua i deixeu-lo penjat d'un lloc de manera que es vagi refredant en contacte només amb l'aire. Continueu mesurant fins acabar el temps o fins que el gràfic torni a semblar horitzontal, en aquest moment podeu prémer el botó ()

Activeu el botó  i escriviu un títol per al gràfic (per exemple, "*Retard del sensor de temperatura*") i la informació que considereu convenient (per exemple, "*Hem posat el sensor en un vas amb aigua calenta i al cap d'una estona l'hem tret i l'hem deixar refredar a l'aire*").

Si tot està fet, deseu el gràfic al disquet amb el nom  $T\_Retard$ .

### Tractament de les dades

1. Amb el botó esquerre del ratolí feu clic en un dels punts de màxima temperatura del gràfic per tal d'obtenir un marcador. Anoteu el seu valor.  $t_{\text{màxima}} = \dots\dots\dots \text{ }^\circ\text{C}$   
Esborreu el marcador fent clic a sobre amb el botó dret del ratolí.
2. Poseu, ara, dos marcadors: el primer a la temperatura inicial, quan estigui a punt de pujar, i el segon a la temperatura màxima. Mireu el valor dels intervals que s'hi indiquen i escriviu el valor de la meitat de l'interval de temperatura.  
Interval de temperatura,  $\Delta t = \dots\dots\dots \text{ }^\circ\text{C}$                       Meitat de l'interval:  $\dots\dots\dots \text{ }^\circ\text{C}$   
Interval de temps:  $\Delta \text{temps} = \dots\dots\dots$  segons.
3. Moveu el segon marcador cap a l'esquerra fins que el valor de l'interval indicat a la finestra gràfica sigui la meitat anotada abans (no cal que sigui el valor exacte, pot ser aproximat). Anoteu el valor de temps que correspon ( $dt$ ).  $t_{1/2} = \dots\dots\dots$  s. Aquest temps és una característica del sensor i el dona el fabricant.
4. Repetiu aquest procediment per a la zona de refredament i anoteu el valor de  $t_{1/2}$ .  
Interval de temperatura,  $\Delta t = \dots\dots\dots \text{ }^\circ\text{C}$                       Meitat de l'interval:  $\dots\dots\dots \text{ }^\circ\text{C}$   
Interval de temps:  $\Delta \text{temps} = \dots\dots\dots$  segons                       $t_{1/2} = \dots\dots\dots$  s
5. Es sembla el gràfic que heu previst amb el que heu obtingut?:  $\dots\dots\dots$

## E2. Conclusions i preguntes finals

Nom del o dels fitxers associats:

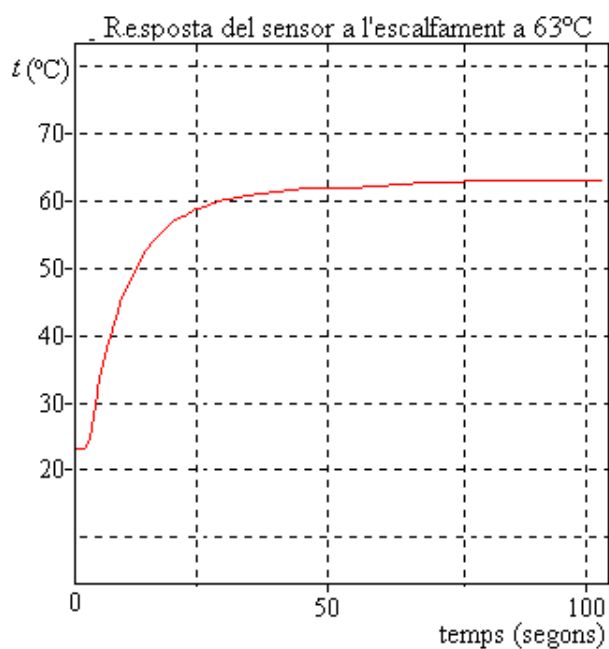
1. Coincideix la temperatura del termòmetre i la del sensor en el moment que aquest assoleix la temperatura màxima?
2. Quant temps ha tardat el sensor en assolir la temperatura de l'aigua calenta? I quant en tornar a tenir la temperatura ambient?
3. Digues una definició de  $t_{1/2}$  i digues el seu valor per al gràfic que has obtingut.

Definició:

$t_{1/2}$  (escalfament) =

$t_{1/2}$  (refredament) =

4. Es comporta de manera semblant que els termòmetres de vidre? Posa un exemple que ho pugui demostrar.
5. Determina el valor aproximat de  $t_{1/2}$  en aquest exemple



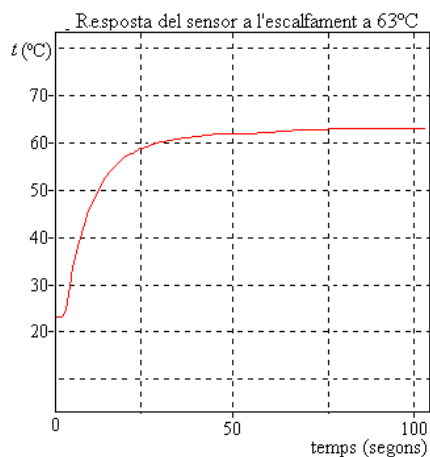
## B2. Conclusions i ampliació del tractament de dades.

1. Digues una definició de  $t_{1/2}$  i determina el seu valor per al gràfic obtingut

Definició:


$$t_{1/2} =$$

2. Determina el valor aproximat de  $t_{1/2}$  en aquest exemple





3. Al gràfic obtingut ( $T_{retard}$ ) posa marcadors al tram de refredament, fes un zoom per a aquest tram i desa les dades amb el nom  $T_{Retar2}$ . Rebutja l'altra finestra i deixa només la modificada. Quedarà una corba decreixent de la qual hauràs de trobar una equació matemàtica. Quina funció matemàtica creus que s'ajustarà millor?

Trams decreixents de: sinusoide, paràbola, exponencial, ...:

4. Activa l'opció de **Processos \ Ajustament de corba** i selecciona el botó . Mitjançant els controls inferiors pots anar variant els valors de les tres constants que hi figuren a l'equació. Es poden canviar els valors extrems assignats per defecte i, d'aquesta manera, l'ajust es fa més suau. Escriu l'equació exponencial que més s'ajusta a la corba  $y = a \cdot e^{bx} + c$ ;  $T = a \cdot e^{bt} + c =$

$$a = \quad b = \quad c =$$

Escriu l'equació per a la variació de temperatura:  $\Delta T =$

En acabar, prem el botó  per afegir la corba a la finestra. Posa un títol i comentaris a la finestra (botó ). Desa les dades amb el mateix nom ( $T_{Retar2}$ ).

Quines unitats tenen les constants  $a$ ,  $b$  i  $c$ ? Què signifiquen?

$a$ :  $c$ :

$b$ :

### **A3. La temperatura de l'aula (full per al professor/a)**

#### **Nivell educatiu**

Aquesta activitat està redactada per fer-se amb alumnat d'ESO. És evident que la poden fer alumnes de nivell superior.

#### **Sensor**

Temperatura (-25°C-110°C).

Paràmetres de mesura: 1 cada segon durant 1000 segons.

#### **Objectius:**

- Fer prediccions de temperatura en situacions semblants..
- Interpretar els gràfics obtinguts.
- Interpretar els resultats obtinguts mitjançant un model senzill de la matèria.

#### **Fonament teòric**

El sensor es posa en contacte amb l'aire de l'aula. Es comença a establir l'equilibri tèrmic mitjançant transferència d'energia (calor) cap el sensor o des del sensor, segon el lloc on es situï aquest.

Hi ha la mateixa temperatura en tots els punts de l'aula?

#### **Material i precaucions**

Sensor de temperatura.

El sensor és una vareta prima i llarga, cal tractar-la amb cura per tal de no doblegar-la. És convenient agafar la vareta per l'extrem dels cables, on hi ha un plàstic negre.

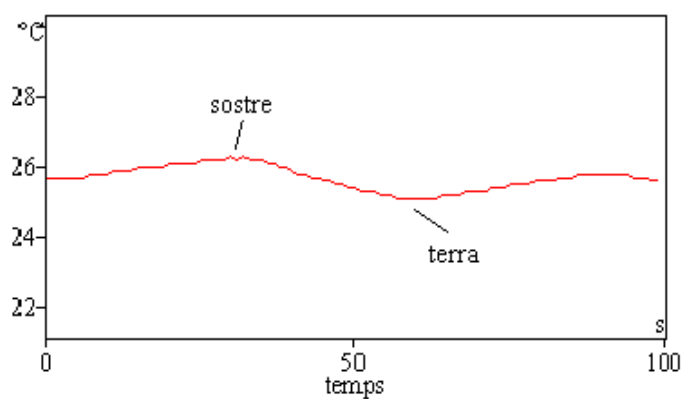
#### **Procediment**

Es pot demanar a l'alumnat que faci una predicció de valor de temperatura en dos punts concrets de l'aula, per exemple, a prop del sostre i a prop de terra.

Segon l'època de l'any es poden demanar altres parells de llocs: a prop de la finestra i al mig de l'aula; a prop d'un radiador i a l'altre extrem de l'aula; a un pam sobre un radiador i a un pam al davant; etc.

Si ja han fet la predicció en forma de gràfic o de valors, posaran en marxa el programa i hauran de posar el sensor una estona en cada un dels dos llocs prevists (sostre i terra). Resulta còmode lligar el sensor a un regle per accedir a la zona del sostre i del terra. Cal tenir en compte que el sensor ha d'estar una estona al mateix lloc abans de dur-lo al següent, ja que tarda un temps en establir-se l'equilibri tèrmic. Per tal que siguin representatives aquestes mesures no s'han de fer a prop de fonts de calor

El següent gràfic és un possible resultat de la mesura a prop del sostre i del terra.



Acabades les mesures o una vegada aturada l'adquisició posaran un títol (per exemple, "*Temperatures de l'aula el dia ...*") i algun comentari, per exemple els llocs on s'han fet les mesures en el mateix ordre que hi són al gràfic.

Finalment, desaran les dades amb un nom fàcil de identificar (per exemple, *T\_aula1*).

### A3. La temperatura de l'aula (full per a l'alumne/a)

#### Sensor

Temperatura. Paràmetres de mesura: 1 cada segon durant 1000 segons.

#### Fonament teòric

El sensor es posa en contacte amb l'aire de l'aula. S' estableix l'equilibri tèrmic mitjançant transferència d'energia (calor).

#### Objectius:

- Fer prediccions de temperatura en situacions semblants..
- Interpretar els gràfics obtinguts.
- Interpretar els resultats obtinguts mitjançant un model senzill de la matèria.

Hi ha la mateixa temperatura en tots els punts de l'aula? Per quina raó?

#### Material i precaucions

Sensor de temperatura. Cal tractar-lo amb cura per tal de no doblegar-lo. És convenient agafar la vareta per l'extrem dels cables, on hi ha un plàstic negre.

#### Procediment



Haureu de mesurar la temperatura de l'aula a prop del sostre i a nivell de terra.

Estimeu quina temperatura pot hi haver a prop del sostre i a prop de terra del laboratori.

$$t(\text{sostre}) = \dots\dots\dots^\circ\text{C} \quad t(\text{terra}) = \dots\dots\dots^\circ\text{C}$$



A continuació inicieu la captació de dades. Poseu el sensor un minut a prop del sostre i després altre minut a prop de terra. Repetiu un parell de vegades el mateix.

Acabades les mesures o una vegada aturada l'adquisició poseu un títol (per exemple, "*Temperatures de l'aula el dia ...*") i algun comentari, per exemple els llocs on s'han fet les mesures en el mateix ordre que hi són al gràfic.

Finalment, deseu les dades amb un nom fàcil de identificar (per exemple,  $T_{aula1}$ ).

#### Tractament de les dades

1. Determineu els valors de temperatura en cada un dels llocs on s'han fet les mesures i la diferència entre sostre i terra.

$$t_{\text{sostre}} = \quad t_{\text{terra}} = \quad \Delta t_{\text{sostre-terra}} =$$

2. Heu encertat en la vostra predicció?

Quant a la proximitat dels valors de temperatura:

Quant a la igualtat o diferència de valors entre sostre i terra:



### **E3. Conclusions i preguntes finals**

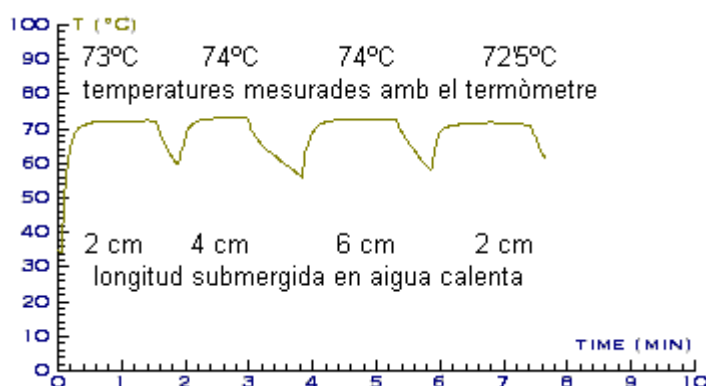
1. Quina zona de l'aula està més calenta?
  
2. Fes una proposta de comportament de la matèria que satisfaci aquesta observació.
  
3. Aquest comportament també el té l'aire de l'atmosfera. Digues alguna conseqüència que ens afecti com a habitants de la Terra.
  
4. Cerca i escriu el significat de *corrents de convecció*. Com explicaries amb aquests corrents la distribució de temperatures de l'aula?.
  
5. On té l'aire més densitat, a ran de terra o a prop del sostre? Raona-ho.

## Altres propostes

- Es poden comparar el termòmetre i el sensor mesurant la temperatura d'aigua calenta introduint tot dos instruments, posats l'un al costat de l'altre (units amb cel·lo o goma o en els forats d'un tap) i submergint-los de dos en dos centímetres dins l'aigua calenta, subjectats a una pinça de bureta o de fusta unida al suport de la manera acostumada..

Es pot determinar si mesuren la mateixa temperatura i quina longitud del sensor ha d'estar en contacte amb l'aigua per donar la temperatura del termòmetre.

S'ha de tenir en compte que algun termòmetre, sobretot d'alcohol acolorit, pot mesurar uns graus de menys a causa d'haver perdut el calibratge per trencament de la columna; en aquest cas es pot veure a l'extrem del capil·lar una petita taca vermella que hauria d'estar unida a la resta de la columna.

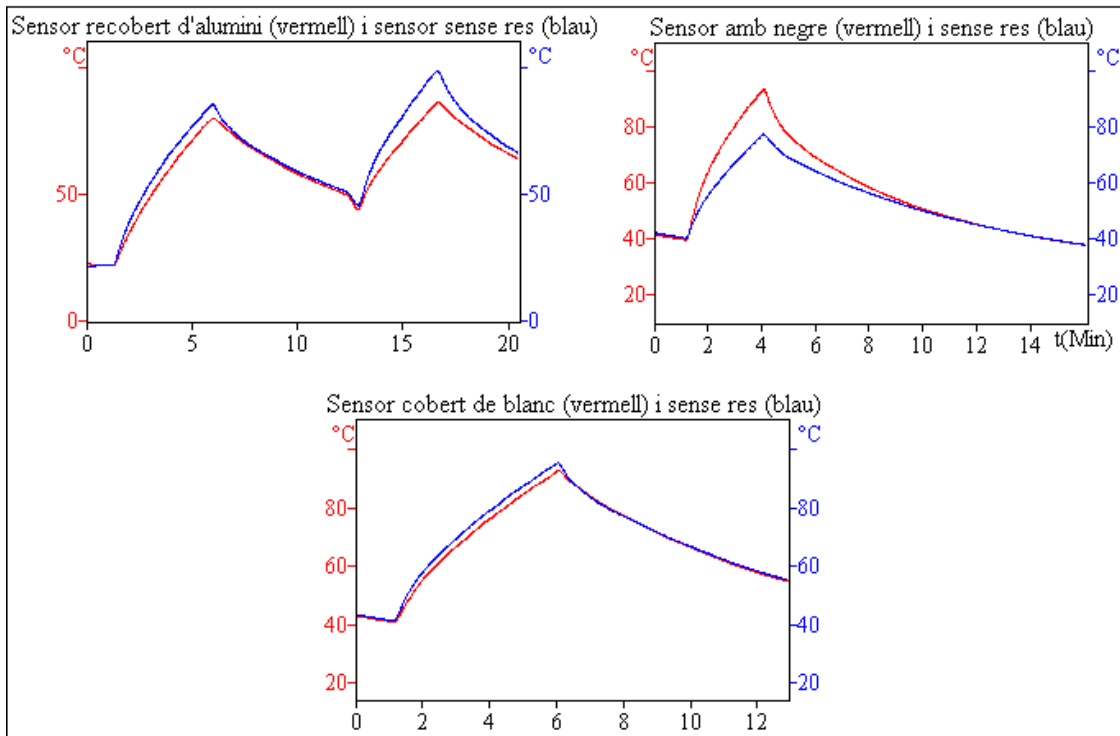


En color verd els valors mesurats pel sensor a diferents fondàries separats per refredaments fets per separar les diferents situacions

Un resultat com aquest demostra que els valors són semblants i que amb una longitud de 2 cm ja dóna la temperatura correcta.

- Depenent de la situació dels ordinadors es pot fer:
  - Un estudi de diferents llocs a una mateixa altura i a diferents alçades. Amb els resultats es pot fer un mapa tèrmic de l'aula amb isoterms o amb codis de color.
  - Es pot estudiar la temperatura al voltant d'un cos humà, a l'estiu.
  - Es pot estudiar la temperatura al voltant d'un radiador, a l'hivern.
- Cobrir 4 sensors amb paper o teixit de diferent color (blanc i negre inclosos) i fer estudis comparatius de la temperatura assolida en un mateix temps situats al mateix lloc (lloc assolellat, a 10 cm davant d'un radiador o d'una bombeta encesa).

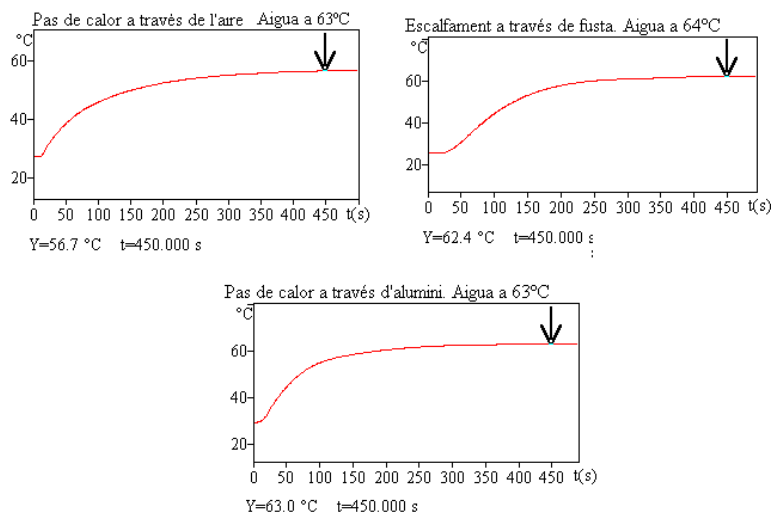
Es van fer tres proves amb dos sensors cada vegada, un dels quals no tenia recobriment. Es van situar a la plataforma d'un projector de cossos opacs, amb 1 cm de separació entre ells. L'aparell té un ventilador continu i l'escalfament es produeix quan es connecta la làmpada de projecció. Les condicions per a la conducció i la convecció van ser les mateixes. Així doncs els canvis s'han de deure, en principi, a la radiació. El recobriment del primer va ser paper d'alumini, del segon paper negre de còpia i del tercer paper blanc. Els resultats van ser:

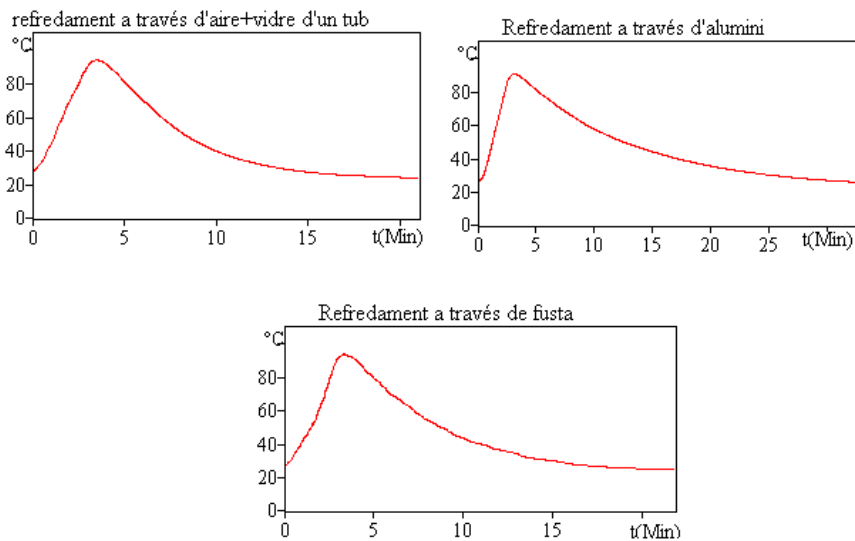


Com es pot comprovar l'alumini té un efecte aïllant en relació al metall del sensor, la qual cosa es pot enllaçar amb el que es diu al punt 9 d'aquestes propostes. És clar l'efecte escalfador del paper negre i de lleugerament aïllant del paper blanc. També es pot observar, sobre tot, al segon gràfic que si el paper negre fa augmentar més ràpidament la temperatura del sensor també la fa disminuir més depressa.

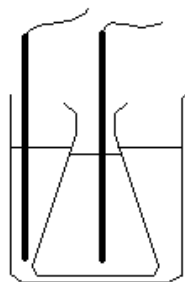
- Es pot estudiar la rapidesa d'escalfament o refredament del sensor quan es cobreix amb un determinat material (fusta, paper, suro, metall, vidre, etc.) i fer comparacions a partir de la corba exponencial obtinguda o del temps  $t_{1/2}$ .

Els següents gràfics indiquen resultats obtinguts amb diferents material i situacions.

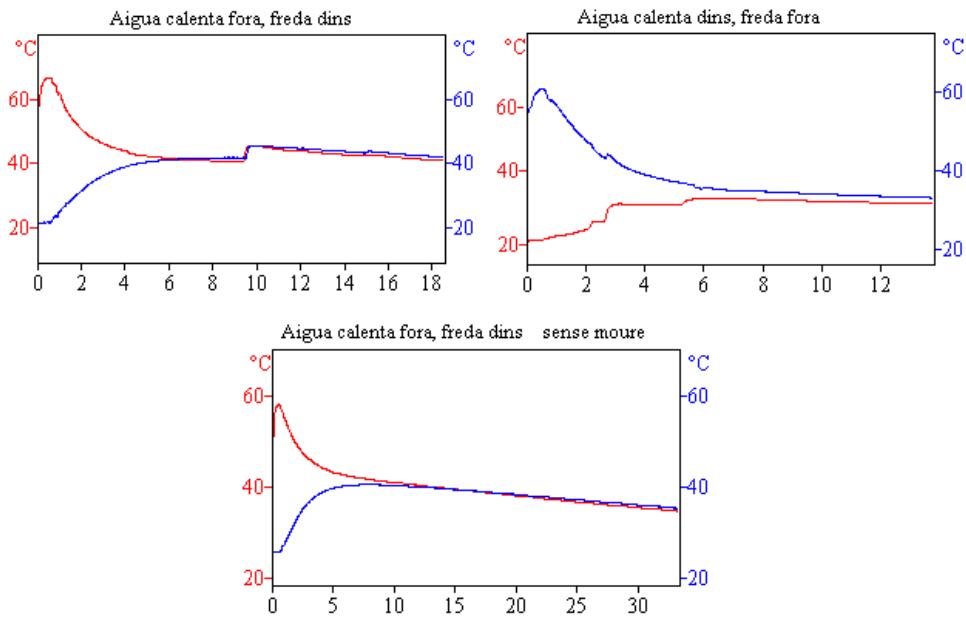




4. Es pot estudiar la rapidesa de refredament de l'aigua calenta d'un vas o llauna aïllada lateralment quan es posa sobre un determinat material (fusta, metall, suro, suro blanc, etc.). Si s'estudia l'aïllament lateral s'ha de fer amb un recipient de poc diàmetre per minimitzar l'efecte aïllant de la mateixa aigua del recipient.
6. Es pot comparar la rapidesa de refredament del sensor quan es cobreix amb una capa de teixit (sec o mullat), s'escalfa fins a 60°C o 80°C i es refreda amb o sense agitació.
7. Sobre la taula hi ha el sensor i un tros de paper de filtre o un mocador de paper, que s'ha deixat sense dir la raó. Es demana a l'alumnat si són capaços de pujar la temperatura del sensor fins a 60°C o més.  
Si es frega el sensor amb el paper s'aconsegueix fàcilment temperatures elevades.
8. Model de bescanviador de calor. Mesurar la temperatura de l'aigua d'un matràs erlenmeyer i de l'aigua d'un vas, de manera que el primer sigui dins el segon (vegeu figura). Determinar la variació de la temperatura als dos recipients, Primer, amb l'aigua calenta a l'erlenmeyer i aigua freda al vas, i després, freda a l'erlenmeyer i calenta al vas.



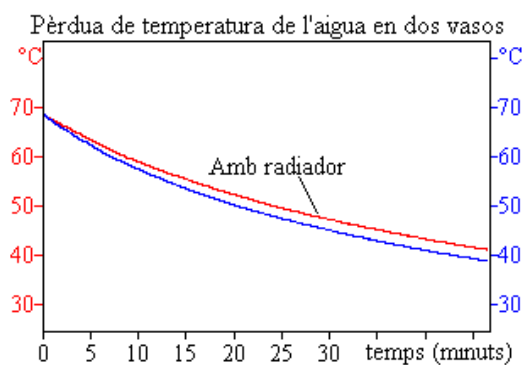
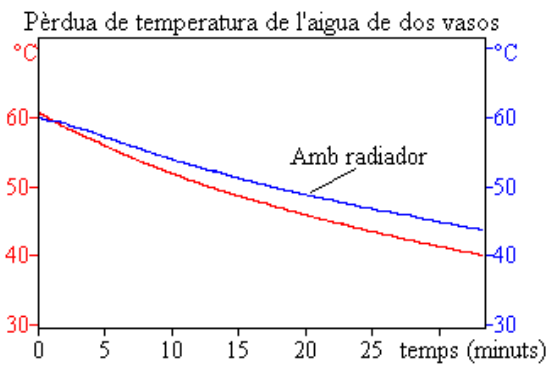
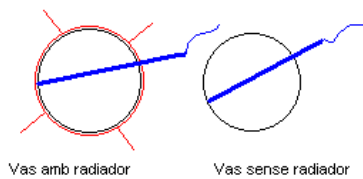
És convenient subjectar el sensor exterior amb una pinça i el de dins amb un tap. S'ha obtingut aquests resultats:



A la primera i segona es va agitar l'aigua i per això hi ha salts al gràfic. Al erlenmeyer hi havia 100 mL i al vas (gran) 200 mL, de manera que en introduir l'eren dins quedava l'aigua al mateix nivell. Fer sense agitació amb els sensor fixats al mateix punt.

Activitat adient per fer prediccions abans de la experimentació. Si es parteix amb aigua a la mateixa temperatura en tots dos casos es pot comparar resultats i demanar alguna raó si la temperatura final és diferent, o perquè es tallen les corbes,

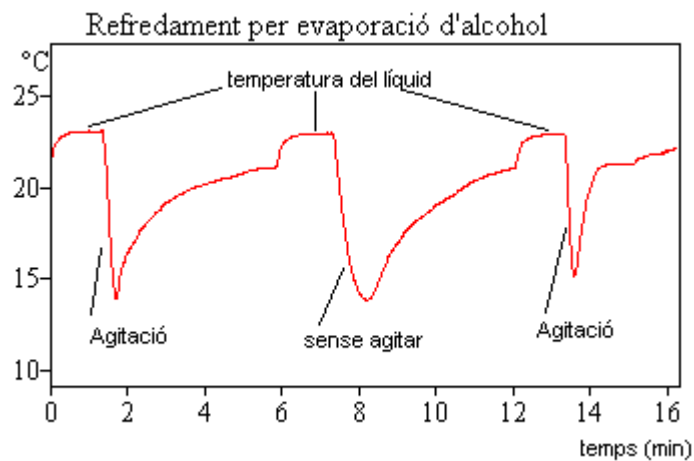
- Model de radiador. Comparar temperatures de l'aigua calenta en dos vasos un dels quals té una mena de paletes radiants fetes amb paper d'alumini. En principi sembla que l'efecte radiador del metall afavoreixi la pèrdua de calor però segons els resultats la hipòtesi ha de ser rebutjada. L'aïllament de l'aire sembla ser pitjor que amb alumini i aire. Pot ser un bon motiu de discussió. Tindrà res a veure la reflexió de radiació en la paret metàl·lica?



Es van intercanviar els sensors per veure si les diferències eren degudes als propis sensors

Refredament de l'aigua amb i sense radiador d'alumini. Dues mesures amb sensor intercanviat.

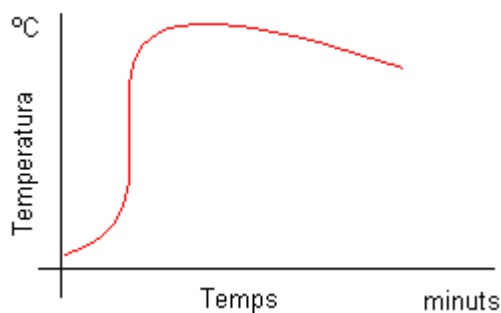
10. La vaporització necessita energia. Es té un vas o proveta amb el líquid volàtil, s'introdueix el sensor i s'espera que assoleixi la temperatura del líquid. A continuació es treu i es deixa que el líquid que mulla el sensor s'evapori. Es pot forçar el procés movent el sensor. Després, es deixa el sensor a l'ambient de l'aula per comprovar que el descens de temperatura no és degut al possible fred de l'ambient. Es pot obtenir un resultat com aquest:



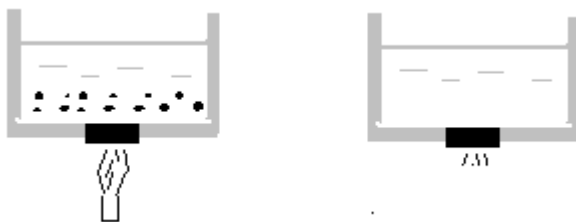
**AE1. Avaluació del Coneixement del sensor de temperatura (ESO)**

1. Suposa que has de mesurar amb el sensor la temperatura de 50 mL d'aigua que s'escalfen en un vas. Tria de l'armari del laboratori el vas adient i digues la raó de la teva elecció.

2. Et diuen que el següent gràfic indica la temperatura mesurada pel sensor després de posar-lo dins aigua calenta. Digues si ho trobes fiable i perquè.

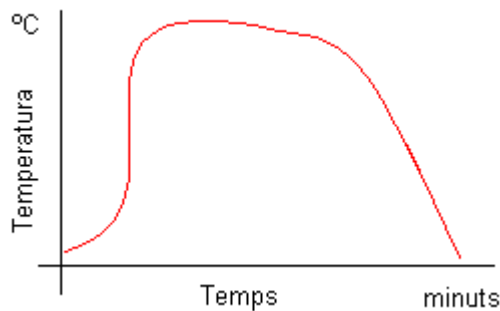


3. Normalment els radiadors de calefacció els posen a la part baixa de l'habitació i, en canvi, els aparells refrigeradors els posen a la part alta. Sabries dir perquè?
4. Explica el significat de la magnitud  $t_{1/2}$  aplicada al sensor de temperatura quan mesura un refredament des de 60°C fins a 20°C.
5. El recipient del dibuix s'escalfa només per la zona del mig (zona gruixuda). El recipient conté aigua i uns quants grans d'arròs. Fes un dibuix de com serien els corrents de convecció que mourien l'aigua i l'arròs.



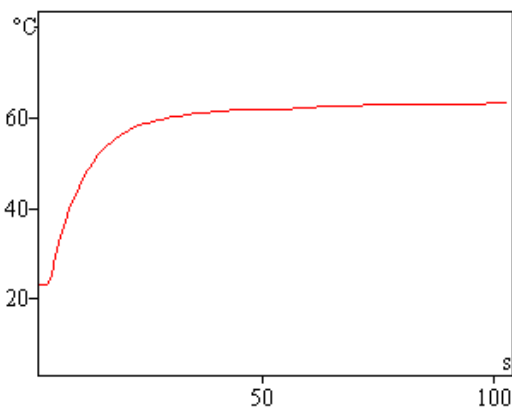
## AB1. Avaluació del Coneixement del sensor de temperatura (Batxillerat)

1. Raona si aquest gràfic pot correspondre a la temperatura mesurada per un sensor després de posar-lo dins aigua calenta i deixar-lo refredar a l'aire.

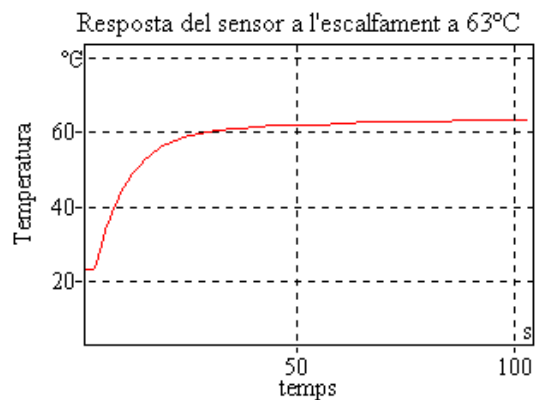


2. Explica el significat de la magnitud  $t_{1/2}$  aplicada al sensor de temperatura quan mesura un refredament des de  $60^{\circ}\text{C}$  fins a  $20^{\circ}\text{C}$ . Fes un gràfic aproximat que compleixi aquest valor per a  $t_{1/2}$ .

3. Com pots passar de la primera finestra a la segona? Indica les icones o les opcions de menú que cal activar.



Gràfic a



Gràfic b

4. Dissena una activitat per comparar el comportament del sensor de temperatura i el termòmetre de mercuri (o d'alcohol) al temps que et permeti saber quina longitud del sensor és la adient per fer les mesures.



## **Full de respostes i comentaris addicionals**

### **E1**

1. Caldrà veure si la línia aparentment horitzontal que resulti de les mesures roman realment horitzontal quan s'amplia el gràfic. Segurament hi haurà una variació de poques dècimes, si n'hi ha.
2. L'extrem terminal del sensor és més sensible. Es basa en l'observació feta de que la temperatura puja més quan s'escalfen els trams de l'extrem.
3. A uns 4 cm.
4. Com que els valors de l'ordenada van des de 30 a 35 hi ha una bona ampliació, podem considerar constant la temperatura, però podria ser que hi hagués diferències de dècimes de grau que no poden distingir-se en el tram horitzontal. Si l'interval de temperatures fos des de 0 a 35 seria més probable la no constància de temperatura.
5. No, triga un temps determinat en arribar a la màxima temperatura mesurada.
6. Prescindint del fonament (dilatació o electrònica) funcionen de la mateixa manera:
  - cal posar-lo en contacte amb el cos que es vol mesurar,
  - cal esperar un determinat temps fins que assoleixi la temperatura del cos.

### **E2**

1. Caldrà comparar els dos valors. Dependrà de la calibratge del termòmetre i del sensor. Normalment el sensor ja ve calibrat de fàbrica. Haurien de donar la mateixa temperatura.
2. Dependrà de cada cas. Cal posar el primer marcador al tram horitzontal inicial (temperatura ambient) però al punt més a la dreta existent. S'haurà de fer el mateix per als altres punts, posant el marcador el més a prop possible de l'interval a mesurar. Per mesurar variacions de temperatura no seria necessari, però sí per a intervals de temps.
3. Temps que triga el sensor en variar la temperatura la meitat de la màxima variació produïda. El valor dependrà de cada cas. Si hi ha dubtes mireu el dibuix de l'activitat corresponent. Potser sigui un valor entre 6 i 8 segons.
4. També els termòmetres de mercuri tarden una estona en assolir la temperatura d'equilibri. Basta recordar el temps que hem de tenir el termòmetre clínic a l'aixella o a la boca.
5. La màxima variació de temperatura és d'uns 40°C. La meitat és 20°C. Per tant, per a  $t_{1/2}$  la temperatura és 23°C + 20°C = 43°C. Quan  $t = 43^\circ\text{C}$  el temps és d'uns 10 segons. Si restem un parell de segons inicials en què el sensor possiblement no estava en contacte amb la substància calenta, tenim uns 8 segons..

### **B2**

1. Temps que triga el sensor en variar la temperatura la meitat de la màxima variació produïda. El valor dependrà de cada cas. Si hi ha dubtes mireu el dibuix de la pàgina 3. Potser sigui un valor entre 6 i 8 segons

2. La màxima variació de temperatura és d'uns 40°C. La meitat és 20°C. Per tant, per a  $t_{1/2}$  la temperatura és 23°C + 20°C = 43°C. Quan  $t = 43^\circ\text{C}$  el temps és d'uns 10 segons. Si restem un parell de segons inicials en què el sensor possiblement no estava en contacte amb la substància calenta, tenim uns 8 segons.
3. Aquests fenòmens compleixen una variació exponencial del tipus  $\Delta y = a \cdot 10^{-bx}$
4. Segon cada cas, si la temperatura inicial és 55°C i la final 25°C podria donar una equació com aquesta:  $y = 30 \cdot e^{-0.016x} + 25$ 

a: interval de temperatura (en aquest exemple, 55 – 25 = 30°C)  
c: temperatura final (en aquest exemple, 25°C)  
b: factor de rapidesa en la pèrdua de temperatura. La seva unitat és la inversa del temps (en aquest exemple, s<sup>-1</sup>).

### E3

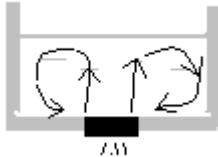
1. De les mesures fetes es de suposar que sigui el sostre. En cas contrari alguna cosa passa.
2. Una resposta possible seria que els gasos calents pugen i els freds baixen. Més elaborada seria la resposta: els fluids calents tendeixen a pujar i els freds a baixar.
3. Els corrents d'aire a les zones costaneres (brises), els moviments d'aire deguts al diferent escalfament del terra en zones més amples, la formació dels núvols, ...
4. Els corrents de convecció són moviments verticals dels fluids (gasos i líquids) deguts a variacions de temperatura. Un gas calent té menys densitat que el mateix gas fred, per tant si hi són a la mateixa habitació el gas calent pujarà i el fred es posarà a sota del calent, com fa el gel respecte de l'aigua. A l'aula els radiadors (a l'hivern) i les persones escalfen l'aire en contacte amb ells, aquest aire disminueix la seva densitat i puja. El volum desallotjat pel gas calent és ocupat pel gas fred. Si el gas fred es calenta (cossos o radiadors) pujarà i com que el gas que ha pujat abans es va refredant tornarà a baixar. Això es repeteix contínuament.
5. Tenint en compte el que s'ha dit abans, a ran de terra tindrà més densitat ja que l'aire està més fred.. 1 litre de gas es dilata quan s'escalfa i per tant ocupa més volum però té la mateixa massa. Això vol dir que la densitat ha disminuït.

### AE1

1. Cal tenir en compte la longitud de sensor submergida, per tant no convindria un vas dels grans; per altra banda per seguretat, si l'aigua s'escalfa a temperatura alta, no és convenient un vas en què els 50 mL arribin a dalt.
2. En tots els exemples estudiats o mostres mesurades mai no ha augmentat la temperatura de manera que el gràfic sigui vertical. Si la unitat de l'eix d'abscisses fos l'hora i l'escalfament tardés uns segons, podria aparèixer com a un tram vertical, però això no és freqüent.. O sigui, no és fiable.
3. L'aire escalfat pels radiadors puja, ja que és menys dens, obligant a baixar l'aire fred, que al seu torn, s'escalfa i torna a pujar. L'aire que ha pujat es refreda, baixa i de nou es torna a escalfar. Així es creen els corrents de convecció.

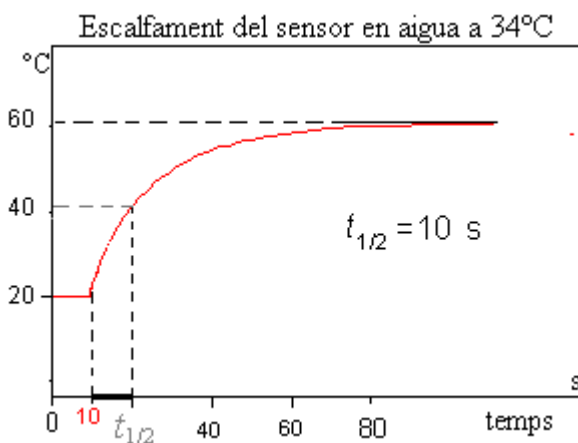
Amb l'aire fred de l'aire condicionat passa el mateix. Per refredar tota l'habitació s'han de originar corrents de convecció: l'aire fred baixa i el calent puja. Si l'aire fred s'originés a ran de terra es quedaria allí i l'aire de la resta de l'habitació no es refredaria.

4. Temps que triga el sensor en variar la temperatura la meitat de la màxima variació produïda, en aquest cas temps que tarda en augmentar 20°C la seva temperatura (dels 20°C fins els 40°C).

5.  L'aigua calenta puja. L'aigua freda dels costats baixa i s'escalfa. L'aigua escalfada que ha pujat es refreda i cau. L'aigua freda que ha baixat s'escalfa i puja. I així contínuament. Els grans d'arròs permeten veure millor aquest moviment de convecció.

### AB1

1. L'interval d'escalfament té un tram vertical i això no ho ha mesurat un sensor de temperatura com el que hem utilitzat. L'interval de refredament té un tram recte i tampoc no és propi d'aquest sensor. Recordeu que les corbes són del tipus exponencial.
2. Temps que triga el sensor en variar la temperatura la meitat de la màxima variació produïda, en aquest cas temps que tarda en augmentar 20°C la seva temperatura (dels 20°C fins els 40°C).



3. La icona o l'opció de menú *Display* o *Presentació* permet accedir a un quadre de diàleg on es pot posar reticle, títol horitzontal (*temps*), títol principal (*Resposta del sensor a l'escalfament a 63°C*), i a característiques de la gràfica es poden variar o afegir nom a l'eix d'ordenades (*Temperatura, °C*).
4. Es pot comparar el termòmetre i el sensor mesurant la temperatura d'aigua calenta introduint tot dos instruments, posats l'un al costat de l'altre (units amb cel·lo o goma o en els forats d'un tap) i submergint-los de dos en dos centímetres dins l'aigua calenta, subjectats a una pinça de bureta o de fusta unida al suport de la manera acostumada..

Es pot determinar si mesuren la mateixa temperatura i quina longitud del sensor ha d'estar en contacte amb l'aigua per donar la mateixa temperatura del termòmetre.

S'ha de tenir en compte que algun termòmetre, sobretot d'alcohol acolorit, pot mesurar uns graus de menys a causa d'haver-se descalibrat per trencament de la columna; en aquest cas es pot veure a l'extrem del capil·lar una petita taca vermella que hauria d'estar unida a la resta de la columna.

## **Coneixement del sensor de pressió**

**A1. Comportament del sensor de pressió.**

**A2. Mesures de pressió de l'aire d'una xeringa**

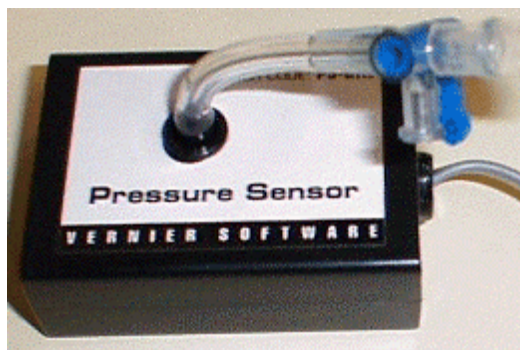
**A3. Pressió a l'interior d'una ampolla de beguda carbònica.**

**Altres propostes**

**Fulls d'avaluació i respostes**

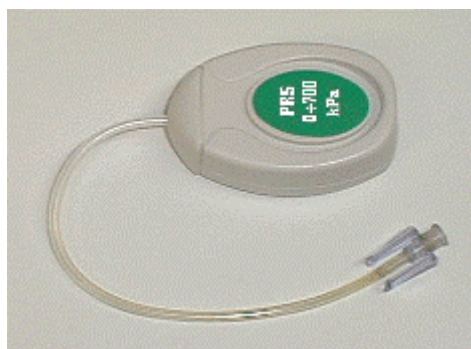
## Projecte: Coneixement del sensor de pressió

El sensor de pressió és un altre sensor d'ús general i semblant per a tots els fabricants. Així doncs, aprofitaré les activitats d'aquest projecte per presentar el programa COACH en la seva vessant de captació de dades i no entraré en les seves possibilitats com a controlador de processos.



Sensor de pressió *Vernier*. Disposa d'una clau de tres vies.

El disseny de les activitats es podran traslladar a un altre programa ja que el funcionament del sensor serà similar, la representació gràfica semblant i el tractament de les dades equivalent encara que mitjançant procediments, icones i menús evidentment diferents.



Sensor de pressió de *Multilog*.

Com es pot veure a les figures, aquests tipus de sensor tenen un tub que connecta el recipient on s'han de fer les mesures amb el dispositiu mesurador. Cal mantenir aquest tub sense humitat per evitar danys interns. Una bona actitud és posar el tub en forma d'U invertida o situar el sensor més alt que el recipient per tal d'evitar el pas de líquids o vapor condensat.

La major dificultat en les mesures de pressió de recipients tancats és precisament el tancament del recipient. Fàcilment poden hi haver fuites o entrades de gas no desitjables que provocaran el fracàs de l'experiència. A més d'utilitzar taps i tubs relativament nous, cal observar una bona neteja. Una manera de tenir més seguretat en l'estanqueïtat és afegir plastilina a les juntes dels taps i lligar amb corda o filferro suau les unions dels tubs.

Una necessitat en aquestes activitats serà la d'introduir tubs de vidre als forats dels taps de goma que els unirà amb el tub del sensor. Després d'un temps de no fer-los servir els taps

de goma perden suavitat i cal anar amb compte al moment d'inserir un tub de vidre. Mullar el forat amb aigua o amb glicerina i emprar un drap per empènyer el tub dins el forat són bons costums.

Aquests sensors mesuren pressió des de 0 atm ( $\approx 0$  bar) fins a 7 atm ( $\approx 7$  bar) per tant no hi ha perill d'ultrapassar el límit en les pràctiques habituals. En matrassos amb tap de goma pot ser que en arribar a 1'5 atm el tap surti llançat si no es subjecta amb la mà o amb altre sistema.

Aquest tipus de sensor normalment ve calibrat de fàbrica.

### ***Preparació general de les activitats***

Amb *COACH 5* es poden dissenyar activitats que es tenen preparades de manera que l'alumne/a comença carregant-les del seu disquet de treball i, només ha d'afegir la tasca pròpia de l'aprenentatge ja que les qüestions tècniques hi són incloses. Una vegada acabada la sessió es desen els resultats al mateix disquet, que pot ser consultat pel professor/a.

Les activitats que s'han preparat fan referència als següents aspectes:

- Mesura de la pressió sense cap recipient. Observació del gràfic.
- Mesura de la pressió en prémer l'èmbol d'una xeringa.
- Quina pressió suporta una ampolla de beguda carbònica?

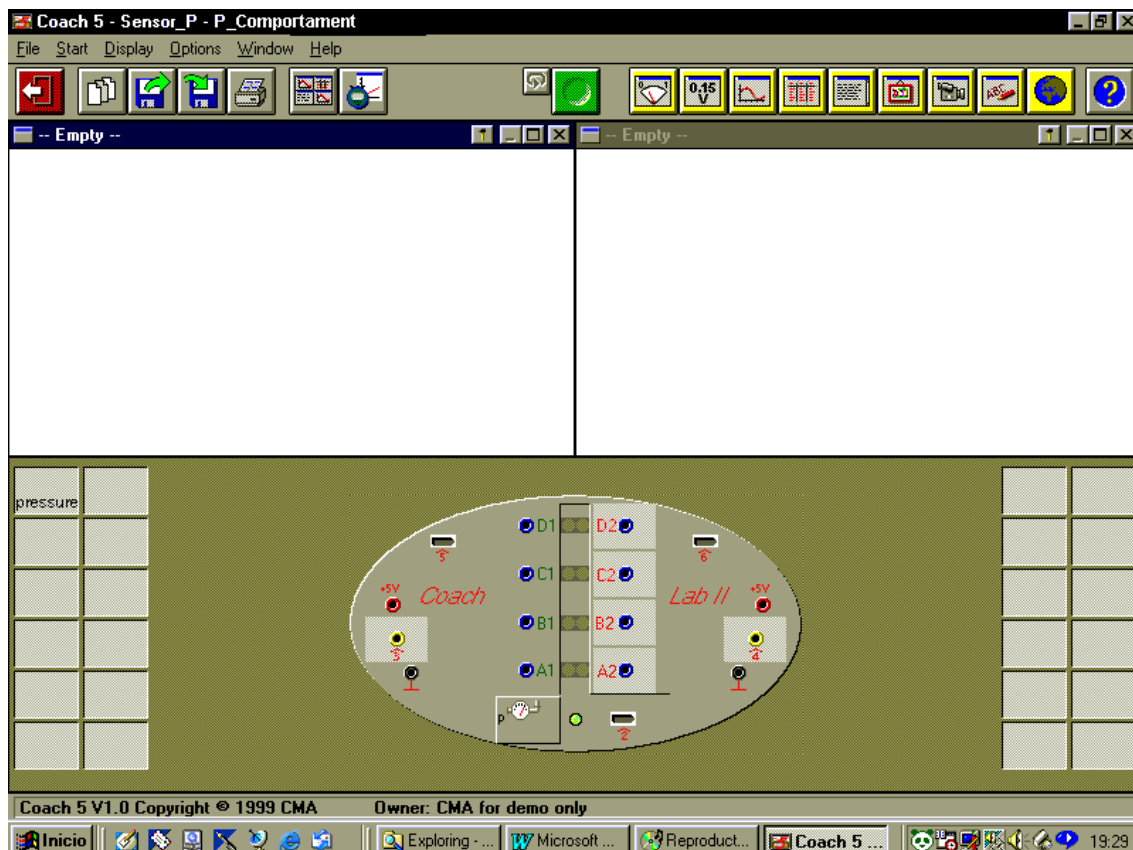
Per començar cal crear un projecte-Coach (l'anomenarem **Sensor\_P**) i dins el projecte caldrà crear les 3 activitats-Coach (anomenades, per exemple, **P\_comportament**, **P\_xeringa**, **P\_cola**).

A l'apartat *Introducció* de l'annex hi ha indicacions per tal de conèixer millor el programa COACH, les quals tenen la missió de recordar com s'ha de procedir però no suposen una llista completa d'accions.

## Preparació de l'activitat A1. Com es comporta el sensor de pressió?

Per fer aquesta activitat no calen més aparells que el propi sensor.

Des de la barra d'ícones o de les opcions de menús hem de crear un projecte (de nom *Sensor\_P*) i una activitat (de nom *P\_Comportament*) amb la interfície *Coach Lab II*. A la pantalla es visualitzarà el model per defecte de l'activitat, segon es pot veure a la següent figura.



Pantalla buida prèvia a la preparació d'activitats. S'ha carregat el sensor de pressió  
El dibuix de la part inferior representa la interfície amb els llocs per als sensors

En fer clic amb el botó dret del ratolí sobre un dels rectangles grisos de l'esquerra, s'inicia la demanda d'un sensor el qual s'ha d'escollir d'un conjunt compatible amb el programa. En aquest cas s'ha escollit el sensor de pressió Vernier. Un dibuix representatiu del sensor s'insereix al rectangle.

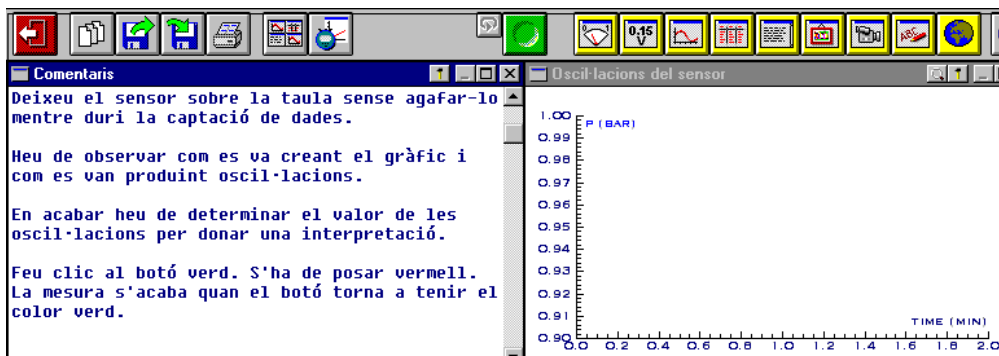
Després cal arrossegar aquesta icona des del lloc on s'ha inserit fins al lloc corresponent a la entrada física on s'ha previst connectar (a la figura, entrada inferior, esquerra, ja que té una connexió de tipus telèfon BT).

Els rectangles situats a la dreta de la pantalla estan destinats als elements de control, als quals corresponen les entrades de la interfície situades al centre del dibuix (anomenades A1, ..., D2).



A continuació hem d'omplir les finestres (al menys 2, les que es veuen a la figura). Depenent de la informació donada o demanada es poden visualitzar 2 o 4 finestres.


Per començar, a la primera finestra introduïrem informació i a la segona prepararem la representació gràfica. Deixarem sense utilitzar les altres dos.

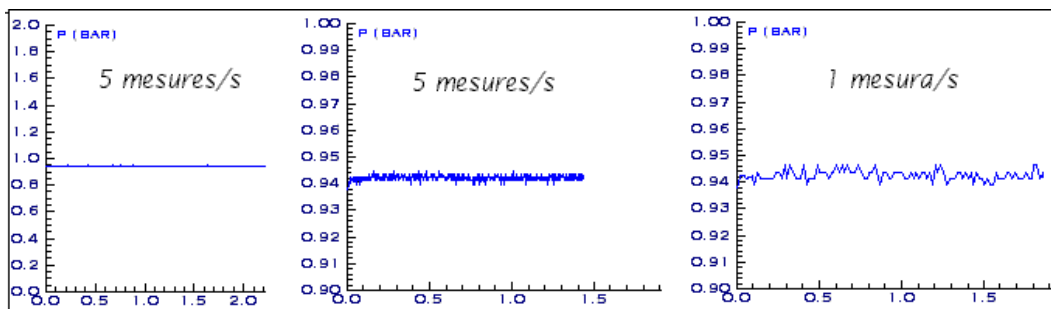


Les dues finestres superiors preparades. S'ha previst una duració de 2 minuts

Els text que es pot incloure a la finestra anomenada *Comentarios* pot ser més llarg.

Abans de la preparació de l'activitat cal decidir quins valors posem als eixos: menú *Create/Edit Diagram*, després de prémer el botó dret del ratolí. L'eix X és, en principi, el temps (C1: *Clock*) i l'eix Y, en aquest cas, serà el corresponent a la magnitud que mesurarem, la pressió (C2: *Analog In 1: Pressure sensor*).

La rapidesa que convé donar a la presa de mesures la decidirem mitjançant el botó . Al quadre de diàleg que es visualitza escollirem el valor desitjat. A la següent figura podem veure el resultat que veurà l'alumne/a segons els valors de l'eix vertical i la rapidesa.



Es pot veure que la tercera gràfica és més adequada per a la interpretació immediata. I més adient per recordar el resultat. De totes maneres les eines del programa permeten obtenir el mateix resultat final.

El programa permet variar l'interval de l'eix de coordenades, amb la consegüent ampliació que comporta. Però més fàcil és aplicar l'opció que apareix en prémer el botó dret quan ens situen sobre el diagrama: *zoom fit*. De l'observació del gràfic podem determinar la variació de pressió existent, però també es pot fer que sigui el programa qui ens doni els valors dels punts extrems. Per a la finalitat que busquem aquí no cal anar més lluny.

Finalment desarem l'activitat amb el nom *P\_comportament*

## A1. Comportament del sensor de pressió (full per al professor/a)

### Nivell educatiu

Aquesta activitat està redactada per fer-se amb alumnat d'ESO. És evident que la poden fer alumnes de nivell superior si encara no han treballat amb *COACH 5*.

### Sensor

Sensor de pressió (0 – 7 bar)

Paràmetres de mesura: 1 mesura per segon durant 10 minuts.

### Objectius

- Conèixer el funcionament elemental del programa.
- Conèixer el comportament del sensor de pressió.
- Interpretar els gràfics obtinguts.

### Fonament teòric

No hi ha cap fenomen que calgui explicar, ja que només s'estudia com respon el sensor a qualsevol mesura que fa.

S'estableix un equilibri de forces entre la deguda a la pressió de l'aire de l'aula i l'existent dins el sensor intern (volum = 1 cm<sup>3</sup>). L'assoliment d'aquest equilibri pot ocasionar una deformació en una part del sensor que dependrà de la diferència de pressions i es tradueix en el valor de sortida.

Com que mesurarem la pressió a l'aula el resultat haurà de ser un valor constant. Però veurem una línia recta horitzontal?

### Material

Res més a part del sensor

### Precaucions

No cal més precaució que la de tractar el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori. No s'ha d'estirar del tub del sensor ja que es podria desenganxar de la part interna.

### Procediment

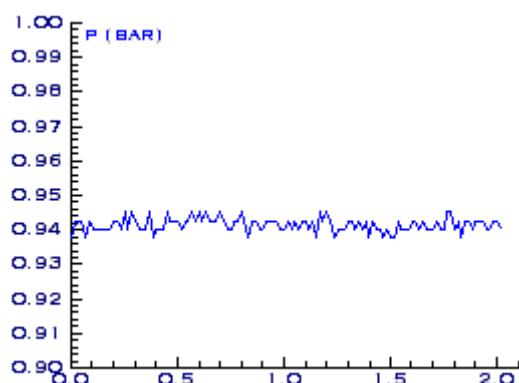
Amb el programa iniciat obriran el projecte-Coach anomenat *Sensor\_P* i faran clic a la icona



per tal d'obrir l'activitat *P\_comportament* del conjunt existent al projecte. A la pantalla apareixerà la finestra amb informació que conté les següents instruccions:

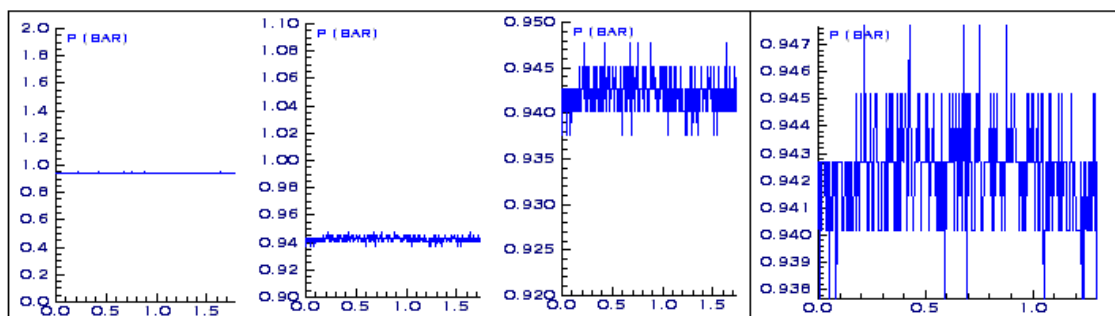
Deixeu el sensor sobre la taula sense agafar-lo mentre duri la captació de dades.  
Heu de observar com es va creant el gràfic i com es van produint oscil·lacions.  
En acabar heu de determinar el valor de les oscil·lacions per donar una interpretació.  
Feu clic al botó verd. S'ha de posar vermell. La mesura s'acaba quan el botó torna a tenir el color verd.

Així doncs, caldrà prémer el botó verd i observar com es va dibuixant el gràfic, que tindrà un aspecte semblant a aquest:



En acabar desaran el resultat amb el nom que el programa proposa *Result of P\_comportament*. Si es vol repetir la mesura i volen desar les noves dades caldrà que afegeixin algun número o lletra per diferenciar (per exemple, *Result of P\_comportament\_2*).

La següent figura indica les possibles visualitzacions que es poden aconseguir per poder mesurar directament al gràfic un valor determinat al moment desitjat.



Tres fases de l'estudi variant els valors de l'eix Y. La quarta correspon a l'opció *zoom to fit*  
Mesures fetes amb velocitat de 5 per segon

## A1. Comportament del sensor de pressió (full per a l'alumne/a)

### Sensor

Sensor de pressió.

### Fonament teòric

Només s'estudia com respon el sensor a qualsevol mesura que fa. Com que mesurareu la pressió a l'aula, el resultat hauria de ser un valor constant. Però, veurem una línia recta horitzontal?

### Objectius

- Revisar el conjunt d'unitats de pressió existents.
- Conèixer el funcionament elemental del programa.
- Conèixer el comportament del sensor de pressió.
- Interpretar els gràfics obtinguts.

És constant la pressió de l'aula?

### Material

Res més a part del sensor de pressió.

### Precaucions


Cal tractar el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori. No s'ha d'estirar del tub del sensor ja que es podria desenganxar de la part interna.

### Procediment



Haureu de mesurar la pressió ambient a l'aula. Haureu, doncs, de deixar el sensor sobre la taula, començar la captació de dades (prement el botó verd) i observar com es va dibuixant el gràfic.



Obriu el projecte-Coach anomenat *Sensor\_P* i feu clic a la icona  per tal d'obrir l'activitat *P\_comportament*. del conjunt existent al projecte. A la pantalla apareixerà una finestra amb informació que heu de llegir.

### Tractament de les dades

1. Amb el punter del ratolí sobre la finestra del gràfic feu clic amb el botó dret i activeu l'opció *Zoom fit* i veureu com el gràfic ocupa tota la finestra. Si cal maximitzeu-la fent clic al control de Windows corresponent. Anoteu els valors d'ordenada mínims i màxims i els que creieu que es repeteixen més.

Valor màxim: ..... bar; Valor mínim: ..... bar

Altre màxim: ..... bar; Altre mínim: ..... bar

Màxima variació observada: ..... bar Variació més freqüent: .....bar

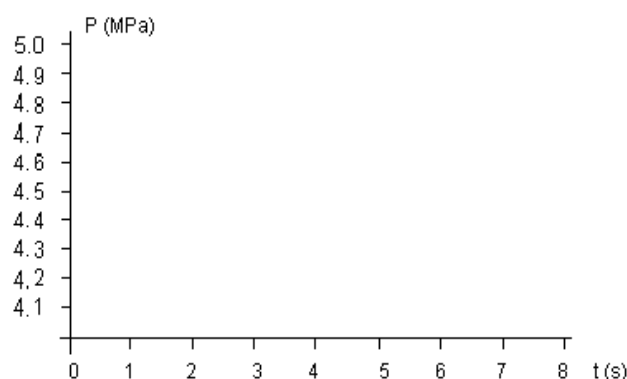
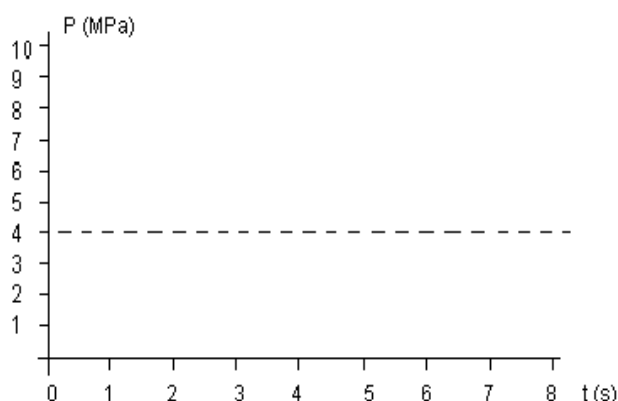
## E1. Conclusions i preguntes finals

- En quines unitats mesura el sensor la pressió? .....  
Quina ha estat la màxima variació de la pressió mesurada a l'activitat?:.....  
I la variació més freqüent?: .....  
Podem dir que la pressió de l'aula és constant? .....  
Dóna una possible raó de l'oscil·lació observada:
- Expressa la variació anterior en **mbar** (mil·libars) i en **hPa** (hectopascals), que també són unitats utilitzades per a la pressió atmosfèrica. Quin significat té el prefix *hecto* que s'ha posat al davant de la unitat *pascal*?
- Quina de aquestes unitats de pressió correspon al Sistema Internacional d'Unitats? Per quina raó s'utilitza l'hectopascal?
- Tenim els següents valors de pressió d'un recipient, mesurats en **MPa**, en vuit segons successius:

4,4 4,5 4,4 4,5 4,6 4,4 4,6 4,5

Has de fer la seva representació gràfica amb aquestes condicions:

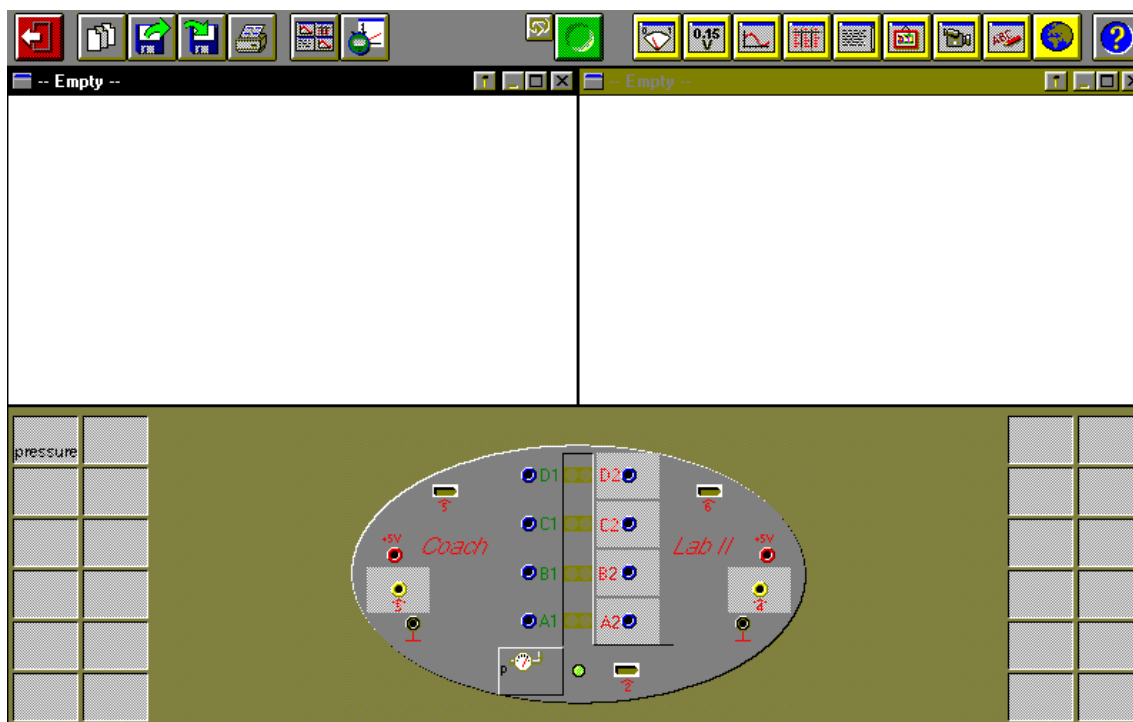
- l'eix d'ordenades ha de començar al valor zero i ha d'acabar al valor 10
- la longitud de l'eix Y per a la seva gràfica al paper ha de tenir 5 cm



- Repeteix la mateixa gràfica quan l'eix d'ordenades va des del 4 fins al 5. Compara-la amb la anterior i fes un comentari (al darrera). Què significa **MPa**?

## Preparació de l'activitat A2. Pressió en una xeringa (P\_xeringa)

Des de la barra de menús o de les icones s'ha d'obrir el projecte *P\_Sensor* i crear l'activitat *P\_xeringa* amb la interfície *Coach Lab II*. A la pantalla es visualitza el model per defecte de l'activitat, segon es pot veure a la següent figura.



Pantalla buida prèvia a la preparació d'activitats. S'ha carregat el sensor de pressió  
El dibuix de la part inferior representa la interfície amb els llocs per als sensors

En fer clic amb el botó dret del ratolí sobre un dels rectangles blancs de l'esquerra, s'inicia la demanda d'un sensor el qual s'ha d'escollir d'un conjunt compatible amb el programa. En aquest cas s'ha escollit el sensor de pressió *Vernier*. Un dibuix representatiu del sensor s'insereix al rectangle.

Després cal arrossegar aquesta icona des del lloc on s'ha dipositat fins al lloc corresponent a la entrada física on s'ha previst.

També es pot aprofitar l'activitat anterior, modificar-la segons les actuals necessitats i desar-la amb el nou nom.

A continuació haurem d'omplir les finestres, i en aquesta activitat omplirem les quatre.

Per començar, a la primera finestra introduïrem informació i la segona la prepararem per a la representació gràfica en temps real. Les altres dos ens serviran per afegir dades manualment i fer la representació gràfica d'aquestes dades.

### Primera finestra

Amb el títol de **Comentaris** afegirem la següent informació:

El gràfic del costat correspon al següent:

Amb una xeringa de 50 cm<sup>3</sup> s'ha comprimit ràpidament l'aire fins a 25 cm<sup>3</sup>; s'ha tornat als 50 cm<sup>3</sup> també ràpidament.


S'ha comprimit fins a 34 cm<sup>3</sup> i, a continuació, fins a 22 cm<sup>3</sup>, per tornar als 50 cm<sup>3</sup>

Finalment, s'ha comprimit més lentament fins als 26 cm<sup>3</sup>.

Ara, fareu l'activitat tenint en compte aquest procedir, en els termes que s'indiquen al full que heu rebut.

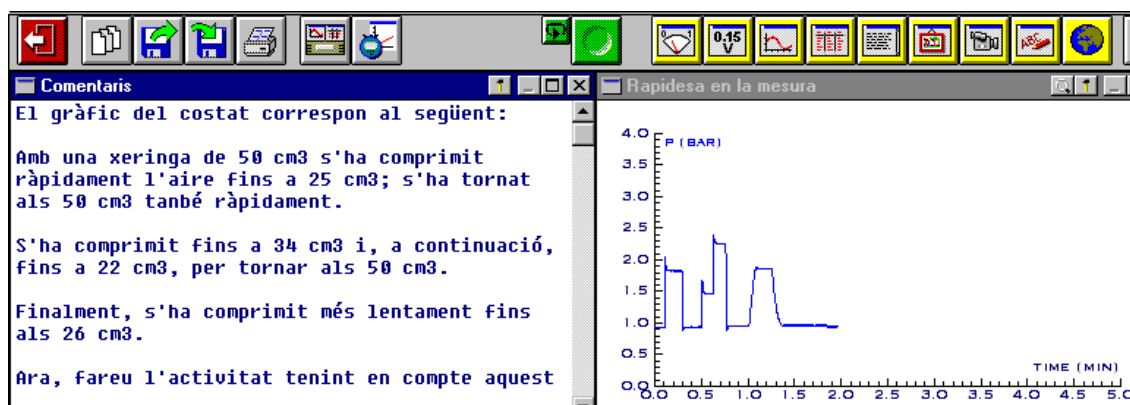
## Segona finestra



El botó  ens permet establir el temps de mesura i el nombre de mesures per segon. Prement el botó dret sobre la finestra buida podrem inserir un gràfic (*diagram*) que tingui la pressió (*Analog In 1*) a l'eix vertical (*first vertical*) i el temps (*clock*) a l'eix horitzontal. Al mateix quadre de diàleg es poden donar els valors màxims que han de figurar als eixos.

Amb aquests paràmetres s'ha preparat el gràfic que apareix a la figura. Aquest gràfic correspon al resultat obtingut seguint les indicacions de la finestra primera.


Així doncs ens quedarà com es pot veure a la figura.



Quan l'alumne/a hagi de començar les mesures haurà d'esborrar les dades d'aquest gràfic (botó dret del ratolí i opció *Erase all values*).

## Tercera finestra



En aquesta finestra inserirem una taula () que s'omplirà més endavant amb valors introduïts manualment i que seran els valors de la pressió mesurada després de cada compressió i el volum fins al qual s'ha comprimit. I, a més, afegirem una altra columna per al producte  $P \cdot V$ , que correspondrà a una columna calculada (*calculated colum*). Això ens obligarà a crear una taula amb noms i valors per a les columnes.

Columna 1 (C1): serà la pressió mesurada ( $P$ , *analog in 1 pressure sensor*),

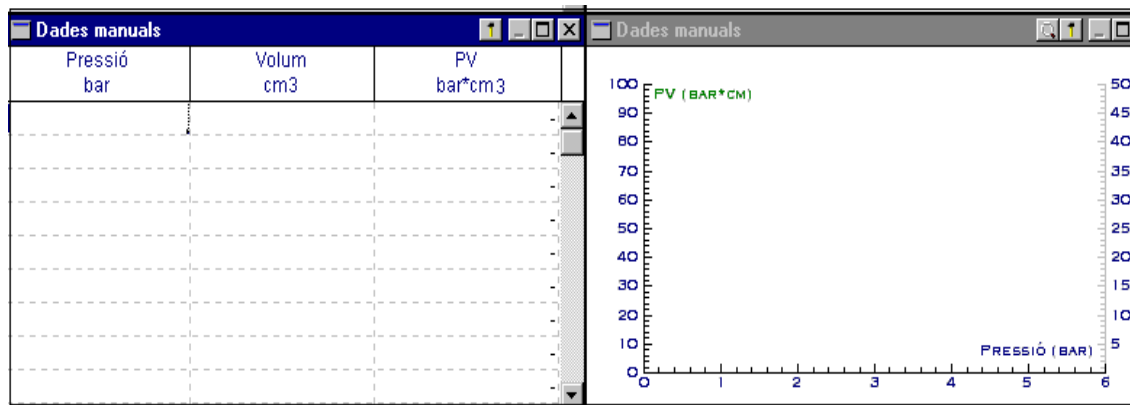
Columna 2 (C2): serà per al valor del volum ( $V$ , *manual input*),

Columna 3 (C3): serà calculada, amb la fórmula de  $p \cdot V$

**Quarta finestra**

Aquí posarem el gràfic corresponent a la taula anterior. Com que no ens interessa que aparegui la representació del volum demanarem color blanc per a la seva gràfica. Es pot prefixar si per a la representació de  $P \cdot V$  volem només punts, línies o ambdues.

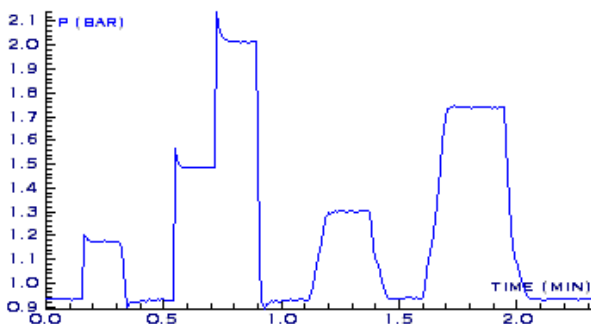
Les dues finestres inferiors quedaran més o menys així:



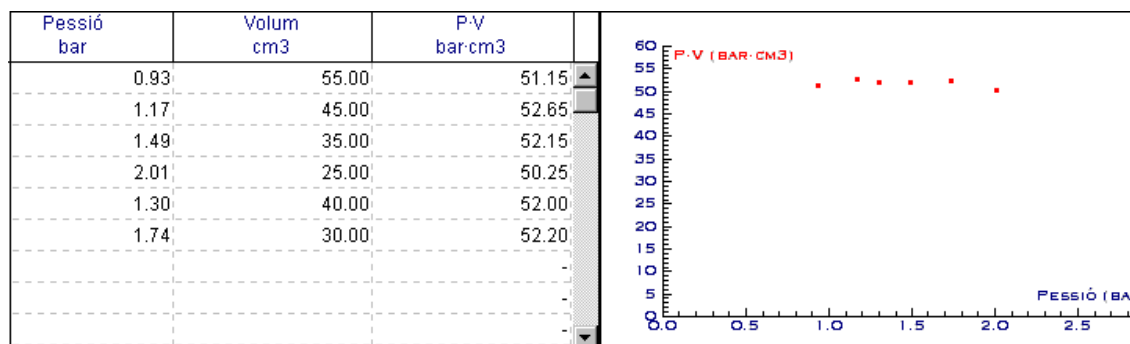
Una vegada preparada l'activitat la desarem amb el nom  $P\_xeringa$ .

L'activitat està llesta.

Un possible resultat seria el que s'indica a la figura següent:



que correspon a aquestes dades de la taula i del gràfic  $PV = f(P)$





## A2. Mesures de pressió de l'aire d'una xeringa (full del professor/a)

### Nivell educatiu

Aquesta activitat està redactada per fer-se amb alumnat d'ESO. És evident que la poden fer alumnes de nivell superior si encara no han treballat amb *COACH 5*.

### Sensor

Sensor de pressió (0 – 7 bar)

Paràmetres de mesura: freqüència 10 mesures cada segon i 5 minuts de duració; si s'acaba abans es para la captació de dades.

### Objectius

- Continuar amb el coneixement del funcionament elemental del programa.
- Estudiar la rapidesa de resposta del sensor.
- Interpretar els gràfics obtinguts.
- Relacionar la pressió amb la força necessària per moure o mantenir premut l'èmbol.

### Fonament teòric

Quan disminuïm el volum de l'aire contingut en la xeringa movent l'èmbol notem que costa fer-ho i que cal fer una força per mantenir-lo al mateix lloc. Això ens indica que l'aire comprimit està empenyent l'èmbol en sentit contrari. Aquesta força apareix com a conseqüència de la diferència de pressions a un i l'altre costat de l'èmbol. La pressió dins la xeringa ha augmentat i el sensor ens fa saber quin valor té.

Però, és ràpid el sensor mesurant la pressió? Trigarà tant com el de temperatura en assolir el valor real del recipient?

Finalment farem un tractament que ens permetrà deduir la relació que hi ha entre la pressió de l'aire interior i el volum que ocupa.

### Material

Sensor de pressió.

Xeringa de plàstic de 50 cm<sup>3</sup>. N'hi ha amb bec que s'ajusta al tub del sensor.

Tub de goma per unir la xeringa i el sensor i cordills per tancar millor les connexions, si la xeringa té un bec diferent.

### Precaucions i consells

Tractar el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori.

No treure l'èmbol de la xeringa si no és necessari, quan estigui connectada al sensor.

Assegurar-se que les unions entre tubs siguin hermètiques.

No estirar el tub del sensor per no desenganxar-lo de l'extrem interior

### Procediment

Hauran d'obrir l'activitat *P\_xeringa* i llegir la informació de la finestra comentaris.

Cal assegurar-se que facin correctament les unions entre el sensor i la xeringa, amb el tub de goma si cal. Això es podrà comprovar si s'observa pèrdua de pressió sense motiu aparent. Primer caldrà tenir l'èmbol de la xeringa en els 50 cm<sup>3</sup> i després hauran de connectar tubs i sensor.

### Com moure la xeringa?

Es tracta de comprimir l'aire de la xeringa i veure com varia la pressió. Hauran de llegir atentament aquest apartat abans d'iniciar la presa de dades o caldrà explicar-lo amb atenció.

- Un component del grup ha d'anotar cada vegada el valor del volum al que s'arriba després de comprimir o expandir.
- Amb la xeringa en 50 cm<sup>3</sup> es posarà en marxa l'adquisició de dades. Esperaran 4 segons.
- Es comprimirà i expandirà la xeringa ràpidament i a poc a poc, de manera que en acabar es tinguin valors de pressió amb volums de 50, 40, 35, 30, 25 i 20 cm<sup>3</sup>, amb uns 5 segons d'espera per a cada valor de volum.
- Finalment, tornaran lentament als 50 cm<sup>3</sup>.

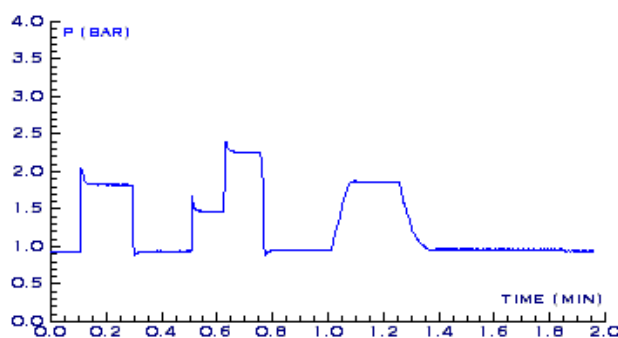
Quan es consideri que han entès això, continuaran llegint.

### Mesures

Amb el punter del ratolí sobre la segona finestra faran clic amb el botó dret i activaran l'opció anomenada *Erase all values*. Amb això deixaran lloc per a les dades que s'han de mesurar.

Amb tot preparat, les connexions ben tancades i la xeringa als 50 cm<sup>3</sup> premeran el botó verd per començar a adquirir dades. Seguiran el que s'ha dit abans en **Com moure la xeringa**.

Si alguna cosa no surt bé, es pot prémer el botó vermell per aturar, esborrar totes les dades i començar de nou. A la finestra obtindran un gràfic d'aquest tipus:



En acabar desaran el resultat amb el nom *Result of P\_xeringa*. Si volen repetir la mesura i desar les noves dades cal que afegixin algun número o lletra per diferenciar (per exemple, *Result of P\_xeringa\_2*).

## A2. Mesures de pressió de l'aire d'una xeringa (full de l'alumne/a)

### Sensor

Sensor de pressió.

### Fonament teòric

Quan es mou l'èmbol per disminuir el volum de l'aire contingut en la xeringa es nota que costa fer-ho i que cal fer una força per mantenir-lo al mateix lloc.

Existeix alguna relació entre la pressió de l'aire interior i el volum que ocupa?

### Objectius

- Continuar amb el coneixement del funcionament elemental del programa.
- Estudiar la rapidesa de resposta del sensor.
- Interpretar els gràfics i taules obtinguts.
- Relacionar la pressió amb la força necessària per moure l'èmbol.

És ràpid el sensor mesurant la pressió?

Quan heu de fer una força més gran per aguantar l'èmbol fix?

### Material

Sensor de pressió.

Xeringa de plàstic de 50 cm<sup>3</sup> amb els tubs de goma i cordills que es necessitin.

### Precaucions i consells

Tracteu el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori.

Assegureu-vos que les unions entre tubs siguin hermètiques.

No estireu el tub del sensor per no desenganxar-lo de l'extrem interior

### Procediment



Es tracta de comprimir l'aire de la xeringa i veure com varia la pressió. Haureu de llegir atentament aquest apartat abans d'iniciar la presa de dades.

### Com moure la xeringa?

Un component del grup mourà l'èmbol i un altre anotarà cada vegada el valor del volum exacte al que s'arribi després de comprimir o expandir.

- Amb la xeringa en 50 cm<sup>3</sup> posareu en marxa l'adquisició de dades. Esperareu 4 segons.
- Es comprimiréu i expandireu la xeringa ràpidament i a poc a poc, de manera que en acabar es tinguin valors de pressió amb volums de 50, 40, 35, 30, 25 i 20 cm<sup>3</sup>, amb uns 5 segons d'espera per a cada valor de volum.

Per exemple,

- Comprimiú ràpidament fins a 25 cm<sup>3</sup> o aproximadament. Manteniu l'èmbol en aquest lloc 5 segons.
- Expandiu més poc a poc fins a 50 cm<sup>3</sup>. Espereu 5 segons.
- Comprimiú ràpidament fins a 30 cm<sup>3</sup>. Manteniu la posició 5 segons. Continueu comprimint fins a 20 cm<sup>3</sup>. Manteniu l'èmbol 5 segons.
- Torneu a 40 cm<sup>3</sup>, manteniu uns 5 segons i, finalment, torneu a 50 cm<sup>3</sup> i espereu 5 segons

- Comprimiu lentament fins a 35 cm<sup>3</sup> i manteniu l'èmbol 5 segons.
- Continueu comprimint lentament fins a 25 cm<sup>3</sup> i aguanteu 5 segons
- Finalment, torneu lentament als 50 cm<sup>3</sup>.

◇ Obriu l'activitat *P\_xeringa* i llegiu la informació de la finestra comentaris. Amb el punter del ratolí sobre la segona finestra feu clic amb el botó dret i activeu l'opció anomenada *Erase all values*. Amb això deixareu lloc per a les dades que s'han de mesurar.

Amb tot preparat i entès, i amb l'èmbol de la xeringa en 50 cm<sup>3</sup>, premeu el botó verd per començar a adquirir dades i comenceu a moure la xeringa com s'ha dit abans.

En acabar deseu el resultat amb el nom Result of P\_xeringa. Si volen repetir la mesura i desar les noves dades cal que afegiu algun número o lletra per diferenciar els resultats (per exemple, Result of P\_xeringa\_2).

### Tractament de les dades

#### Obtenció dels valors de pressió

Amb el punter del ratolí sobre la finestra del gràfic feu clic amb el botó dret i activeu l'opció *Scan* i si no es veu clarament també el botó *Zoom to fit*. Arrossegant sobre el gràfic podreu saber el valor de pressió de cada punt del gràfic. Anoteu els valors de pressió que corresponguin als diferents volums de la xeringa. Cal determinar el valor de pressió que es manté estable durant els 5 segons que heu mantingut estable l'èmbol.

Volum (cm <sup>3</sup> )	Pressions (bar)	Pressió (bar)
50		
40		
35		
30		
25		
20		

Si d'algun volum teniu més d'un resultat, escriviu-los a la segona columna i poseu la mitjana a la tercera columna.

#### Taula de valors i gràfic PV

Anoteu aquests valors a la taula que figura a la tercera finestra de l'activitat. Feu doble clic sobre una casella, introduïu el valor i accepteu-lo amb la tecla INTRO o RETURN. Feu el mateix per a tots els valors de volum i de pressió. Observeu el valor que es calcula a la tercera columna i com es dibuixa el gràfic a la quarta finestra.

## E2. Conclusions i preguntes finals

1. Raona si el sensor de pressió és o no ràpid en assolir el valor a mesurar.
2. Al gràfic obtingut a la segona finestra de l'activitat podem veure que apareixen uns pics coincidents amb el moment de fer la ràpida compressió de l'aire. Dóna una raó per als pics.
3. Després d'analitzar els valors de pressió i de volum anotats a la taula, completa aquesta frase:  
 A mesura que la pressió ..... el volum ..... de manera que el producte  $P \cdot V$  es manté aproximadament .....
4. Per a quins valors de pressió s'ha fet més força per mantenir l'èmbol fix? I per a quin valor s'ha fet menys força? Creus que hi ha alguna relació entre la força que es fa i el volum d'aire de la xeringa?

5. Calcula la mitjana aritmètica dels valors de la columna  $P \cdot V$  de la taula i escriu una equació matemàtica que signifiqui el mateix que la frase de la pregunta 3.

Mitjana = ..... bar·cm<sup>3</sup>

A l'experiència realitzada podem dir que .....(equació).....

6. Quina raó podries donar per a què en una altra experiència amb la mateixa xeringa s'hagin obtingut aquests valors per al producte  $P \cdot V$ ?

Pressió (bar):	1	1'5	2	2'5	3	4
Volum (cm <sup>3</sup> ):	50	33	25	16	12	8
$P \cdot V$ (bar·cm <sup>3</sup> )	50	49'5	50	40	36	32

Raó: .....

Ara, completa la mateixa frase d'abans però indicant una condició que s'ha de complir.

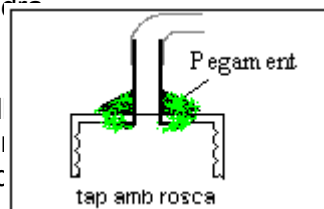
A l'experiència realitzada i sempre que ..... podem dir que .....

.....

## Preparació de l'activitat: Quina pressió suporta una ampolla de beguda carbònica? (P\_cola)

En aquesta activitat volem mesurar la pressió a l'interior d'una ampolla petita de beguda carbònic considerant que es pot sacsejar o escalfar. La pressió exacta dependrà de l'efectivitat del tancament del recinte.

Si no es disposa d'un tap foradat adient amb tub de vidre, caldrà un sistema d'unió de la boca de l'ampolla al tub del sensor. pot utilitzar el tap d'altra ampolla idèntica al qual s'haurà fet forat i enganxat amb pegament epoxi un tub de vidre o, millor, d'alumini que es pugui obrir una mica per l'extrem que ha d'arribar a l'interior del tap. Aquest tub s'unirà al tub de goma que connecta amb el del sensor.



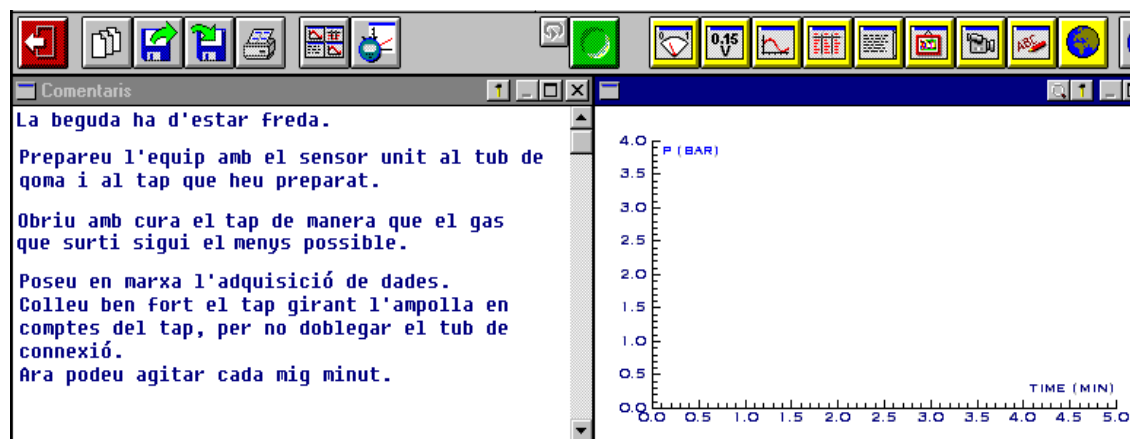
Uns cordills o filferro ben ajustats permetran assegurar la unió.

Podrem aprofitar alguna de les activitats anteriors, per exemple la segona, esborrant el contingut de la primera finestra (Comentaris) i eliminant la tercera i la quarta (fent clic al control de Windows de *Tancar finestra* (☐☐☒)). Com que la duració és de 5 minuts i la pressió dels eixos de coordenades arriba fins als 4 bars, podem aprofitar-la.

El text que afegirem a la primera finestra podria ser:

La beguda ha d'estar freda.  
 Prepareu l'equip amb el sensor unit al tub de goma i al tap que heu preparat.  
 Obriu amb cura el tap de manera que el gas que surti sigui el menys possible.  
 Poseu en marxa l'adquisició de dades.  
 Colleu ben fort el tap girant l'ampolla en comptes del tap, per no doblegar el tub de connexió.  
 Ara podeu agitar cada mig minut.

Quedarà així:



La segona finestra servirà per fer prediccions i, després, per representar el gràfic obtingut, en temps real.

Finalment, es desa l'activitat amb el nom *P\_cola*.

### **A3. Pressió a l'interior d'una ampolla de beguda carbònica (full per al professor/a)**

#### **Nivell educatiu**

Aquesta activitat està redactada per fer-se amb alumnat d'ESO. És evident que la poden fer alumnes de nivell superior.

#### **Sensor**

Sensor de pressió (0 – 7 bar)

Paràmetres de mesura: 5 mesures cada segon, durant 5 minuts

#### **Objectius**

- Continuar amb el coneixement del funcionament elemental del programa.
- Determinar la pressió a l'interior de l'ampolla.
- Interpretar els gràfics obtinguts.
- Predir valors de la pressió interior en una ampolla de gasosa.

#### **Fonament teòric**

El gas d'una beguda carbònica és diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) soluble en aigua.

La solubilitat del gas depèn de la pressió exterior, de la temperatura i de l'agitació. L'agitació produeix una sortida de gas dissolt cap a l'aire. Si el recipient està ben tancat una part d'aquest gas es pot tornar a dissoldre i, finalment s'assolirà un equilibri i la pressió, encara que més alta, es mantindrà constant.

El diòxid de carboni, a vegades anomenat gas carbònic i altres, anhídrid carbònic, és un gas incolor e inodor. No és tòxic però ha provocat morts per asfíxia quan una persona ha romàs una estona en una habitació subterrània plena d'aquest gas (coves amb fermentacions, per exemple) ja que no respira oxigen i no se n'adona.

Aquest gas apaga qualsevol combustió i és emprat com a substància per extingir focs.

Si es refreda fins a –80°C es converteix en sòlid que s'anomena gel sec, ja que en escalfar-se torna a formar el gas sense passar per líquid.

#### **Material**

Sensor de pressió.

Ampolla de refresc de cola o gasosa petita, de mig litre, amb **envàs de plàstic**.

Tub de goma per unir l'ampolla i el sensor i cordills per tancar millor les connexions.

Tap preparat per al cas o tap de goma foradat que ajusti fort molt bé.

#### **Precaucions i consells**

Tractar el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori.

Assegurar-se que les unions entre tubs siguin hermètiques.

Si s'ha utilitzat un tap de goma cal considerar la possibilitat que surti llançat quan la pressió arribi als 1'5 bar. Subjectar el tap a l'ampolla amb cinta adhesiva o mantenir-lo amb la mà però sense escalfar el líquid.

No utilitzeu ampolla de vidre, mai no se sap si hi ha algun defecte que la faria trencar en cas de generar una pressió molt elevada. L'ús d'ulleres protectores és recomanat.

### Procediment

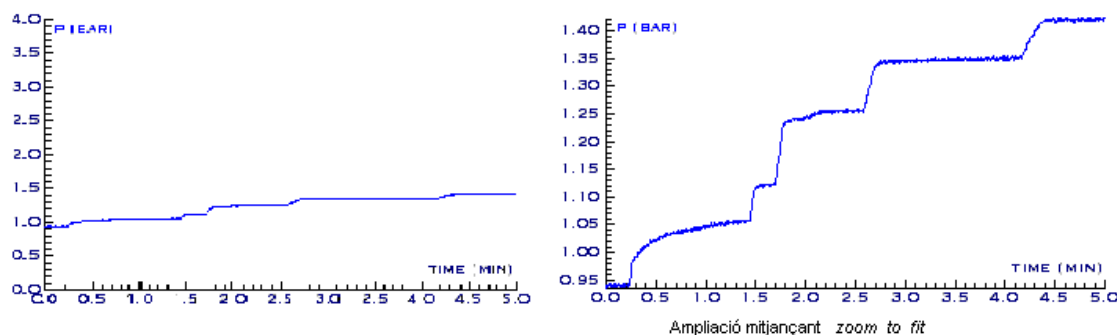
Primer, es demana que dibuixin a la segona finestra el valor de la pressió que considerin compatible amb tres agitacions separades uns 30 segons. Hauran de saber que cal iniciar el gràfic cap al valor 1 bar i hauran d'estimar els successius increments deguts a cada agitació. (recordeu: botó dret \ *Predict* i, per acabar, botó dret \ *Stop predicting* o *Erase predicting*). Caldrà mantenir el gràfic predit fins veure el resultat obtingut.

Una vegada preparat l'equip amb el sensor unit al tub de goma i al tap, es posa en marxa l'adquisició de dades.

S'obre amb cura el tap de manera que el gas que surti sigui el menys possible


Es colla ben fort el tap girant l'ampolla en comptes del tap, per no doblegar el tub de connexió.

Ara es pot agitar cada mig minut i observar com varia la pressió. Una possible resposta del sensor podria ser així:



Finalment, es desa el resultat al disquet. Accepteu el nom que proposa *Result of P\_cola*.

Quan es faci el tractament de les dades amb l'opció *Scan* podria ser que el valor de pressió que apareix al rectangle de coordenades només tingui 1 decimal. Si se'n volen dues cal fer el següent:

- Obrir el menú del botó dret del ratolí (també fent clic al botó *tool box menu*  de la finestra).
- Activar l'opció *Create / Edit diagraph*.
- Seleccionar la variable C2 o la que tingui assignada la pressió.
- A la casella de *decimals* canvieu 1 per 2.
- Acceptar els canvis per tornar al gràfic. Comproveu que els valors de pressió tenen 2 decimals.



### A3. Pressió a l'interior d'una ampolla de beguda carbònica (full per a l'alumne/a)

#### Sensor

Sensor de pressió. Paràmetres: 5 mesures cada segon, durant 5 minuts.

#### Fonament teòric

El gas d'una beguda carbònica és diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) soluble en aigua. La seva solubilitat depèn de diferents factors, un dels quals s'estudiarà en aquesta activitat.

#### Objectius

- Continuar amb el coneixement del funcionament elemental del programa.
- Predir valors de la pressió interior en una ampolla de gasosa.
- Determinar la pressió a l'interior de l'ampolla.
- Interpretar els gràfics obtinguts.

Segurament heu vist a guanyadors de carreres obrint una ampolla de cava i ruixant a tothom. Ho podrien fer sense sacsejar l'ampolla?

#### Material

Sensor de pressió. Ulleres de protecció.

Ampolla de plàstic amb beguda carbònica, tubs i cordills per a les unions.

#### Precaucions i consells

Tracteu el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori.

Assegureu-vos que les unions entre tubs són hermètiques.

Si heu utilitzat un tap de goma amb forat cal considerar la possibilitat que surti llançat quan la pressió arribi als 1'5 bar. Es pot subjectar amb la mà o amb cinta adhesiva.

#### Procediment



Primer, haureu de dibuixar a la segona finestra el valor de la pressió que considereu compatible amb tres agitacions separades uns 45 segons. A continuació haureu de mesurar la pressió interior a l'ampolla abans i després de sacsejar-la.

(Recordeu: botó dret \ *Predict* i, per acabar, botó dret \ *Stop predicting*). Heu de mantenir el gràfic predit fins veure el resultat obtingut.



Feu la predicció i, una vegada a punt, poseu en marxa l'adquisició de dades. Obriu amb cura el tap de l'ampolla de manera que el gas que surti sigui el menys possible. Colleu ben fort el tap girant l'ampolla en comptes del tap, per no doblegar el tub de connexió. Ara podeu sacsejar l'ampolla cada mig minut i observar com varia la pressió.

Finalment, deseu el resultat al disquet amb el nom proposat, *Result of P\_cola*.

#### Tractament de les dades

1. Activeu l'opció *zoom to fit* que apareix en fer clic amb el botó dret. I, a continuació, activeu l'opció *scan* del mateix menú.

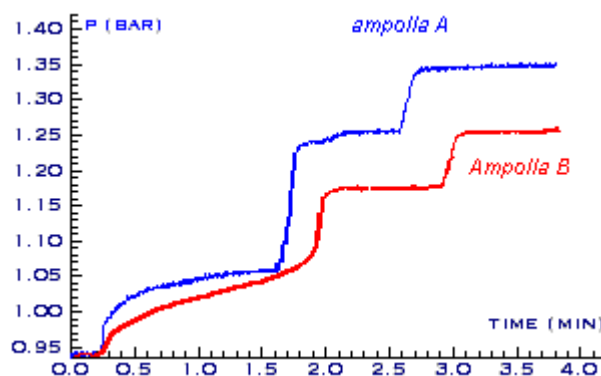
Anoteu els successius valors de la pressió, després de cada agitació:

Pressió inicial,  $P_0 = \dots\dots\dots$   $P_1 = \dots\dots\dots$   $P_2 = \dots\dots\dots$   
 $P_3 = \dots\dots\dots$   $P_4 = \dots\dots\dots$   $P_5 = \dots\dots\dots$   $P_6 = \dots\dots\dots$

2. Heu encertat amb la vostra predicció? Amb la pressió inicial? Amb els increments?

### E3. Conclusions i preguntes finals

1. Dóna una explicació de les pujades de pressió que es veuen a la gràfica obtinguda i perquè després la pressió es fa quasi constant.
2. Segurament heu vist a guanyadors de carreres obrint una ampolla de cava i ruixant a tothom. Ho podrien fer sense sacsejar l'ampolla? Dóna una explicació raonada.
3. Dues ampolles idèntiques (A i B) que contenen una beguda carbònica se sotmeten a la mateixa agitació mentre es va mesurant la pressió del gas interior. Els gràfics obtinguts han estat:



Què es pot dir de las begudes que contenen?

4. Fes una comparació del resultat obtingut i del que heu predit.

Quant a la pressió inicial:

Quant als increments deguts a cada agitació:

Quant a l'increment total:

## Altres propostes

- Fer una mesura semblant a l'**A3** però sense agitació i escalfant mitja ampolla al bany maria de manera que no s'escalfi la part superior on es concentra el gas. Així qualsevol augment de pressió no es deurà a la dilatació del gas per augment de temperatura.
- Obtenir la corba de variació de pressió quan es bufa i s'aspira directament sobre el tub unit al sensor. Determinar el màxim i el mínim de pressió que es pot aconseguir. Cal disposar de tants trossos de tub de goma com alumnes, per canviar-los després de cada ús. També és convenient afegir dins d'aquests tubs de goma un tros de cotó fluix per absorbir la humitat.
- Amb dues xeringues (de 10 mL i de 50 mL) es pot fer un estudi qualitatiu de la relació entre la força que cal fer per prémer l'èmbol i la superfície de l'èmbol. Es procedeix com si es volgués estudiar la llei de Boyle, alternant entre una i altre xeringa per recordar millor l'esforç que es fa.

Primer es fa amb les xeringues amb tot el volum, és de preveure que amb la xeringa gran s'hagi de fer més força, encara que s'assoleix la mateixa pressió. Cal tenir en compte el volum dels tubs de connexió ja que afectaran més quan es faci servir la xeringa petita.

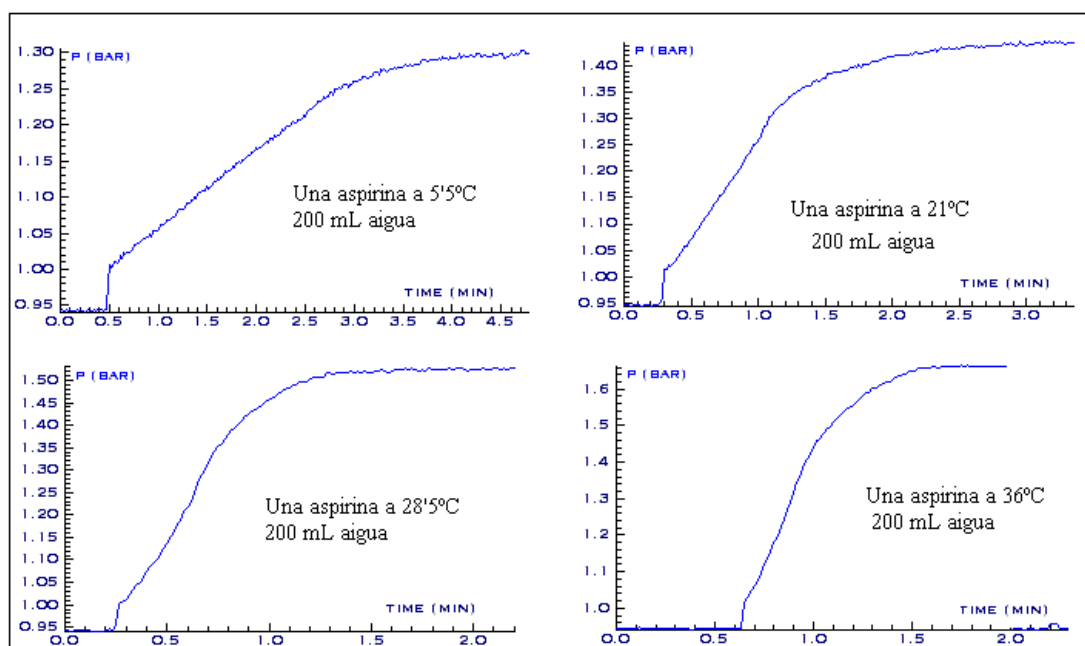
Després es fa amb les xeringues partint del mateix volum, 10 mL. Es comprimeixen en la mateixa proporció (per tant s'arriba a la mateixa pressió) i es comparen les forces. Ara cal treure'n conclusions.

- Estudiar la solubilitat del gas diòxid de carboni en aigua a diferents temperatures. Com a generador de gas es pot utilitzar una pastilla efervescent com l'aspirina. El recipient pot ser un matràs erlenmeyer o kitasato o l'ampolla amb el tap preparat a l'activitat **A3**.

Si es tenen vasos amb 200 mL d'aigua a diferent temperatura es pot comparar la pressió de la fase gasosa per a tres o quatre temperatures diferents (5°C, 20°C, 30°C, 40°C,...). Amb el tap a punt i connectat al sensor de pressió, es comença l'adquisició de dades, es deixa caure la pastilla efervescent i ràpidament es tapa amb força. A més pressió a la fase gasosa vol dir menys gas dissolt.

No convé agitar en cap dels casos; com a molt, inclinar el recipient per moure el sòlid sobrenadant.

Gràfics obtinguts han estat aquests:



Gràfics de variació de la pressió produïda en un matràs de 250 mL amb 200 mL d'aigua quan es deixa caure una aspirina efervescent.

És evident que la forma del gràfic dependrà del volum d'aire inicial existent sobre l'aigua.

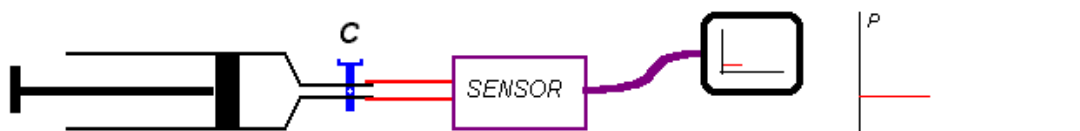
Es pot comprovar com, a mesura que augmenta la temperatura, la pressió és més gran. També es pot comprovar com el pendent també augmenta, és a dir, es pot fer l'estudi de la velocitat de dissolució del sòlid ja que la pèrdua de gas és equivalent a la dissolució de sòlid.

De l'estudi dels gràfics es van obtenir els increments de pressió i el pendent mesurat al tram recte.

Temperatura °C	Increment de pressió (bar)	Pendent al tram recte (bar/minut)
5'5	0'36	0'10
20'6	0'50	0'35
28'6	0'58	0'72
36	0'72	1'2

## AE1. Avaluació del projecte *Coneixement del sensor de pressió*

- El dibuix representa una xeringa amb aire comprimit que té la clau C tancada i per tant el sensor indica una pressió de 1'00 bar. Fes un gràfic de com variarà la pressió detectada pel sensor des del moment que s'obri la clau.



- Fes la conversió de la pressió 1024 mbar en: bar, en Pa, en hPa, en kPa,  
1024 mbar = ..... bar = ..... hPa = ..... kPa = ..... Pa
- Altres unitats de pressió utilitzades són: **atm** (atmosfera) i **mm Hg** (mil·límetre de mercuri). L'equivalència és: 1 atm = 760 mmHg = 101 kPa. Quina relació hi ha entre la unitat **atm** i la unitat **bar**?

$$1 \text{ atm} = \dots\dots\dots \text{ bar}$$

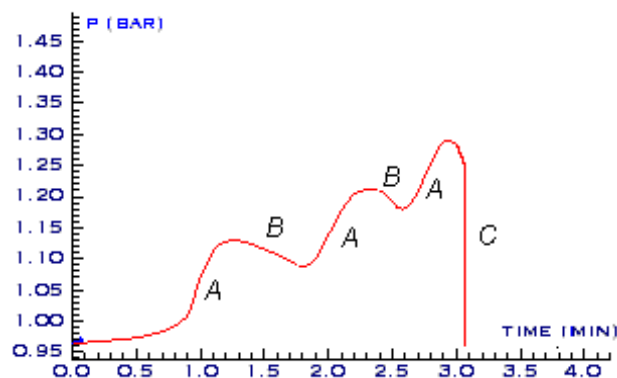
$$1 \text{ bar} = \dots\dots\dots \text{ atm}$$

- S'han mesurat els valors de pressió i volum a l'interior d'un recipient. Són aquests:
 

Pressió (bar):	1	1'5	2	2'5	3	4
Volum (cm <sup>3</sup> ):	50	33	25	20	17	12'6

Raona si durant l'experiència s'ha escapat aire del recipient.

- La mesura de la pressió d'una ampolla de beguda gasosa ha donat un gràfic com aquest. Comenta possibles explicacions a la forma de la corba als punts A, B i C



**Full de respostes i comentaris addicionals.****E1**

- Unitats del sensor: **bar**. La màxima variació podria ser als voltants de 0'012 bar (12 mbar). Podria ser 10 mbar o 14 mbar.

Dependrà dels casos, però segurament serà entre 0'005 i 0'007 bar (5-7 mbar). També un múltiple d'aquest valor. El fabricant dona com a sensibilitat del sensor uns 12 mbar.

Sí que podem considerar constant la pressió de l'aula.

- El **mbar** és la mil·lèsima part d'un **bar**. Per tant el nombre de **mbar** serà mil vegades el de **bar**. Si la variació més freqüent ha estat de 0'007 bar:

$$0'007 \text{ bar} \cdot 1000 \text{ mbar/1 bar} = 7 \text{ mbar.}$$

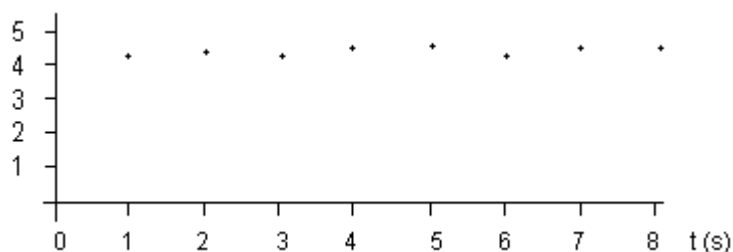
$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa; per tant } 1 \text{ mbar} = 10^5 \text{ Pa} / 1000 = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$$

- La unitat internacional és el **pascal**, que es simbolitza amb **Pa**, en record del científic francès Blaise Pascal (1626-1662), per això el símbol s'escriu amb majúscula.

El prefix *hecto* és un múltiple de valor 100 vegades. 1 hPa = 100 Pa

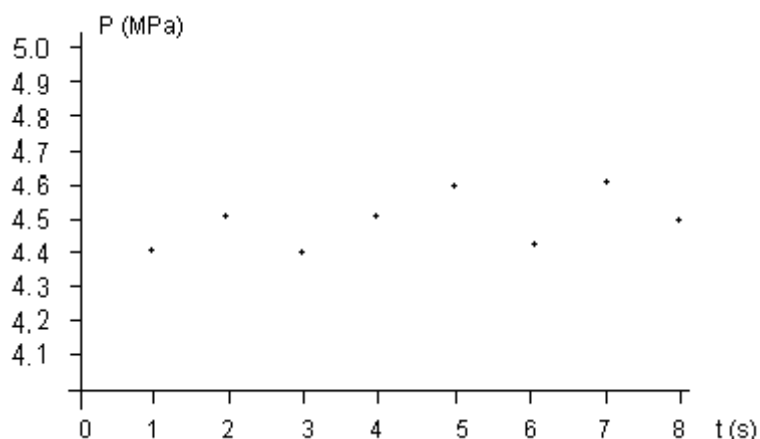
- Des de la introducció del Sistema Internacional d'Unitats la comunitat científica ha intentat canviar les unitats de mesura expressant els resultats de les mesures en unitats internacionals. Una de les unitats que s'han vingut utilitzant des de fa temps per a la pressió atmosfèrica ha estat el mbar. Per tal de no canviar els nombres dels mapes del temps als que tothom s'havia acostumat, s'ha començat a utilitzar el hPa ja que 1 hPa = 1 mbar. Així, ho fan en unitats internacionals.

- S'obté més o menys :



S'hauria de veure encara menys variació, quasi en la mateixa línia recta

- Més o menys sortiria així



La diferència entre els punts està ampliada.

## E2.

1. El sensor de pressió és ràpid. Basta comprovar als gràfics com la corba creix quasi verticalment fins assolir el valor real de pressió.
2. Al moment de comprimir ràpidament apareix com a una ona de pressió que es propaga fins el sensor, el qual la detecta. Però ràpidament l'aire s'estabilitza i la pressió és la mateixa en tots els punts de la xeringa.
3. A mesura que la pressió *augmenta* el volum *disminueix* de manera que el producte  $P \cdot V$  es manté aproximadament constant.
4. Per als valors més alts de pressió ( $V = 20 \text{ cm}^3$ ); per al valor més baix ( $V = 50 \text{ cm}^3$ ) Pels valors obtinguts i l'esforç fet en aguantar l'èmbol, podem dir que es fa més força quant més petit és el volum de l'aire. Si haguéssim expandit l'aire partint de  $10 \text{ cm}^3$  fins a  $50 \text{ cm}^3$  hauríem de dir el mateix però quan més gran fos el volum..
5. La mitjana és de  $51.73 \text{ bar}$ . Podem dir que a l'experiència realitzada *el producte  $P \cdot V$  val  $51.7 \text{ bar} \cdot \text{cm}^3$ ;  $P \cdot V = 51.7 \text{ bar} \cdot \text{cm}^3$ .*
6. Es pot veure que, a partir de 2 bar el producte  $P \cdot V$  va disminuint. Això indica que la xeringa ha perdut aire.

A l'experiència realitzada i sempre que *no es perdi aire* podem dir que  $P \cdot V = 50 \text{ bar} \cdot \text{cm}^3$  (o que *el producte  $P \cdot V$  es manté constant*)

## E3

1. Les pujades del gràfic són degudes a la sortida de gas provocada per l'agitació. El gas que ha sortit roman en l'espai gasós. Segurament una part de gas es dissolgui al temps que una part del gas dissolt surti del líquid. Com que no augmenta la quantitat de gas a la fase gasosa la pressió s'estabilitza.
2. Ja heu pogut comprovar que en agitar l'ampolla augmenta la pressió degut a la sortida de gas del líquid. A més, per agitació s'han pogut formar abundants bombolles formant una escuma que omple tot l'espai gasós.

En obrir l'ampolla la diferència de pressió entre l'interior i l'exterior provoca dues coses:  
- que l'escuma surti llençada amb molta velocitat

- que més gas dissolt es desprengui ja que “aguantava dissolt per l’alta pressió existent”

Si l’ampolla es posa cap avall el que sortirà serà el líquid empès pel gas que ara hi és al damunt..

3. L’ampolla B conté menys contingut en gas, pot ser en començar les mesures ja portava un temps oberta.
4. Resposta lliure. Potser hagin iniciat a un valor de pressió  $p = 0$ , origen de coordenades. Potser cada increment el facin de manera que en total arribin a 4 bar, màxim valor dels eixos, ...

### AE1

1. Com que la pressió augmentarà de sobte, el gràfic ha de ser una corba que pugi molt inclinada, quasi verticalment i a continuació es mantingui horitzontal si no hi ha pèrdues.
2. 1024 mbar és la pressió pròpia de zones d’anticicló dels mapes del temps atmosfèric.  
 $1024 \text{ mbar} = 1'024 \text{ bar} = 1024 \text{ hPa} = 102'4 \text{ kPa} = 102'4 \cdot 10^3 \text{ Pa}$
3.  $1 \text{ atm} \cdot 101 \text{ kPa} / 1 \text{ atm} \cdot 1 \text{ bar} / 100 \text{ kPa} = 1'01 \text{ bar}$ ;    **1 atm = 1'01 bar**  
**1 bar = 0'99 atm.**    A la pràctica podem dir que són iguals **1 atm  $\approx$  1 bar**
4. Com que els valors dels productes  $P \cdot V$  són quasi idèntics  
 $50 \quad 49'5 \quad 50 \quad 50 \quad 51 \quad 50'4$   
 podem raonar que NO s’ha escapat aire.
5. Zones A: agitació, el gas surt del líquid i augmenta la pressió  
 Zones B: possibles pèrdues de gas en alguna de les connexions  
 Zona C: s’ha trencat o deslligat alguna connexió, la pressió pren el valor de l’aula.



## **Coneixement del sensor de diòxid de carboni**

**A1. Coneixement del sensor de CO<sub>2</sub> (I)**

**A2. Coneixement del sensor de CO<sub>2</sub> (II)**

**A3. Desaparició del CO<sub>2</sub> en presència d'un sòlid**

**Fulls d'avaluació (nivell ESO)**

**B1. Absorció del CO<sub>2</sub> per l'hidròxid de sodi**

**B2. Descomposició del carbonat de coure(II)**

**Altres propostes**

**Fulls d'avaluació (nivell ESPO)**

**Fulls de respostes**

## Projecte: coneixement del sensor de diòxid de carboni

El sensor de diòxid de carboni s'utilitza per mesurar nivells de gas CO<sub>2</sub> en una varietat d'experiments de biologia i de química.

El que aquí s'utilitza és el que acompanya a l'equip COACH de CMA. Fa mesures de concentració dins el rang de 0 a 5000 ppm (part per milió), o el que és el mateix de 0% a 0'50% en volum, o de 0 a 9'0 mg/L si la pressió total és 1 atm i la temperatura 25°C.

1 ppm es refereix a la proporció en volum equivalent a 1 cm<sup>3</sup> (1mL) en 1 m<sup>3</sup> (1 kL) de volum total. En una mescla de gasos, com és l'aire, la proporció es refereix al volum total del recipient.

És a dir, si poguéssim separar el CO<sub>2</sub> del recipient i mesurar el seu volum a la mateixa pressió de la mescla, 1 ppm suposaria un volum de CO<sub>2</sub> de 1 cm<sup>3</sup> per cada 1 m<sup>3</sup> de volum total. És la mateixa proporció que 1 µL de CO<sub>2</sub> en cada 1 L de mescla.

El sensor mai no s'ha de posar en líquids, no s'ha dissenyat per mesurar concentracions aquoses sinó gasoses.



Sensor de CO<sub>2</sub>, tipus Vernier

El sensor fa servir un filament metàl·lic calent com a font de raigs infraroigs (IR) situat al final de tub sensor. A l'altre extrem del tub hi ha el sensor de IR que mesura quanta radiació travessa el tub sense ser absorbida per les molècules de CO<sub>2</sub>. La longitud d'ona d'aquesta radiació correspon a una estreta banda al voltant dels 4260 nm.

Una vegada connectat al corrent aquest sensor necessita 90 segons per tenir una resposta correcta del nivell de CO<sub>2</sub> existent al recinte mesurat, però serà més ràpid si es provoquen suaus corrents d'aire.

És un sensor de respostes lentes ja que el gas ha de entrar i sortir del tub mesurador i això necessita un temps determinat. El temps de resposta és d'uns 120 s, per tant no caldrà demanar velocitats de mesura elevades.

El sensor està dissenyat per operar entre 20°C i 30°C. Pot ésser utilitzat fora d'aquest interval, però perdrà exactitud en les lectures, inclòs si s'ha calibrat per a aquestes condicions. Qualsevol mesura a temperatures més grans tindrà valor qualitatiu però no podrem fer-la servir per a determinacions quantitatives.

Per a la major part de les mesures no es necessària cap calibratge. La resolució del sensor és, dependent de l'equipament informàtic, entre 2'5 i 10 ppm de CO<sub>2</sub> però la seva exactitud, a la pressió d'1 atm, és del 10% en la majoria del rang de mesurament.

El tub del sensor disposa d'un tap que permet ajustar-se a la boca d'un flascó però continua hi havent comunicació amb l'exterior a través del mateix sensor, per tant no es poden dissenyar activitats que precisin un recipient ben tancat.

## **Preparació general de les activitats**

Amb aquest sensor prepararem tres activitats per al nivell d'ESO i altres dos per a nivell superior, una d'elles serà la mateixa però amb un contingut adequat al nivell.

Les dues primeres activitats d'ESO consisteixen en estudiar el comportament del sensor i mesurar el nivell en determinats recipients. Les anomenarem **CO<sub>2</sub>\_coneixement**.

A la tercera d'ESO s'estudiarà el canvi de concentració de CO<sub>2</sub> produït per la presència de un sòlid (NaOH). L'anomenarem **CO<sub>2</sub>\_absorció**.

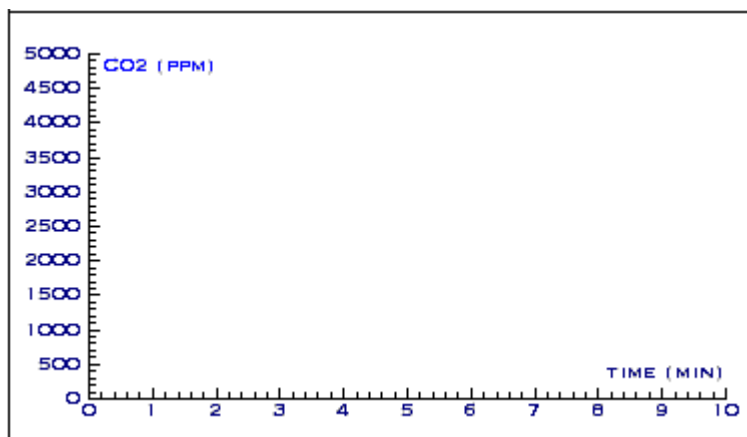
Als altres nivells s'estudiarà l'absorció de CO<sub>2</sub> per NaOH (sòlid). Li posarem el nom **CO<sub>2</sub>\_absorció**. L'altra activitat estudiarà el despreniment de CO<sub>2</sub> pel carbonat bàsic de coure(II) quan s'escalfa suaument. Li posarem el nom **CO<sub>2</sub>\_carbonat**.

L'alumnat d'ESO farà interpretacions de les corbes obtingudes i alguna hipòtesi que expliqui el què ha pogut passar. L'alumnat de nivell superior podrà determinar velocitats del procés i comparar resultats obtinguts en diferents condicions inicials. En tots dos nivells es demanaran prediccions del fenomen a estudiar, encara que sigui elemental.

En la preparació de les activitats es tindrà en compte els recursos propis del programa COACH-Author de la Universitat d'Amsterdam, que suposarà la preparació prèvia de l'activitat.

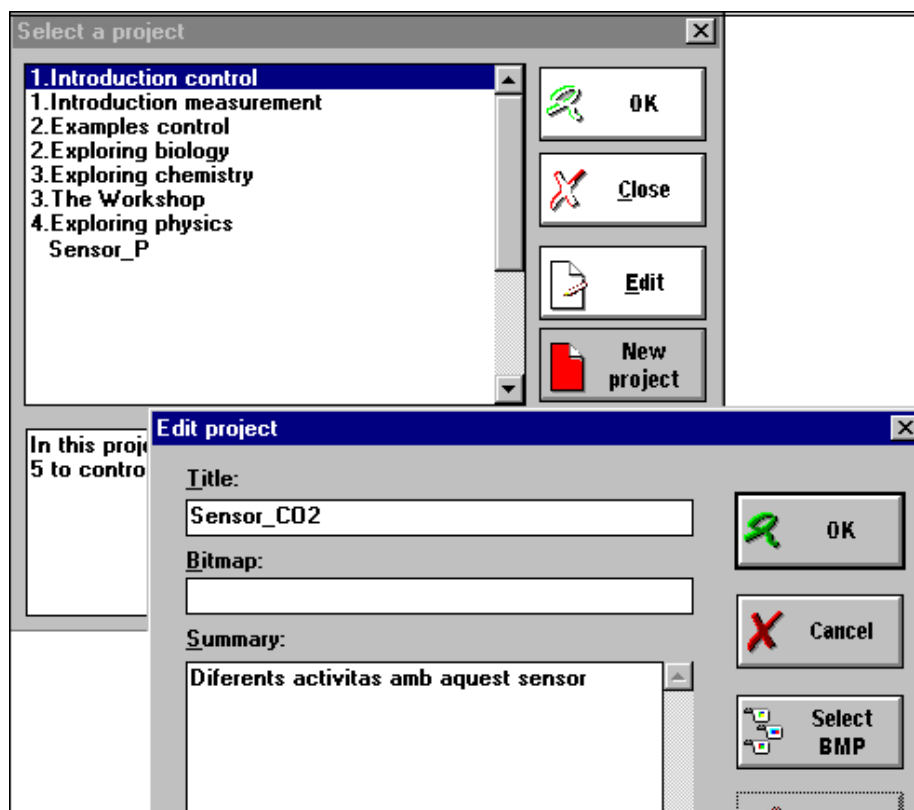
En totes elles només utilitzarem el sensor de CO<sub>2</sub> que farà mesures al llarg del temps. Els estudis proposats en diferents condicions de temperatura bastarà fer-los qualitativament en ambients més o menys calents. Estudis més acurats necessitaran afegir el sensor de temperatura.

L'aspecte de la finestra gràfica, comú a les activitats, serà aquesta, per a un temps de mesures de 10 minuts.



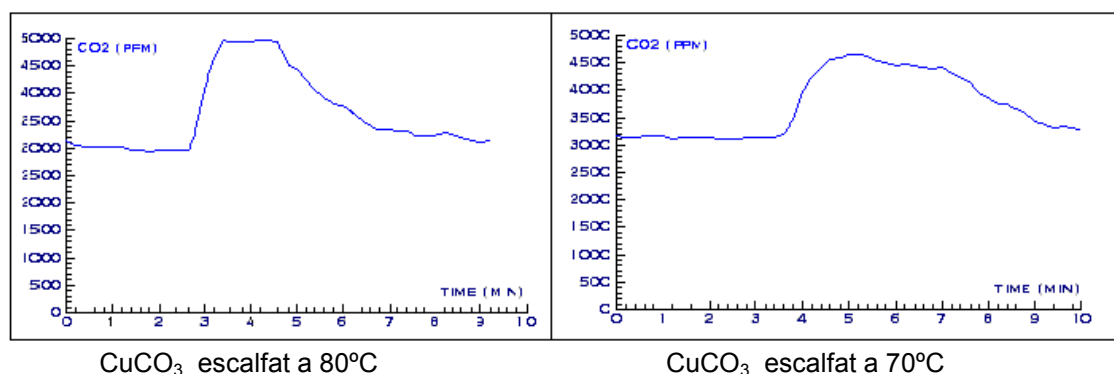
El sensor de CO<sub>2</sub> és lent de resposta, per tant, no cal demanar grans velocitats de mesura. Les proves realitzades s'han fet amb 5 mesures per minut.

Amb el programa COACH en marxa, demanarem un nou projecte, anomenat, per exemple, *Sensor\_CO2*. Aquest projecte ens servirà per contenir les activitats preparades i els resultats obtinguts en diferents proves.



Quadres de diàleg per demanar un nou projecte

Per a la segona activitat de nivell superior bastaran 2 grams de carbonat bàsic de coure(II). Amb aquesta quantitat es cobreix tota la base del matràs. Quan s'escalfa aquest carbonat controlant la temperatura s'observa a uns 70°C un augment de nivell de CO<sub>2</sub> adient per a observar el gràfic resultant. A temperatures superiors el nivell és suficient per saturar el sensor i es superen les 5000 ppm. Un estudi acurat necessitaria un bany termostàtic, tot i que es pot escalfar aigua en un vas de 600 mL o d'1 litre i quan arribi a la temperatura desitjada se'l pot posar sobre la taula i introduir-hi el matràs amb el carbonat i el sensor a sobre.




## Preparació de les activitats A1 i A2: Coneixement del sensor de CO<sub>2</sub>

### Indicacions prèvies

El programa COACH fa necessària la preparació prèvia de les activitats. Cal indicar el tipus de placa o interfície, els sensors que es van a fer servir i el format de visualització dels resultats de les mesures (gràfic, valor numèric, mesurador). Dependent de la finalitat desitjada es pot dissenyar en dues o en quatre finestres.



Una vegada creat el projecte *Sensor\_CO<sub>2</sub>* activarem el botó  per crear la nova activitat-Coach, escollirem la placa CoachLab II i l'anomenarem *CO<sub>2</sub>\_comportament*.

Amb la primera finestra activada (barra de títol amb color blau) premerem el botó "*display text*", demanarem un nou text i posarem com a títol **Indicacions**. El seu contingut pot ser semblant al següent:

COMPORTAMENT DEL SENSOR DE CO<sub>2</sub>

Per tal de veure com es comporta aquest sensor en un ambient de nivell constant de gas CO<sub>2</sub> i si és capaç de detectar un canvi petit.

Poseu uns 4 minuts el sensor dins el matràs i, a continuació, poseu-lo a l'ambient de l'aula, allunyat de respiracions.

El resultat s'ha de desar amb el nom *Result de CO<sub>2</sub>\_Comportament\_1*.

A la finestra del costat dibuixareu el gràfic que penseu ha de sortir (o sigui, fer una predicció).

A la de sota heu d'escriure les vostres conclusions


A la segona finestra inserirem el tipus de gràfic que volem representar: nivell de CO<sub>2</sub> en funció del temps. A l'eix horitzontal (C1) posarem el temps (*Clock*) i a l'eix vertical (C2) el nivell de CO<sub>2</sub> (*Analog In 1: CO<sub>2</sub> sensor*). També es pot posar-li un nom, per exemple, *Nivell de CO<sub>2</sub>*. En aquest gràfic el grup d'alumnes haurà de dibuixar el resultat que cregui ha de sortir, és a dir, haurà de fer una predicció (clic amb el botó dret del ratolí i seleccionar *Predict*). Amb una mica de pràctica es veurà com funciona el llapis que ha substituït el punter del ratolí en forma de lupa. Per acabar la predicció o esborrar-la també s'ha de fer clic amb el botó dret.

Aquest mateix tipus de gràfic s'ha d'inserir a la quarta finestra, només caldrà escollir-lo i com ja s'ha dissenyat s'inserirà directament.

La tercera finestra la destinarem a conclusions o comentaris de l'alumnat, serà una finestra de text buida.

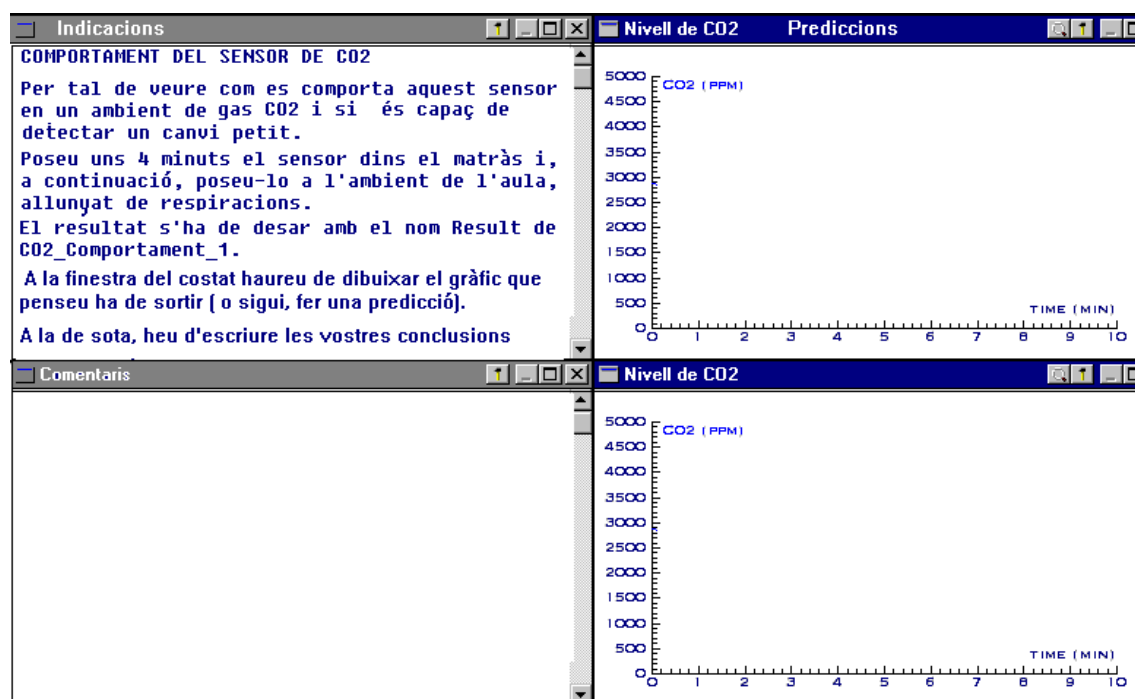
Hem d'introduir els paràmetres de mesura, o sigui, la duració de les mesures i la velocitat de



captació. Cal recordar que s'ha de fer clic al botó . Amb 10 minuts ja n'hi ha prou, però no importa afegir temps. Com a velocitat de mesures es poden posar 5 per minut.

No hem d'oblidar desar aquesta activitat-Coach amb el nom que hem decidit abans, *CO<sub>2</sub>\_comportament*.

El resultat podrà ser semblant a l'indicat a la figura següent:



Cal que el matràs que s'ha d'utilitzar hagi estat a l'armari aïllat d'un possible augment de CO<sub>2</sub> degut a l'ocupació de l'aula, interessa que l'aire del recipient tingui un nivell inferior que el de l'aula. Si es lliura a l'alumnat tapat evitarem l'entrada de diòxid de carboni.

Encara que l'alumne hagi fet la seva predicció al primer gràfic, quan es representin en temps real les dades adquirides es dibuixarà la corba tant en aquesta finestra com el la de sota. Aquesta última finestra no seria necessària però pot ser útil tenir-la com a referència.

## A1. Coneixement del sensor de CO<sub>2</sub> (I). Full del professor/a.

### Nivell educatiu

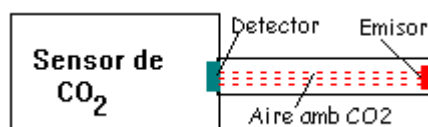
Aquesta activitat està redactada per fer-se amb alumnat d'ESO. És evident que la poden fer alumnes de nivell superior.

### Sensor

Sensor de CO<sub>2</sub> (0 – 5000 ppm)

Paràmetres de mesura: 5 mesures cada minut durant 10 minuts.

El sensor emet una intensitat coneguda de llum infraroja des d'un extrem. Aquesta llum travessa el tub on hi ha aire del recinte, aire amb una determinada concentració de CO<sub>2</sub>, el qual absorbeix part de la llum. La pèrdua d'intensitat de llum permet determinar el nivell de CO<sub>2</sub>. El sensor dona el resultat en ppm (parts per milió), o sigui, en la proporció corresponent al nombre de cm<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> pur existent per cada m<sup>3</sup> d'aire.



### Objectius

- Conèixer el funcionament elemental del programa.
- Conèixer el comportament del sensor de CO<sub>2</sub>.
- Fer mesures de nivell de CO<sub>2</sub>.
- Estimar nivells de CO<sub>2</sub> que podem trobar en un aula.
- Interpretar els gràfics obtinguts.
- Fer prediccions del fenomen estudiat.

### Fonament teòric

L'activitat dels éssers vius produeix despreniment de diòxid de carboni que passa a l'atmosfera i constitueix un petit percentatge de l'aire de l'aula on ens trobem. Depenent de l'ocupació anterior de l'aula el nivell de CO<sub>2</sub> serà més o menys alt. El sensor mesurarà el nivell existent i en podrem treure algunes conclusions.

### Material

Sensor de CO<sub>2</sub>

Matràs erlenmeyer, tapat.

Suport i pinça de bureta opcional si convé subjectar el sensor.


### Precaucions


No cal més precaució que la de tractar el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori. No s'ha de mullar el sensor, no està dissenyat per mesurar CO<sub>2</sub> dissolt en líquids.

Cal considerar els possibles errors que es produirien si el recipient on es fan les mesures és afectat per la respiració del mesurador.

### Procediment

El que s'ha de fer és mesurar el nivell de CO<sub>2</sub> en diferents llocs: dins un matràs, que ha estat a l'armari fins que s'ha començat a fer l'activitat, i a l'aula.

Amb l'ordinador i el programa iniciat l'alumnat farà clic a la icona  per tal d'obrir l'activitat *CO2\_comportament* del conjunt existent al projecte, des del disc C o des del disquet, segons sigui.

L'activitat-Coach es pot obrir amb dues o amb les quatre finestres visibles (botó ) de manera que en obrir-la es veurà o no el dibuix de la interfície amb els llocs de les connexions dels sensors. Això dependrà de la decisió de que l'alumnat faci o no prediccions del fenomen estudiat.

Si es volen fer prediccions s'haurà de donar les instruccions adients als grups.

Caldrà comprovar que totes les connexions estiguin a punt abans que destapin el matràs i posin el sensor a sobre, tal com es veu al dibuix. S cal, hauran de subjectar el sensor amb un suport i pinça de bureta.

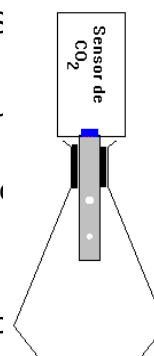
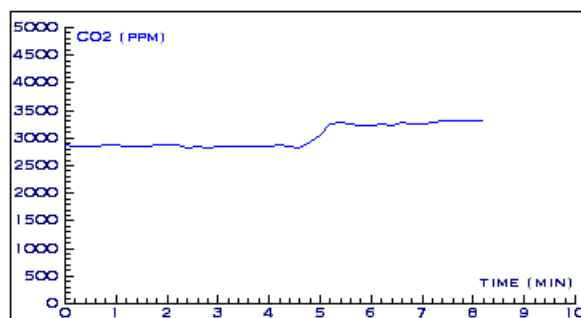
Convé esperar 2 minuts per a què el sensor s'adapti al lloc i el gas pugui entrar en el tub de mesura.

El sensor ha d'estar sempre lluny de l'abast de la respiració per no mesurar valors erronis.

Passats els 2 minuts es posarà en marxa el programa (botó verd).

Als 4 o 5 minuts es treurà el sensor i es posarà en un lloc al que no arribi la respiració. Esperaran fins que s'acabi el temps de mesura (10 minuts) el botó vermell es torni verd.

Si no hi ha hagut cap problema desaran el resultat amb el nom (*Result of CO2\_comportament\_1*). El gràfic obtingut dependrà de les condicions del moment però podria ser semblant a aquest:





## A1. Coneixement del sensor de CO<sub>2</sub> (I). Full de l'alumne/a

### Sensor

Sensor de CO<sub>2</sub>.

### Objectius

- Conèixer com es comporta el sensor de CO<sub>2</sub> per tal de saber fer mesures de nivell, per saber fer prediccions del nivell existent en un aula en diferents moments del dia i de la setmana.
- Saber interpretar els gràfics obtinguts.

D'on prové el CO<sub>2</sub> mesurat dins el matràs?

### Fonament teòric

L'activitat dels éssers vius produeix despreniment de diòxid de carboni que passa a l'atmosfera i constitueix un petit percentatge de l'aire de l'aula on ens trobem. El sensor mesurarà el nivell existent i en podrem treure algunes conclusions.

### Precaucions

Tracteu el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori. No heu de mullar el sensor, no està dissenyat per mesurar CO<sub>2</sub> dissolt en líquids.

Considerem els possibles errors que es produirien si el recipient on es fan les mesures és a prop de la cara del mesurador.

### Procediment

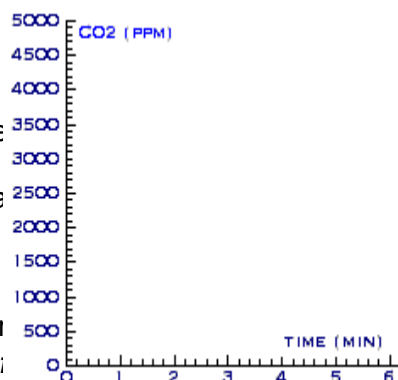


Heu de:

- dibuixar un gràfic de predicció del nivell de CO<sub>2</sub> que creieu que hi ha dins i fora del matràs,
- mesurar el nivell de CO<sub>2</sub> a l'interior del matràs i a l'exterior, i
- escriure uns comentaris a la finestra adient.



Seguiu les indicacions del professor/a. En acabar desareu el resultat amb el nom (*Result of CO<sub>2</sub>\_comportament\_1*).



### Tractament de les dades

Obriu el resultat *Result of CO<sub>2</sub>\_comportament\_1*, si no hi és obert.

1. Determineu l'amplitud de l'oscil·lació del sensor en qualsevol dels trams aparentment horitzontals. Podeu fer ús de qualsevol de les eines d'ampliació i de l'opció *scan*.

Valor mínim observat: ..... ppm                      Valor màxim observat: ..... ppm

Diferència entre valors màxim i mínim: ..... ppm

2. Determineu el nivell de CO<sub>2</sub> de l'interior de matràs i a l'aula

Nivell interior = ..... ppm      Nivell exterior: .....ppm

3. Es pot considerar que la vostra predicció s'assembla a la realitat? : .....

**E1. Conclusions i preguntes finals**

1. Escriu de nou els nivells obtinguts a l'oscil·lació del sensor i dóna una possible explicació.

Valor mínim observat: ..... ppm

Valor màxim observat: ..... ppm

Explicació:

2. Escriu de nou els valors mesurats al matràs i al laboratori i dóna una possible explicació de la diferència entre aquests valors:

Nivell matràs = ..... ppm

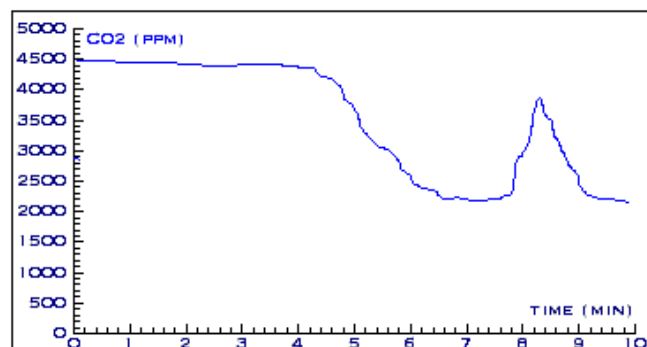
Nivell laboratori: .....ppm

Diferència = ..... ppm

Explicació:

3. La mateixa activitat feta per un altre grup ha donat un gràfic com aquest. Els primers 4 minuts corresponen a la mesura dins el matràs i els següents són del laboratori.

Dóna una explicació al nivell alt del matràs i al pic obtingut al nivell del laboratori.



4. D'on prové el CO<sub>2</sub> mesurat dins el matràs?

## A2. Coneixement del sensor de CO<sub>2</sub> (II). Full per al professor/a

L'activitat és semblant a l'anterior i es podria fer a continuació, però s'ha preferit separar-la per fer-les més senzilles i curtes. Es repeteixen les indicacions per donar-li una entitat pròpia.

### Nivell educatiu

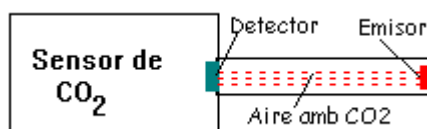
Aquesta activitat està redactada per fer-se amb alumnat d'ESO. És evident que la poden fer alumnes de nivell superior.

### Sensor

Sensor de CO<sub>2</sub> (0 – 5000 ppm)

Paràmetres de mesura: 5 mesures cada minut durant 10 minuts.

El sensor emet una intensitat coneguda de llum infraroja des d'un extrem. Aquesta llum travessa el tub on hi ha aire del recinte, aire amb una determinada concentració de CO<sub>2</sub>, el qual absorbeix part de la llum. La pèrdua d'intensitat de llum permet determinar el nivell de CO<sub>2</sub>. El sensor dona el resultat en ppm (parts per milió), o sigui, en la proporció corresponent al nombre de cm<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> pur que s'han difós per cada m<sup>3</sup> d'aire.



### Objectius

- Conèixer el funcionament elemental del programa.
- Conèixer el comportament del sensor de CO<sub>2</sub>.
- Fer mesures de nivell de CO<sub>2</sub>.
- Estimar nivells de CO<sub>2</sub> que podem trobar en un aula.
- Interpretar els gràfics obtinguts.
- Fer prediccions del fenomen estudiat.
- Establir relacions entre el nivell de CO<sub>2</sub> i l'activitat dels éssers vius

### Fonament teòric

L'activitat dels éssers vius produeix despreniment de diòxid de carboni que passa a l'atmosfera i constitueix un petit percentatge de l'aire de l'aula on ens trobem. Depenent de l'ocupació anterior de l'aula el nivell de CO<sub>2</sub> serà més o menys alt. El sensor mesurarà el nivell existent i en podrem treure algunes conclusions.

### Material

Sensor de CO<sub>2</sub>

Matràs erlenmeyer, obert

Suport i pinça de bureta opcional si convé subjectar el sensor.


### Precaucions


No cal més precaució que la de tractar el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori. No s'ha de mullar el sensor, no està dissenyat per mesurar CO<sub>2</sub> dissolt en líquids.

Cal considerar els possibles errors que es produirien si el recipient on es fan les mesures és afectat per la respiració del mesurador.

### Procediment

El que s'ha de fer és mesurar el nivell de CO<sub>2</sub> en diferents llocs: dins un matràs en el que s'ha bufat una mica i al laboratori on es fa l'activitat.

Amb l'ordinador i el programa iniciat l'alumnat farà clic a la icona  per tal d'obrir l'activitat CO<sub>2</sub>\_compartment del conjunt existent al projecte, des del disc C o des del disquet, segons sigui.

L'activitat-Coach es pot obrir amb dues o amb les quatre finestres visibles (botó ) de manera que en obrir-la es veurà o no el dibuix de la interfície amb els llocs de les connexions dels sensors. Això dependrà de si es volen fer o no prediccions.

Caldrà comprovar que totes les connexions estiguin a punt abans de començar.

Si es volen fer prediccions s'haurà de donar les instruccions adients als grups.

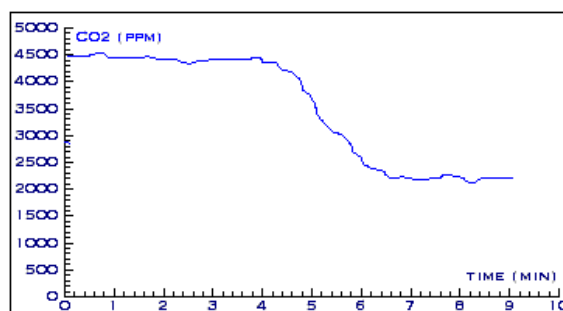
Un del alumnes del grup bufarà una mica dins el matràs per tal d'incrementar el nivell interior.

Convé esperar 2 minuts per a què el sensor s'adapti al lloc i el gas pugui entrar en el tub de mesura.

Passats els 2 minuts es posarà en marxa la captació de dades.

Als 5 minuts es traurà el sensor i es posarà en un lloc al que no arribi la respiració. Esperaran fins que s'acabi el temps de mesura (10 minuts) i el botó vermell es torni verd.

Si no hi ha hagut cap problema desaran el resultat amb el nom (*Result of CO<sub>2</sub>\_compartment\_2*). El gràfic obtingut dependrà de les condicions del moment però podria ser semblant a aquest:



Potser que hagin bufat més del necessari i el gràfic sigui una recta a nivell 5000 ppm. Això vol dir que el sensor s'ha saturat i no mesura el nivell real, només indica que és igual o superior a 5000 ppm. Es pot deixar i interpretar tal com ha sortit o es pot sacsejar el matràs per intentar renovar l'aire interior i repetir la mesura.

## A2. Coneixement del sensor de CO<sub>2</sub> (II). Full de l'alumne/a

### Sensor

Sensor de CO<sub>2</sub>.

### Fonament teòric

L'activitat dels éssers vius produeix despreniment de diòxid de carboni que passa a l'atmosfera i constitueix un petit percentatge de l'aire de l'aula on ens trobem. El sensor mesurarà el nivell existent i en podrem treure algunes conclusions.

### Objectius

- Conèixer com es comporta el sensor de CO<sub>2</sub> per tal de saber fer mesures de nivell, per saber fer prediccions del nivell existent en un aula en diferents moments del dia i de la setmana.
- Saber interpretar els gràfics obtinguts.

Hi ha alguna relació entre l'activitat dels éssers vius i el contingut de gas CO<sub>2</sub>?

### Precaucions

Tracteu el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori. No heu de mullar el sensor, no està dissenyat per mesurar CO<sub>2</sub> dissolt en líquids.

Consideredu els possibles errors que es produïrien si el recinte on es fan les mesures és a prop de la cara del mesurador.

### Procediment

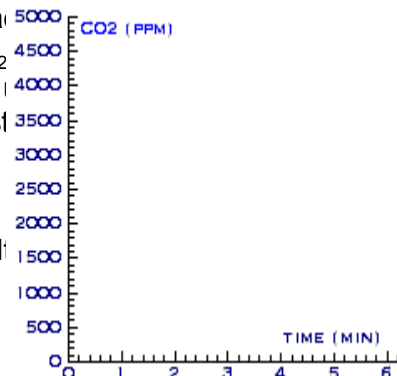


Haureu de bufar dins el matràs però caldrà que sigui un bufa molt curta i poc intensa. Després, mesurareu el nivell de CO<sub>2</sub> l'interior del matràs i a l'exterior. Penseu això abans de dibuixar el gràfic de predicció. Finalment escriureu un comentari a la finestradient.

Dibuixeu al costat un gràfic de predicció del nivell de CO<sub>2</sub>.



Seguiu les indicacions del professor/a. En acabar deseu el resultat amb el nom (*Result of CO<sub>2</sub>\_comportament\_2*).



### Tractament de les dades

1. Determineu el nivell de diòxid de carboni a l'interior de matràs i al laboratori  
Nivell interior: ..... ppm                      Nivell exterior: ..... ppm
2. Podeu considerar que el gràfic predit s'assembla a l'obtingut?: .....

**E2. Conclusions i preguntes finals**

1. Escriu de nou els valors mesurats dins el matràs i a l'exterior

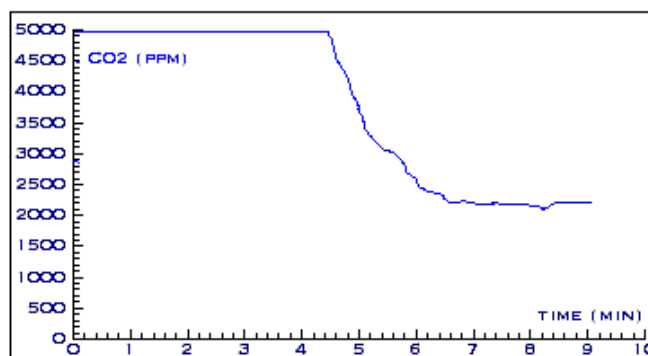
Nivell interior = ..... ppm                      Nivell exterior: .....ppm

Diferència = ..... ppm

Explicació:

:


2. Un grup ha obtingut aquest gràfic. Dóna una possible explicació al valor obtingut per a l'interior del matràs.



3. Explica quina relació hi ha entre l'activitat dels éssers vius i el nivell de gas CO<sub>2</sub>.
4. Disseny una experiència amb la que es pugui determinar la quantitat de CO<sub>2</sub> que una persona espira en 1 hora.  
 Considera que  $1 \text{ ppm} = 1 \text{ cm}^3 \text{ CO}_2/\text{m}^3 \text{ d'aire} = 1,8 \text{ mg CO}_2/\text{m}^3 \text{ aire}$

## Preparació de l'activitat: A3. Desaparició del CO<sub>2</sub> en presència d'un sòlid



Dins el projecte *Sensor\_CO<sub>2</sub>* activarem el botó  per crear la nova activitat, escollirem la placa CoachLab II i l'anomenarem *CO<sub>2</sub>\_absorció*. També es pot tenir oberta l'activitat anterior, fer els canvis que es proposen a continuació i desar-la amb el nou nom. D'aquesta manera aprofitarem el que ja tenim fet.

Amb la primera finestra activada esborrarem el seu contingut i escriurem el següent:

**DESAPARICIÓ DEL CO<sub>2</sub> EN PRESENCIA D'UN SÒLID**  
A la taula tindreu un matràs al fons del qual hi ha un sòlid en forma de lletilles. Bufareu **suau**ment una mica dins el matràs i mirareu a la icona del sensor el nivell de CO<sub>2</sub> interior. Si el nivell és 5000 ppm o superior haureu d'esperar fins que el nivell sigui d'uns 4500 més o menys. Aleshores posareu en marxa el programa i mesurareu fins que s'acabin els 10 minuts.

Els paràmetres de mesura ja hi són incorporats. I el model de gràfic ja hi és.

No hem d'oblidar desar-la amb el nom que hem decidit abans, *CO<sub>2</sub>\_absorció*.

S'haurà de preparar un matràs amb una capa de lletilles de NaOH que ocupi el fons sense que hagi d'estar totalment cobert. Es manté tapat fins que es lliuri al grup.

L'alumne haurà de bufar una mica dins el matràs per tenir un nivell alt de CO<sub>2</sub> inicial, però com no es pot controlar la bufada pot ser que el nivell inicial sigui massa alt. En aquest cas es pot esperar que una part del CO<sub>2</sub> s'absorbeixi (això s'indica a l'activitat) o moure el matràs per tal de renovar l'aire interior.

Dependrà del nivell de l'alumne que es pugui donar una explicació més o menys química del motiu de la desaparició del CO<sub>2</sub>. És pot considerar com a una propietat d'algunes substàncies el fet d'absorbir diòxid de carboni.

Cal pensar si es volen fer o no prediccions abans de procedir amb l'activitat.

### A3. Desaparició del CO<sub>2</sub> en presència d'un sòlid. Full per al professor/a.

#### Nivell educatiu

Aquesta activitat està redactada per fer-se amb alumnat d'ESO. És evident que la poden fer alumnes de nivell superior.

#### Sensor

Sensor de CO<sub>2</sub> (0 – 5000 ppm)

Paràmetres de mesura: 5 mesures cada minut durant 10 minuts.

#### Objectius

- Conèixer el funcionament elemental del programa.
- Donar una hipòtesi del fenomen estudiat.
- Interpretar els gràfics obtinguts.
- Fer prediccions de variació del nivell en aquest i en altres casos que es proposin.

#### Fonament teòric

Hi ha substàncies en la naturalesa que en presència d'altres sofreixen transformacions per convertir-se en substàncies diferents. Ho sabem perquè la nova substància té propietats diferents.

Això succeeix amb el CO<sub>2</sub> i el sòlid del matràs. La situació més estable per al CO<sub>2</sub> és la d'unir-se al NaOH, de manera que quan les partícules de gas xoquen amb el sòlid quasi sempre queden atrapades i es converteixen en l'hidrogencarbonat de sodi. Poc a poc el CO<sub>2</sub> va desapareixent de l'aire.

#### Material

Sensor de CO<sub>2</sub>

Matràs erlenmeyer tapat amb NaOH sòlid al fons.

Suport i pinça de bureta opcional si convé subjectar el sensor.

#### Precaucions


No cal més precaució que la de tractar el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori. No s'ha de mullar el sensor, no està dissenyat per mesurar CO<sub>2</sub> dissolt en líquids.

L'hidròxid de sodi és càustic. Si toca la pell basta rentar-se amb aigua abundant.

#### Procediment

El que s'ha de fer és mesurar el nivell de CO<sub>2</sub> dins el matràs després de bufar suaument per tenir un nivell inicial suficientment alt, però no saturat.

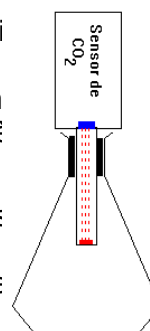
Si han de fer prediccions es demanarà que dibuixin a la segona finestra un gràfic del nivell de CO<sub>2</sub> que esperen hi haurà dins el matràs a mesura que passi el temps.

Amb l'ordinador i el programa iniciat es farà clic a la icona  per tal d'obrir l'activitat CO<sub>2</sub>\_absorció del conjunt existent al projecte.



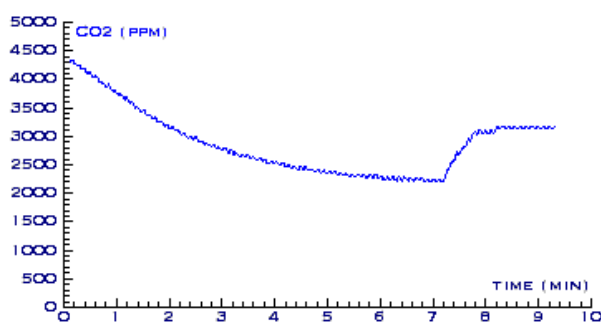
Quan totes les connexions estiguin a punt es destaparà el matràs i bufaran suaument. Es posarà el sensor a sobre, amb el tub dins, manera que s'aguanti sense perill de caure, o sinó, subjectaran el sen amb un suport i pinça de bureta. Convé que esperin 2 minuts per a que el sensor s'adapti al lloc i el gas pugui entrar en el tub de mesura.

Si es visualitzen només dues finestres poden mirar a la icona del sensor situada al dibuix de la interfície, el valor que hi indica. Si el nivell és 5000 ppm cal que esperin a que sigui uns 4500. També poden moure el matràs per afavorir la renovació de l'aire interior.



Aleshores, ja és moment de posar en marxa la captació de dades. Cap als 8 minuts trauran el sensor de dins, el posaran sobre la taula i esperaran fins que s'acabi el temps de mesura (10 minuts) i el botó vermell es torni verd.

Si no ha hagut cap problema desaran el resultat amb el nom *Result of CO2\_absorció\_1*. El gràfic obtingut dependrà de les condicions del moment, però pot ser com aquest:



Nota:



El pictograma de perill corresponent a l'hidròxid de sodi sòlid és:

El significat general és : **irritant**.

S'indica als envasos que contenen substàncies que poden provocar cremades greus y destrucció de les capes de la pell per contacte directe.

### A3. Desaparició del CO<sub>2</sub> en presència d'un sòlid. Full de l'alumne/a.

#### Sensor

Sensor de CO<sub>2</sub>.

#### Fonament teòric

Hi ha substàncies en la naturalesa que en presència de gas diòxid de carboni es converteixen en substàncies diferents. Potser sigui aquesta una raó de la variació de concentració de CO<sub>2</sub> que s'observarà en l'activitat.

#### Objectius

- Conèixer el comportament del sensor de CO<sub>2</sub> per fer mesures de nivell i per saber fer prediccions del nivell existent en un recinte on té lloc algun canvi.
- Saber interpretar els gràfics obtinguts.

A on va a parar el CO<sub>2</sub> que desapareix?

#### Material i precaucions

Sensor de CO<sub>2</sub>. Material de laboratori i reactius necessaris.

Tracteu el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori. No heu de mullar el sensor ja que no està dissenyat per mesurar el CO<sub>2</sub> dissolt en líquids.

Consideredu els possibles errors que es produirien si el matràs on es fan les mesures és a prop de la cara del mesurador.

#### Procediment



A la taula heu de tenir un matràs amb un sòlid blanc en forma de lletilles. Quan sigui el moment bufareu dins el matràs però caldrà que sigui un bufada molt curta i poc intensa. Després, mesurareu el nivell de CO<sub>2</sub> a l'interior del matràs, durant 8 minuts, i a l'exterior, la resta del temps. Penseu això abans de dibuixar un gràfic de predicció del nivell de CO<sub>2</sub>. A continuació escriureu un comentari a la finestra adient.



Seguiu les indicacions del professor/a. Abans de començar haureu de dibuixar el gràfic de predicció a la segona finestra de la pantalla.

En acabar desareu el resultat amb el nom (*Result of CO<sub>2</sub>\_absorcio\_1*).

#### Tractament de les dades

1. Anoteu el valors del nivell de CO<sub>2</sub> inicial i final només del tram descendent i el temps corresponent..
 

Nivell inicial: .....	ppm	Temps: .....	min
Nivell final: .....	ppm	Temps: .....	min
2. Determineu el valor de  $t_{1/2}$  per a aquest tram descendent i anoteu el nivell que correspon.
 

$t_{1/2} =$	Nivell = .....	ppm
-------------	----------------	-----
3. Es sembla el gràfic que heu predit al que heu obtingut?: .....

**E3. Conclusions i preguntes finals**

1. Si definim com a velocitat mitjana el quocient entre la diferència de nivells i l'interval de temps corresponent, calcula la velocitat en l'interval  $t = 0$  a  $t = t_{1/2}$  i en l'interval  $t = t_{1/2}$  a  $t =$  temps final de la disminució.

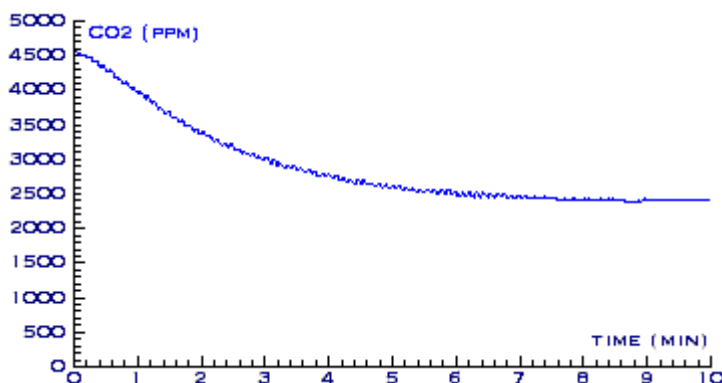
Velocitat primera part:

Velocitat segona part:

2. El resultat anterior ens dona alguna informació sobre la disminució del CO<sub>2</sub>?
  
3. Perquè no es pot suposar que la disminució de CO<sub>2</sub> es deu a que ha sortit del matràs i s'ha escampat per l'aula?
  
4. El sòlid es diu sosa càustica (el nom químic és hidròxid de sodi) i té com a fórmula NaOH. Proposa una reacció química senzilla que expliqui la desaparició del CO<sub>2</sub> per incorporació al sòlid.

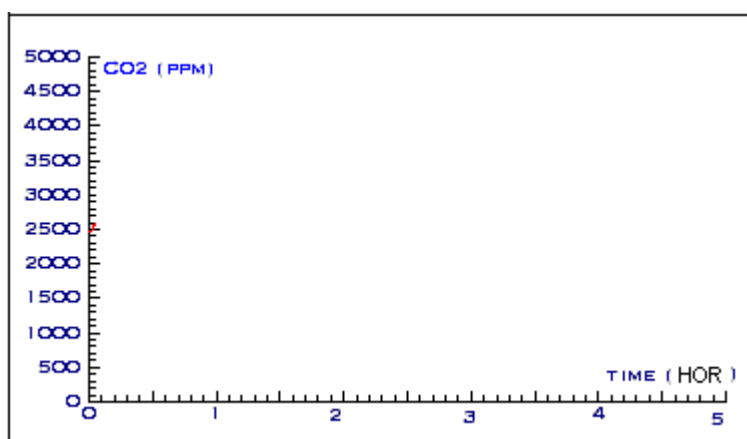


5. La sosa potàssica (hidròxid de potassi) és un sòlid amb propietats semblants a les de la sosa càustica (hidròxid de sodi). Dibuixa un gràfic que sigui compatible amb una absorció de CO<sub>2</sub> que transcorri més ràpidament que per a la sosa càustica (línia dibuixada). Suposa el mateixos nivells inicial i final per a les dues gràfiques.

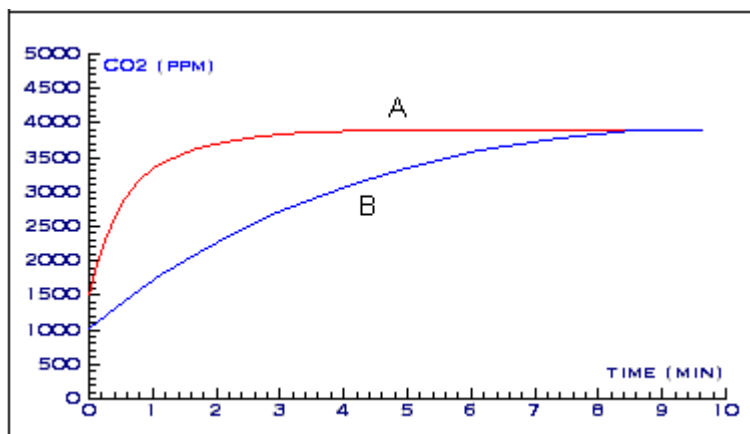


## AE1. Avaluació del projecte *Sensor\_CO<sub>2</sub>*

1. Fes un gràfic aproximat de com seria la variació del nivell de CO<sub>2</sub> de la teva aula des d'abans de començar les classes fins a l'última classe,
  - a) un dia d'hivern molt fred (línia de color vermell)
  - b) un dia assolellat del mes de maig (línia de color blau)



2. Les corbes representen la producció de CO<sub>2</sub> de dues substàncies. Quina de les dues produeix més quantitat en 10 minuts i quina ho fa més ràpidament?



3. Com posaries de manifest si una planta de fulles verdes produeix CO<sub>2</sub> i si hi ha alguna diferència de nivell al llarg del dia?
4. Quant al funcionament del sensor de diòxid de carboni fes un comentari respecte a:
  - a) la rapidesa en detectar els canvis de concentració de CO<sub>2</sub>.
  - b) la constància del valor en les mesures dins un recipient tancat.

## Full de respostes de les activitats d'ESO

### E1

1. Dependrà de cada cas. Uns valors possibles poden ser:

Mínim: 2823 ppm      Màxim: 2879

Explicació: Oscil·lacions pròpies del sensor, valors dins de la seva resolució. Podrien ser degudes a variacions de l'ambient, a causa de la respiració de persones properes al sensor.

2. També dependrà de cada cas. Podria ser:

Matràs: 2000 ppm (matràs aïllat)

Aula: 3500 ppm (amb ocupació anterior) o 2500 (sense ocupació anterior)

Explicació: El CO<sub>2</sub> procedent de la respiració dels éssers vius es troba a l'aula però no ha entrat al matràs per estar aïllat dins un armari tancat.

3. El matràs ha estat en un ambient carregat de CO<sub>2</sub> o algú ha bufat dins. El pic es pot deure a que s'ha respirat a prop del sensor.
4. Forma part de l'aire que havia quan es va tancar i deixar a l'armari.

### E2

1. Valors possibles poden ser:

Nivell interior: 4500 ppm      Nivell exterior: 3000 ppm (segons ocupació)

Diferència: 1500 ppm

Explicació: el gas que se expulsa a la respiració (aire espirat) conté diòxid de carboni. Per haver bufat dins el matràs ha augmentat el nivell en relació a l'exterior, en aquest cas 1500 ppm

2. La línia recta inicial, sense oscil·lacions indica que el nivell inicial va ser superior al límit que pot mesurar el sensor, que és 5000 ppm. Aquest valor no és indicatiu de la concentració de CO<sub>2</sub> al matràs.
3. Tota activitat vital genera CO<sub>2</sub> procedent de la respiració dels éssers vius. A més activitat, més necessitat d'energia, més consum de matèria i més despreniment de gas.
4. Es pot mesurar el nivell de l'habitació on es situï la persona abans i després de una hora (pot ser 1 hora exacta o un altre temps, si es fa la deguda proporció). Si es sap el volum de l'habitació ( $V = a \cdot b \cdot c$ ) es pot determinar la quantitat de CO<sub>2</sub> tenint en compte que 1 ppm = 1'8 g CO<sub>2</sub> per cada 1 m<sup>3</sup>.

Massa de CO<sub>2</sub> = Variació de nivell · 1'8 g/m<sup>3</sup> · V m<sup>3</sup> =  $\Delta c \cdot 1'8 \cdot V$  grams CO<sub>2</sub> (amb una temperatura al voltant dels 25°C). Si cal es fa la proporció a 1 hora.

### E3

1. Per al gràfic inclòs a l'explicació:

Gràfic: de 4417 ppm passa a 2212 ppm; Valor mitjà: 3314 ppm, que correspon a un  $t = t_{1/2} = 1'8$  min

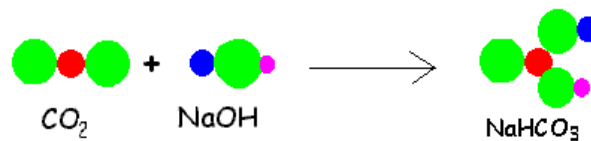
Velocitat (primera meitat) =  $(4417 - 3314) \text{ ppm} / 1'8 \text{ min} = 613 \text{ ppm/min} = 10 \text{ ppm/s}$

Velocitat (segona meitat) =  $(3314-2212)\text{ppm}/5'4 \text{ min} = 204 \text{ ppm/min} = 3'4 \text{ ppm/s}$

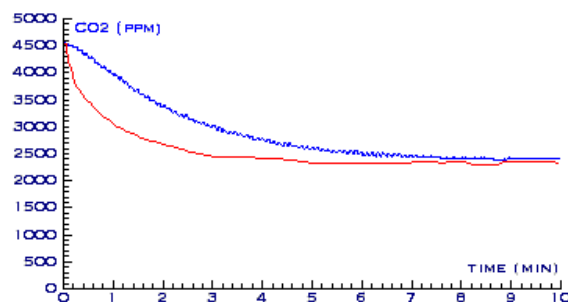
2. D'aquí es pot deduir que en 1'8 min (primera meitat) ha disminuït la mateixa quantitat que en 5'4 min (de 1'8 a 7'2 min). O sigui ha estat més lenta la segona meitat. Potser la disminució depengui de la quantitat de gas que hi hagi.

Si ens fixem a la velocitat veiem que és més gran al principi o sigui que desapareix a un ritme més gran al principi, quan hi ha més quantitat de CO<sub>2</sub>. La velocitat d'absorció del gas depèn de la seva concentració.

3. Perquè disminueix més que el nivell a l'aula. En treure el sensor del matràs ho hauria diferència entre l'interior i l'exterior o a l'interior hi hauria més nivell.
4. Possible solució.

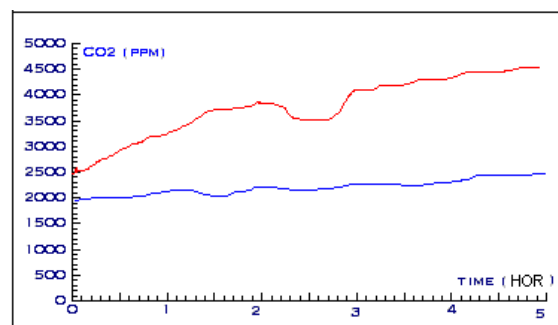


5. El nou gràfic haurà de tenir un pendent més gran.



## AE1

- 1.



Hem de suposar que el dia d'hivern les finestres estan tancades i no hi ha renovació de l'aire. Potser a l'hora del pati disminueixi una mica el nivell.

Al mes de maig suposarem que les finestres són obertes i hi ha una bona renovació de l'aire de l'aula.


2. La corba blau (B) indica que hi ha hagut més producció (des de 1000 a 3800 ppm) que a la vermella, A (des de 1500 a 3800 ppm). Però el pendent de les corbes ens indica que a la corba A la velocitat ha estat més gran al principi. Cap als 4 minuts s'ha assolit el màxim nivell. En canvi a la corba B s'ha assolit més tard del minut 8.
3. Si posem la planta en un recinte tancat però que tingui il·luminació solar podrem mesurar el nivell de CO<sub>2</sub> al llarg d'un dia, prenent mesures cada minut (1440 mesures) o 5 minuts (288 mesures). Si hi ha diferències es podran veure al gràfic.

En una experiència com aquesta no haurem d'oblidar que el recinte adient serà el que no saturi el sensor.

4. Si bufem dins el tub detecta el canvi ràpidament. Si varia el nivell de CO<sub>2</sub> en un recipient, el canvi tardarà en detectar-se depenent de la difusió del gas. Una constància perfecta no hi ha, el sensor oscil·la, no podem demostrar que sigui per raons de disseny del circuit, però segurament no és degut a variacions reals de nivell de CO<sub>2</sub>.

## Preparació de l'activitat B1. Absorció del CO<sub>2</sub> pel NaOH



Dins el projecte *Sensor\_CO<sub>2</sub>* activarem el botó  per crear la nova activitat, escollirem la placa CoachLab II i l'anomenarem *CO<sub>2</sub>\_NaOH*. També es pot tenir oberta l'activitat d'ESO *CO<sub>2</sub>\_absorció*, fer els canvis que es proposen a continuació i desar-la amb el nou nom. D'aquesta manera aprofitarem el que ja tenim fet.

Amb la primera finestra activada esborrarem el seu contingut i escriurem el següent:

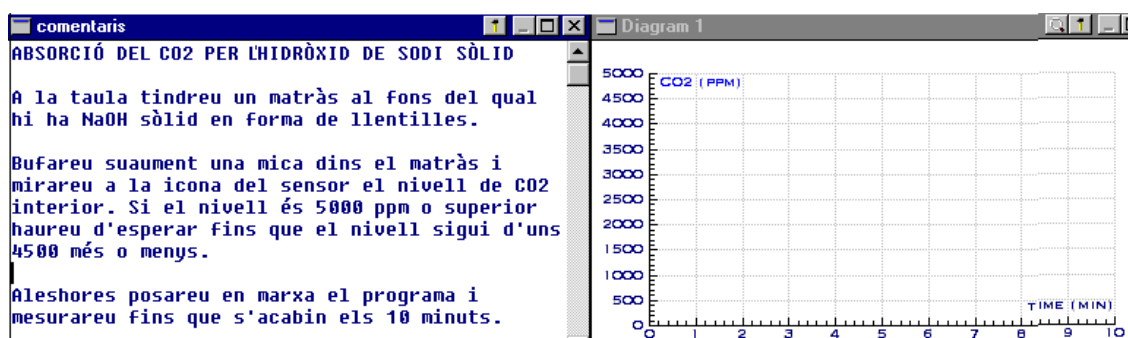
ABSORCIÓ DEL CO<sub>2</sub> PER L'HIDRÒXID DE SODI SÒLID  
 A la taula tindreu un matràs al fons del qual hi ha NaOH sòlid en forma de lletilles.  
 Bufareu **suaument** una mica dins el matràs i mirareu a la icona del sensor el nivell de CO<sub>2</sub> interior. Si el nivell és 5000 ppm haureu d'esperar fins que el nivell sigui d'uns 4500 més o menys. Aleshores posareu en marxa el programa i mesurareu fins que s'acabin els 10 minuts.

Els paràmetres de mesura ja hi són incorporats (temps = 10 min; velocitat = 5 mesures/minut). I el model de gràfic ja hi és (eix vertical, C2: *Analog In 1:sensor CO<sub>2</sub>*; eix horitzontal, C1: *Clock* de 0 a 10 minuts).

No hem d'oblidar desar-la amb el nom que hem decidit abans, *CO<sub>2</sub>\_NaOH*.

S'haurà de preparar un matràs amb una capa de lletilles de NaOH que ocupi el fons sense que hagi d'estar totalment cobert. Es manté tapat fins que es lliuri al grup.

L'alumne haurà de bufar una mica dins el matràs per tenir un nivell alt de CO<sub>2</sub> inicial, però com no es pot controlar la bufada pot ser que el nivell inicial sigui massa alt. En aquest cas es pot esperar que una part del CO<sub>2</sub> s'absorbeixi o es pot moure el matràs per forçar la renovació de l'aire interior.



Si es volen fer prediccions fóra convenient dissenyar l'activitat-Coach amb quatre finestres, deixant la tercera per a comentaris.



## B1. Activitat Absorció del CO<sub>2</sub> pel NaOH sòlid. Full del professor/a

### Nivell educatiu

Aquesta activitat està redactada per fer-se amb alumnat de Batxillerat o Cicles Formatius.

### Sensor

Sensor de CO<sub>2</sub> (0 – 5000 ppm)

Paràmetres de mesura: 5 mesures cada segon durant 10 minuts.

### Objectius

- Conèixer el funcionament elemental del programa.
- Donar una hipòtesi del fenomen estudiat.
- Interpretar aquest fenomen d'absorció.
- Interpretar els gràfics obtinguts.

### Fonament teòric

Hi ha substàncies en la naturalesa que en presència d'altres sofreixen transformacions convertint-se en substàncies diferents, és a dir, reaccionen. Es sap perquè a la nova substància s'observen propietats diferents.

Això succeeix amb el CO<sub>2</sub> i NaOH. El diòxid de carboni s'uneix a l'hidròxid de sodi formant hidrogencarbonat de sodi, NaHCO<sub>3</sub>, (anomenat vulgarment bicarbonat), de manera que quan les partícules de gas xoquen amb el sòlid quasi sempre queden atrapades. Poc a poc el CO<sub>2</sub> va desapareixent del gas.

### Material i productes

Sensor de CO<sub>2</sub>

NaOH sòlid, suficient per mig cobrir el fons del matràs.

Matràs erlenmeyer amb el sòlid al fons i tapat.

Suport i pinça de bureta opcional si convé subjectar el sensor.


### Precaucions

Cal tractar el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori. No s'ha mullar el sensor ja que no està dissenyat per mesurar CO<sub>2</sub> dissolt en líquids.

Tocar el sòlid pot danyar la pell, és càustic. Si toca la pell basta rentar-se amb aigua abundant.

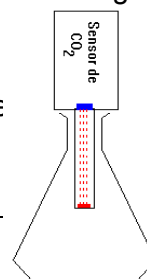
### Procediment

El que han de fer és mesurar el nivell de CO<sub>2</sub> dins el matràs després d'haver bufat suaument per tenir un nivell inicial suficientment alt, però no saturat.

Amb l'ordinador i el programa iniciat es farà clic a la icona  per tal d'obrir l'activitat CO<sub>2</sub>\_NaOH del conjunt existent al projecte. Es donaran les instruccions que es considerin adients si no figuren al full de l'alumne/a.

Si es volen demanar prediccions es donaran les instruccions per dibuixar el gràfic a la segona finestra.


Quan totes les connexions estiguin a punt es destaparà el matràs bufaran suaument dins. Es posarà el sensor a sobre, amb el tub dins, de



manera que s'aguanti sense perill de caure o, sinó, es pot subjectar el sensor amb un suport i pinça de bureta.

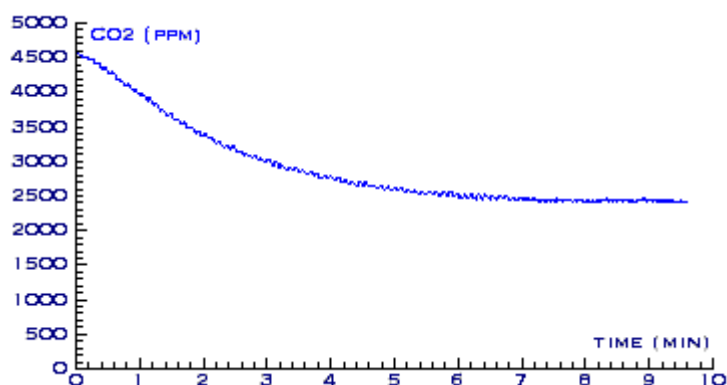
Caldrà esperar 2 minuts per a què el sensor s'adapti al lloc i el gas pugui entrar en el tub de mesura.



Si miren a la icona del sensor (pantalla amb dues finestres, ) situada al dibuix de la interfície, el valor que hi indica. Si el nivell ultrapassa el valor de 5000 ppm caldrà esperar a que sigui uns 4500. Es pot moure el matràs per afavorir la renovació de l'aire interior.

Aleshores, posaran en marxa el programa i esperaran els 10 minuts

Si no ha hagut problema hauran de desar el resultat amb el nom *Result of CO2\_NaOH\_1*. El gràfic obtingut dependrà de les condicions del moment però podria ser semblant a aquest:



Nota:



El pictograma de perill corresponent a l'hidròxid de sodi sòlid és:

El significat general és: **irritant**.

S'indica als envasos que contenen substàncies que poden provocar cremades greus y destrucció de les capes de la pell per contacte directe.

## B1. Activitat Absorció del CO<sub>2</sub> pel NaOH sòlid. Full de l'alumne/a

### Sensor

Sensor de CO<sub>2</sub>.

Paràmetres de mesura: 5 mesures cada segon durant 10 minuts.

### Fonament teòric

Moltes substàncies de la naturalesa en presència d'altres sofreixen transformacions convertint-se en substàncies diferents. En aquesta activitat succeeix un d'aquests fenòmens. Poc a poc el CO<sub>2</sub> anirà desapareixent i haureu de donar una explicació.

### Objectius

- Conèixer el funcionament elemental del programa.
- Donar una hipòtesi del fenomen estudiat i saber interpretar-lo
- Interpretar els gràfics obtinguts i altres semblants que es proposin
- Saber predir comportaments semblants a l'estudiat

En què s'ha convertit el diòxid de carboni que ha desaparegut?

### Material i productes

Sensor de CO<sub>2</sub>. Material de laboratori i reactius.

### Precaucions

Heu de tractar el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori. El sensor no està dissenyat per mesurar CO<sub>2</sub> dissolt en líquids.

El sòlid és càustic. Tocar-lo pot danyar la pell. Si toca la pell basta rentar-se amb aigua abundant.

### Procediment

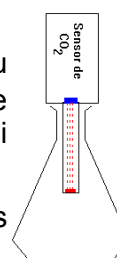


El que haureu de fer és mesurar el nivell de CO<sub>2</sub> dins el matràs després d'haver bufat suaument per tenir un nivell inicial suficientment alt, però no saturat.



Quan totes les connexions estiguin a punt destapeu el matràs i bufeu suaument dins. Poseu el sensor a sobre, amb el tub dins, de manera que s'aguanti sense perill de caure o, sinó, el podeu subjectar amb un suport i pinça de bureta.

Cal que espereu uns 2 minuts per a què el sensor s'adapti al lloc i el gas pugui entrar en el tub de mesura.



Mireu la icona del sensor situada al dibuix de la interfície (pantalla amb dues finestres,



), i observeu el valor que hi indica.

Si el nivell indicat és 5000 ppm caldrà esperar fins que sigui uns 4500. Es pot moure el matràs per afavorir la renovació de l'aire interior. Aleshores, poseu en marxa el programa i espereu els 10 minuts

Si no hi ha hagut problema deseu el resultat amb el nom *Result of CO<sub>2</sub>\_NaOH\_1*.

**Tractament de les dades**

1. Determineu la variació de nivell de CO<sub>2</sub> en els 10 minuts i la velocitat mitjana de l'absorció, expressada en ppm/min.
2. Mitjançant les eines del programa feu l'ajustament a una corba exponencial:
  - Premeu el botó dret i activeu l'opció *Zoom to fit*.
  - Maximitzeu la finestra del gràfic.
  - Premeu el botó dret i activeu *Analyse* i *Function-fit*
  - A la llista de l'esquerra escolliu la funció **f(x) = a Exp(bx) + c**
  - Premeu el botó **Auto fit** i quan acabi de fer l'ajustament preneu nota de l'equació, que serà semblant a:  $f(x) = 2370 * \text{Exp}(-0.688*t) + 2001$
  - Substituïu (*Replace Graph*) la corba actual per la nova ajustada.
  - Deseu el nou resultat amb el nom *Result of CO2\_NaOH\_2*

**Equació:**

3. Amb la corba ajustada a la vista interpreteu el significat dels valors **a** i **c** obtinguts abans.

**a :****c:**

4. Feu ara el següent:
  - Activeu l'opció *Analyse \ Slope*
  - Situeu el punter del ratolí sobre els punts corresponents als temps t = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ... minuts, feu clic i moveu el ratolí fins que la recta mòbil sigui tangent a la corba.Quan sigui tangent preneu nota del valor del pendent que es visualitza a la casella *Slope*.

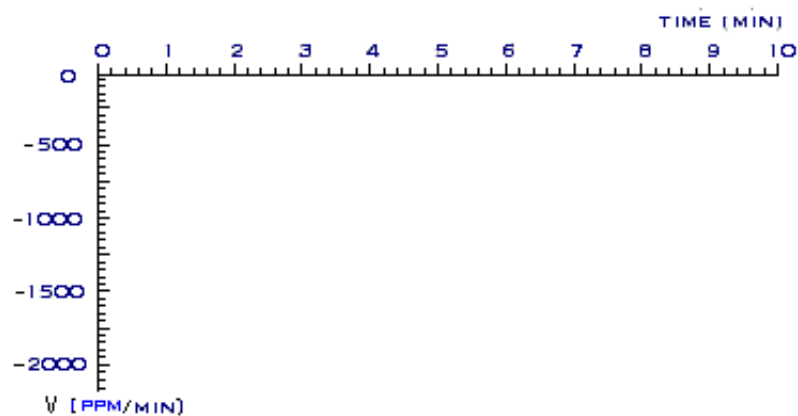
Temps (min) :	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Pendent :

5. Si heu fet una predicció, hi ha semblança entre el gràfic predit i l'obtingut?


**B1. Conclusions i preguntes finals**

- Dóna una raó de la desaparició del CO<sub>2</sub> observada.
- Calcula l'equivalència entre **1 ppm** i el nombre de **mg de CO<sub>2</sub>** en cada m<sup>3</sup> d'aire considerant una temperatura de 25°C i 1 atm de pressió. Seguiu aquest càlcul:  
 1 ppm = \_\_\_\_\_ mL/m<sup>3</sup>; Equació d'estat dels gasos ideals:  
 Quantitat de CO<sub>2</sub> (mols) corresponent a aquest volum:  $n =$  \_\_\_\_\_  
 Concentració de CO<sub>2</sub>:  $c =$  \_\_\_\_\_ mol/m<sup>3</sup>  
 Concentració de CO<sub>2</sub> en g/m<sup>3</sup>:  $c =$  \_\_\_\_\_
- Quanta massa de CO<sub>2</sub> ha desaparegut? A on ha anat a parar aquesta matèria?
- Escriu de nou la velocitat mitjana d'absorció expressada en ppm/min i en  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}/\text{s}$ .
- Escriu l'equació de la corba d'absorció amb la simbologia matemàtica correcta.
- Representeu gràficament el pendent (*Slope*) determinat en funció del temps. Quin significat té aquesta gràfica?



## Preparació de l'activitat: B2. Descomposició del carbonat bàsic de coure(II)



Dins el projecte *Sensor\_CO2* activarem el botó  per crear la nova activitat, escollirem la placa CoachLab II i l'anomenarem *CO2\_CuCO3*. També es pot tenir oberta l'activitat anterior *CO2\_NaOH*, fer els canvis que es proposen a continuació i desar-la amb el nou nom. D'aquesta manera aprofitarem el que ja tenim fet.

Amb la primera finestra activada esborrarem el seu contingut i escriurem el següent:

DESCOMPOSICIÓ DEL CARBONAT DE COURE(II)  
 A la taula tindreu un matràs al fons del qual hi ha  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  sòlid en pols, que és la forma disponible del carbonat de coure(II) al laboratori. Només ens interessa el component  $\text{CuCO}_3$ . Posareu el sensor sobre la boca del matràs, ben subjectat, esperareu 2 minuts i, aleshores, posareu en marxa el programa i mesurareu fins que s'acabin els 10 minuts.  
 Aquesta operació heu de fer-la per a tres diferents temperatures: 30°C, 50°C i 70°C.

Els paràmetres de mesura seran: temps de mesura = 10 min; velocitat = 5 mesures/minut. I el model de gràfic ja hi és (eix vertical, C2: *Analog In 1:sensor CO2*; eix horitzontal, C1: *Clock* de 0 a 10 minuts). Es pot fer el disseny en 2 o en 4 finestres, si es volen demanar prediccions.

No hem d'oblidar desar-la amb el nom que hem decidit abans, *CO2\_CuCO3*.

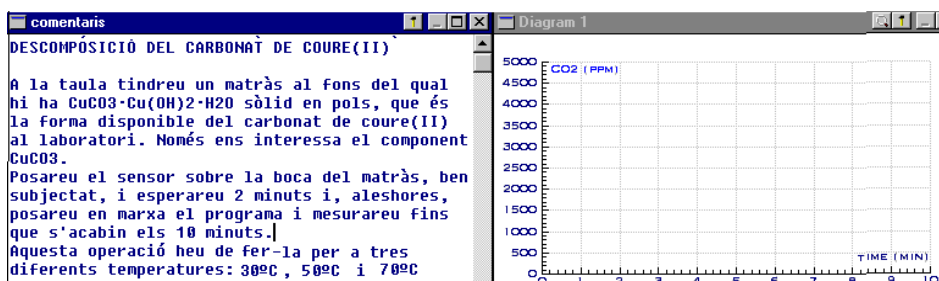
S'haurà de preparar un matràs amb 2 grams de producte que ocupi el fons sense que hagi d'estar totalment cobert, però si ben repartit.

El despreniment de CO<sub>2</sub> amb un bon registre gràfic, sense arribar a la saturació del sensor, té lloc al voltant del 70°C.

Una manera de tenir temperatures temperades (30-80°C) d'una manera fàcil pot ser aprofitar la placa de l'agitador magnètic. S'hauria d'haver fet un estudi previ per determinar quina temperatura es pot obtenir amb el comandament fins el 25%

Es poden utilitzar banys d'aigua en un vas de diàmetre suficient per que càpiga el matràs, que s'haurà escalfat fins a la temperatura desitjada. Cal tenir en compte que basta escalfar la base del matràs on hi és el carbonat, per tant no serà necessària massa aigua.

Per a una temperatura d'uns 30°C pot servir la calor de les mans.



La temperatura de la placa o de l'aigua es pot determinar amb termòmetre de vidre o amb el sensor de temperatura, encara que més tard hauríem d'eliminar les dades.

## **B2. Activitat *Descomposició del carbonat de coure(II)*. Full per al professor/a**

### **Nivell educatiu**

Aquesta activitat està redactada per fer-se amb alumnat de Batxillerat o Cicles Formatius.

### **Sensor**

Sensor de CO<sub>2</sub> (0 – 5000 ppm)

Paràmetres de mesura: 5 mesures/minut, durant 10 minuts

### **Objectius**

- Conèixer el funcionament elemental del programa.
- Donar una hipòtesi del fenomen estudiat.
- Interpretar aquest fenomen de descomposició.
- Interpretar els gràfics obtinguts.
- Fer prediccions en relació a fenòmens semblants a l'estudiat.

### **Fonament teòric**

Els carbonats es descomponen per l'acció de la calor formant l'òxid corresponent i desprenent diòxid de carboni. El carbonat de coure(II) que es disposa normalment al laboratori és un sòlid de color verd que conté, a més, hidròxid de coure(II) i aigua d'hidratació. La seva fórmula, segons l'etiqueta del fabricant, és: CuCO<sub>3</sub>·Cu(OH)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O.



Per realitzar aquesta activitat només ens fixarem en la part de carbonat. Si al llarg de l'activitat el sòlid s'escalfa suficientment pot ser es vegi humitat a la paret interior del matràs: són degudes a l'aigua d'hidratació que s'ha eliminat i condensat.

El nivell de CO<sub>2</sub> ha d'augmentar si es treballa a una temperatura adient per produir la descomposició.

### **Material i productes**

Sensor de CO<sub>2</sub>

Carbonat bàsic de coure(II) sòlid, suficient per mig cobrir el fons del matràs.

Matràs erlenmeyer amb el sòlid al fons.

Suport i pinça de bureta opcional si convé subjectar el sensor.

Placa calefactors amb control de temperatura i/o vas de 600 mL o 1 L amb 200 mL d'aigua que s'haurà d'escalfar.

Termòmetre de vidre o sensor de temperatura.


### **Precaucions**

Cal tractar el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori. El sensor no està dissenyat per mesurar CO<sub>2</sub> dissolt en líquids. La placa calefactors pot estar més calenta del que sembla. Pot cremar la pell i cremar els cables del sensor.

Si utilitzen termòmetre de vidre cal tenir cura quan el deixen a la taula de que no rodi i pugui caure a terra. Si és de mercuri i es trenca, NO han de tocar el mercuri. COMPTE!

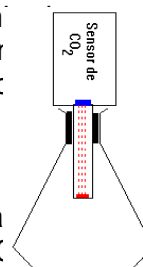
### **Procediment**

El que han de fer serà mesurar el nivell de CO<sub>2</sub> dins el matràs en tres situacions: a temperatura de 30°C a 50°C i a 70°C. Per a la primera temperatura bastarà el calor de les mans. Per a les altres caldrà escalfar l'aigua o la placa.

Cada grup pot fer les tres parts o es poden repartir en els diferents grups i acabar amb un posada en comú. Amb l'ordinador i el programa iniciat es farà clic a la icona  per tal d'obrir l'activitat CO<sub>2</sub>\_CuCO<sub>3</sub> del conjunt existent al projecte.

Si es volen fer prediccions es donaran les instruccions adients per dibuixar el gràfic a la segona finestra.

Quan totes les connexions estiguin a punt posaran el sensor a sobre, am tub dins, de manera que s'aguanti sense perill de caure. Esperaran 2 min per a què el sensor s'adapti al lloc i l'aire del matràs pugui entrar en el tub mesura.



### Primera part:

Es posarà el programa en marxa per iniciar la captació de dades. Agafara base del matràs amb les mans per tal d'escalfar el sòlid a uns 30°C. Aguantaran el matràs ben agafat fins que passin 6 minuts i, a continuació, el deixaran sobre la taula fins acabar els 10 minuts.

Desaran el resultat amb el nom *Result of CO<sub>2</sub>\_CuCO<sub>3</sub>\_1* . Una vegada desat poden esborrar les dades per tenir el gràfic net i llest per a la següent captació de dades

### Segona part:

Posaran en marxa de nou l'adquisició de dades (botó verd). Esperaran uns 2 minuts.

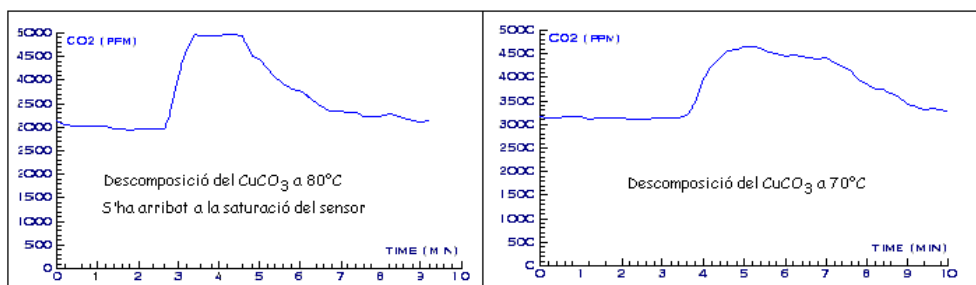
Sense treure el sensor del matràs posaran aquest a la placa o al bany d'aigua quan siguin a uns 50°C. Si es fa ús del bany maria, el vas convé que sigui sobre la taula, no importa que es refredi mentre es fan les mesures. Subjectaran el matràs dins l'aigua per mantenir la base en l'aigua calenta. No cal que l'aigua cobreixi més que la base del matràs, on hi és el carbonat.

Aguantaran així fins que passin 6 minuts i, a continuació, el deixaran sobre la taula fins que s'acabi el temps de mesura. Desaran el resultat amb el nom *Result of CO<sub>2</sub>\_CuCO<sub>3</sub>\_2* i es podran esborrar les dades per a la tercera part.

### Tercera part:

Es repetirà el mateix amb la placa o l'aigua a uns 70°C. En acabar desaran el resultat amb el nom *Result of CO<sub>2</sub>\_CuCO<sub>3</sub>\_3*.

Els gràfics obtinguts dependran de les condicions del moment. Un possible resultat a 70°C i a 80°C podria ser semblant a aquest:



Terminada l'activitat es recollirà el carbonat de coure(II) i es guardarà en un flascó com a producte recuperat. Encara que l'alumne no té necessitat de tocar el producte convé saber el risc establert per a aquesta substància.





El pictograma corresponent al  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$  és: (Xn), que correspon a la categoria general de **nocius**, i s'indica als envasos que contenen productes tòxics i/o irritants al contacte amb la pell.

En aquest cas un simple contacte amb la pell no produeix cap lesió.

## B2. Activitat Descomposició del carbonat de coure(II). Full per a l'alumne/a

### Sensor

Sensor de CO<sub>2</sub>. Paràmetres de mesura: 5 mesures/minut, durant 10 minuts.

### Fonament teòric

L'observació de la variació del nivell de CO<sub>2</sub> ens indica que, per alguna raó que caldrà esbrinar, es crea aquest gas en determinades condicions. Ha d'haver alguna relació entre el sòlid i el gas que ens permeti donar l'explicació adient. Podem avançar que aquesta relació és comú per als compostos de la mateixa "família", els carbonats.

### Objectius

- Conèixer el funcionament elemental del programa.
- Donar una hipòtesi del fenomen estudiat i interpretar-lo
- Interpretar els gràfics obtinguts.
- Fer prediccions en relació a fenòmens semblants a l'estudiat.  
D'on surt el CO<sub>2</sub> i a on va a parar?

### Material i productes

Sensor de CO<sub>2</sub>. Material de laboratori i reactius.

Placa calefactora.

Termòmetre de vidre o sensor de temperatura.

### Precaucions

Cal tractar el sensor amb la mateixa cura que mereix qualsevol altre estri del laboratori. El sensor no està dissenyat per mesurar CO<sub>2</sub> dissolt en líquids. La placa calefactora pot estar més calenta del que sembla. Pot cremar la pell i cremar els cables del sensor.

Si utilitzeu termòmetre de vidre cal tenir cura quan el deixeu a la taula de que no rodi i pugui caure a terra. Si és de mercuri i es trenca, NO heu de tocar el mercuri. COMPTE!

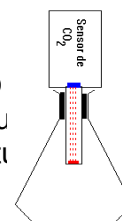
### Procediment



El que heu de fer és mesurar el nivell de CO<sub>2</sub> dins el matràs a tres temperatures: 30°C, 50°C i 70°C, aproximadament. Per a la primera temperatura bastarà el calor de les mans. Per a les altres caldrà escalfar l'aigua o la placa.



Quan totes les connexions estiguin a punt poseu el sensor a sobre, amb tub dins, de manera que s'aguanti sense perill de caure. Espereu 2 minuts per a que el sensor s'adapti al lloc i el gas del matràs pugui entrar en el tub de mesura.



### Primera part:

Poseu el programa en marxa per iniciar la captació de dades. Agafeu la base del matràs amb les mans per tal d'escalfar el sòlid a uns 30°C. Aguanteu el matràs ben agafat fins que passin 6 minuts i, a continuació, deixeu-lo sobre la taula fins acabar els 10 minuts.

Deseu el resultat amb el nom *Result of CO2\_CuCO3\_1*.

Preneu nota de la màxima variació produïda:

Variació = nivell màxim – nivell inicial = .....

Interval de temps de la variació = .....

Una vegada desat esborreu les dades (botó dret, *erase all*) per tenir a punt el gràfic per a la segona part.

### Segona part:

Poseu en marxa de nou l'adquisició de dades (botó verd) i espereu uns 2 minuts.

Sense treure el sensor del matràs poseu aquest a la placa o al bany d'aigua quan siguin a uns 50°C. Si feu ús del bany maria, per seguretat, el vas ha d'estar sobre la taula, no importa que es refredi mentre es fan les mesures. Subjecteu el matràs dins l'aigua per mantenir la base en l'aigua calenta. Basta que l'aigua cobreixi la base del matràs, on hi és el carbonat. Aguanteu així fins que passin 6 minuts i, a continuació, tragueu el matràs de l'aigua i deixeu-lo sobre la taula fins que s'acabi el temps de mesura. Deseu el resultat amb el nom *Result of CO2\_CuCO3\_2*. Preneu nota de la màxima variació produïda:

Variació = nivell màxim – nivell inicial = .....

Interval de temps de la variació = .....

Una vegada desat esborreu les dades (botó dret, *erase all*) per tenir a punt el gràfic per a la segona part.

### Tercera part:

Es repetirà el mateix amb la placa o l'aigua a uns 70°C. En acabar deseu el resultat amb el nom *Result of CO2\_CuCO3\_3*. Preneu nota de la màxima variació produïda:

Variació = nivell màxim – nivell inicial = .....

Interval de temps de la variació = .....

### Tractament de les dades

1. Escriviu de nou la màxima variació produïda en cada cas, si n'hi ha hagut.

A 30°C: Variació: Interval de temps:

A 50°C: Variació: Interval de temps:

A 70°C: Variació: Interval de temps:

2. Si un dels trams de corba ascendent és interessant feu el següent:

- Activeu l'opció *Select data* (botó dret, opció *Process \ Select data*)

- Seleccioneu la variant *Function Tipe = Area*

- Quan el punter del ratolí passa per sobre dels indicadors en forma de triangle negre es converteix en una mà que pot arrossegat-los fins el punt que vulguem. D'aquesta manera seleccionem solament el tram ascendent, confirmeu (OK) i digueu que sí a la pregunta de si voleu restringir les dades a l'àrea seleccionada.

- A continuació procediu a suavitzar la corba restant (botó dret, *Process \ Smooth Graph*).

- Deseu el nou resultat amb el nom *Result of CO2\_CuCO3\_3b* ( *\_2b* o *\_1b* per al altres casos).

## B2. Conclusions i preguntes finals

1. Doneu una interpretació química del despreniment de CO<sub>2</sub>. Acompanyeu l'explicació amb la corresponent equació química.
2. Determineu per a cada temperatura la velocitat mitjana de producció de CO<sub>2</sub>, expressada en ppm/min i en  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}/\text{s}$ .
3. Compareu entre sí els gràfics *Result of CO<sub>2</sub>\_CuCO3\_Xb*, i establiu una llei qualitativa de la quantitat de CO<sub>2</sub> produïda en funció de la temperatura. Hi ha alguna relació amb els resultats obtinguts a la pregunta 2?
4. Dóna dos possibles explicacions de la forma descendent del gràfic original a partir del cessament de l'aplicació de calor.
5. Calcula la massa de CO<sub>2</sub> que s'ha originat a la tercera part durant el calentament del sòlid a 70°C

## Altres propostes

### Nivell ESO

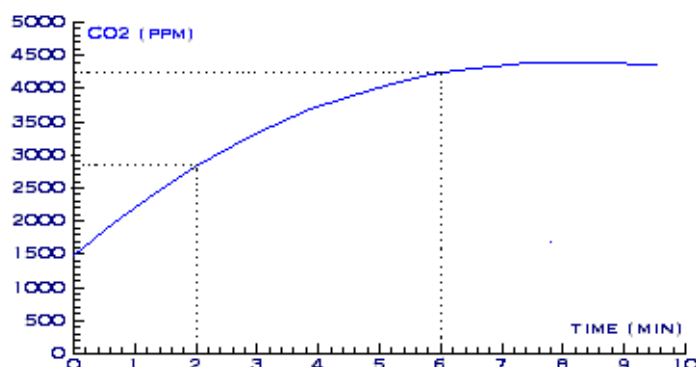
- Mesura de nivells de CO<sub>2</sub> amb motiu de la respiració de petits animals o de plantes.
- Mesura del nivell de CO<sub>2</sub> dins l'aula. Prediccions al llarg d'un dia de classe, al mes de juny i al de gener.
- Estudis comparatius de la fermentació de sucres en diferents condicions.
- Estudis comparatius de l'absorció de CO<sub>2</sub> per NaOH sòlid a diferents temperatures del sòlid.
- Estudis comparatius per a diferents hidròxids sòlids.

### Nivell ESPO

- Estudi comparatiu del CO<sub>2</sub> produït com a conseqüència de la fotorespiració i fotosíntesi en ambients amb llum i sense llum, controlats per altre sensor.
- Mesura de la velocitat de difusió del CO<sub>2</sub> a través d'un tub.
- Mesura de nivells de CO<sub>2</sub> amb motiu de la respiració de petits animals o de plantes.
- Estudis comparatius de la fermentació de sucres en diferents condicions de llum i de temperatura.
- Estudis comparatius de l'absorció de CO<sub>2</sub> per NaOH (aq) a diferents concentracions i temperatures. Caldrà fer prèviament una determinació de l'absorció deguda a l'aigua. No sigui que el solut no tingui res a veure i només fos degut al dissolvent.
- Estudi de la descomposició del carbonat bàsic de coure(II) a diferents temperatures.

**AB. Avaluació del projecte *Coneixement del sensor CO<sub>2</sub>***

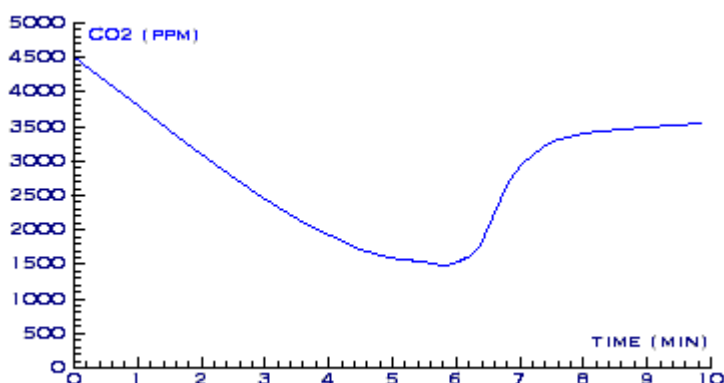
1. El sensor de CO<sub>2</sub> mesura nivells entre 0 i 5000 ppm. Expressau aquest interval en mg de CO<sub>2</sub> / m<sup>3</sup> d'aire, per a unes condicions de 1 atm i 25°C.
2. En una experiència d'obtenció de CO<sub>2</sub> s'ha obtingut aquest gràfic de mesura del nivell. Determineu la velocitat de formació mitjana de CO<sub>2</sub> entre  $t = 2$  min i  $t = 6$  min. Determineu també, aproximadament, la velocitat instantània d'obtenció a l'instant  $t = 2$  min.



3. Escriviu les equacions químiques :
  - a) absorció de CO<sub>2</sub> per l'hidròxid de magnesi:
  - b) despreniment de CO<sub>2</sub> del carbonat de ferro(III):

4. S'ha obtingut aquest gràfic en una experiència d'absorció CO<sub>2</sub> per NaOH.

Determineu el màxim gu de massa que ha tir l'hidròxid i digueu alguna per a l'augment final.



**Full de respostes a les activitats B****B1:**

- a) s'escapa a l'aula b) el sòlid l'atrapa i el manté a la superfície c) hi ha una reacció química
- 1 ppm = 1 cm<sup>3</sup>/10<sup>6</sup> cm<sup>3</sup> = 1 mL/1 m<sup>3</sup>; Aplicant  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$  per a un volum de 1 mL a 25°C i 1 atm de pressió.

$$n = PV/RT = 1 \cdot 10^{-3} / 0'082 \cdot 298 = 4'1 \cdot 10^{-5} \text{ mols de CO}_2 \text{ en 1 cm}^3 \text{ de CO}_2$$

$$\text{Concentració: } c = 4'1 \cdot 10^{-5} \text{ mols CO}_2 / \text{m}^3 \text{ aire}$$

$$\text{Concentració: } c = (4'1 \cdot 10^{-5} \text{ mols} \cdot 44 \text{ g/mol}) / \text{m}^3 \text{ aire} = 1'8 \cdot 10^{-3} \text{ g/m}^3 = 1'8 \text{ mg/m}^3$$

$$\text{Resultat: } 1 \text{ ppm} = 1'8 \text{ mg de CO}_2 / \text{m}^3 \text{ de CO}_2$$

- Dependrà de cada cas particular. Caldrà determinar la variació de nivell de CO<sub>2</sub> i aplicar la conversió anterior. Per a l'exemple de *Result of CO2\_NaOH\_1* indicat seria:

$$5000 - 2500 = 2500 \text{ ppm absorbides. Volum del matràs} = 300 \text{ mL} = 300 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$2500 \text{ ppm} \cdot 1'8 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} / \text{ppm} = 4500 \text{ mg/m}^3;$$

$$4500 \text{ mg/m}^3 \cdot 300 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 1'35 \text{ mg CO}_2 \text{ desapareguts del matràs.}$$

L'hidròxid de sodi ha augmentat 1'35 g a causa d'haver-se convertit en carbonat

- Per a l'exemple *Result of CO2\_NaOH\_1* del text serà:

$$\text{Variació de nivell} = 2500 - 5000 = -2500 \text{ ppm}; \quad \text{Variació de temps} = 10 \text{ min}$$

$$\text{Velocitat mitjana d'absorció} = -2500 \text{ ppm} / 10 \text{ min} = -250 \text{ ppm/min} = -4'17 \text{ ppm/s}$$

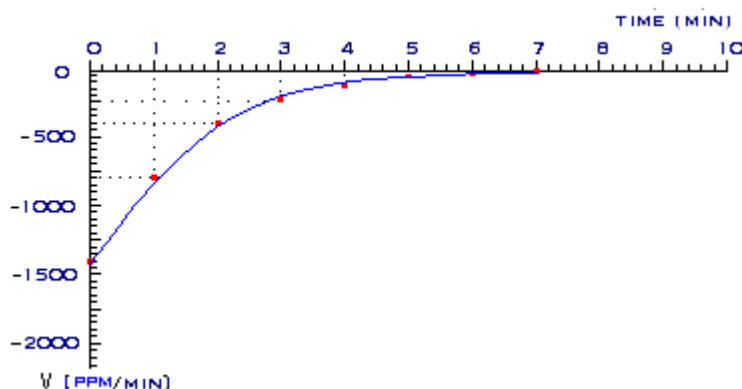
$$v = -4'17 \text{ ppm/s} \cdot 1'8 \text{ (mg} \cdot \text{m}^{-3}) / 1 \text{ ppm} \cdot 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ L} \cdot 1000 \text{ } \mu\text{g} / 1 \text{ mg} = -7'5 \text{ } \mu\text{g/L}$$

- Per a l'exemple  $f(x) = 2370 \cdot \text{Exp}(-0.688 \cdot \text{time}) + 2001$ , hauríem d'escriure:

$$c = 2370 \cdot e^{-0'688 \cdot t} + 2001, \text{ c en ppm i } t \text{ en minuts}$$

- Els valors determinats seran els de cada cas en particular; per a l'exemple anterior:

temps (min) :	0	1	2	3	4	5	6	7
pendent :	-1400	-812	-400	-247	-120	-55	-10	0 (ppm/min)



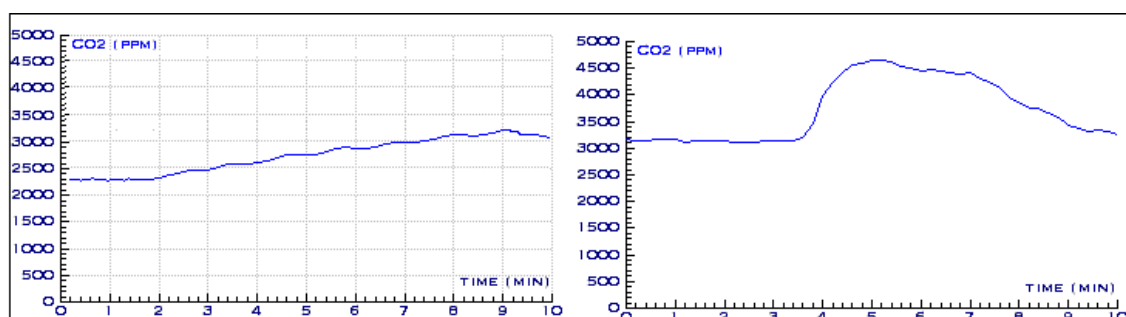
Més o menys seria com aquesta. Representa la velocitat d'absorció del CO<sub>2</sub>, ja que el pendents representats són la velocitat instantània d'absorció. Matemàticament serà la derivada de  $c = 2370 \cdot e^{-0'688 \cdot t} + 2001$  respecte del temps.

$$v = dc/dt = -2370 \cdot (-0'688) \cdot e^{-0'688 \cdot t} = -1630 \cdot e^{-0'688 \cdot t}$$

**B2:**

1. El carbonat de coure(II) es descompon en CuO i en CO<sub>2</sub> que fa augmentar el nivell mesurat.  $\text{CuCO}_3 \rightarrow \text{CuO} + \text{CO}_2$
2. Dependrà de cada cas en particular. Podria ser:

30°C: No hi ha hagut variació. Les variacions del gràfic podrien ser degudes al mateix sensor. Per tant  $v = 0$



Si el gràfic de l'esquerra correspon a 50°C: Variació = 3200 – 2300 = 900 ppm

Temps = de 2 a 9 minuts, o sigui  $t = 7$  min;  $v = 900 \text{ ppm}/7 \text{ min} = 129 \text{ ppm}/\text{min}$

$129 \text{ ppm}/\text{min} = 129 \text{ ppm}/60 \text{ s} = 2'15 \text{ ppm}/\text{s}$

Com que  $1 \text{ ppm} = 1'8 \mu\text{g}/\text{L}$  resulta  $v = 2'15 \cdot 1'8 (\mu\text{g}/\text{L})/\text{s} = 3'9 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

Per a 70°C (gràfic de la dreta): Variació de nivell: 4500 – 3200 = 1300 ppm

Temps: de 3'5 a 5 minuts, o sigui variació de  $t = 1'5$  min

Velocitat =  $1300 \text{ ppm} / 1'5 \text{ min} = 867 \text{ ppm}/\text{min} = 14'4 \text{ ppm}/\text{s} = 20 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

3. Potser surti bé o no surti res que es pugui comparar. En principi els gràfics haurien de tenir un pendent creixent amb la temperatura, de manera que podríem dir que la velocitat de producció de CO<sub>2</sub> depèn de la temperatura a la que s'escalfa el carbonat. Potser hi hagi una temperatura mínima i una màxima a partir de les quals no es pugui distingir per falta de producció o per la màxima descomposició, respectivament.
4. Podria ser degut a que el CO<sub>2</sub> es torna a absorbir (hi ha Cu(OH)<sub>2</sub> al sòlid) o que una part del CO<sub>2</sub> ha sortit del recipient per la dilatació produïda en escalfar.
5. Si considerem l'exemple anterior, tenim una variació de nivell de 1300 ppm. Per a 1 atm, 25°C de l'aire del matràs i un volum del matràs de 300 mL,  
 $1300 \text{ ppm} \cdot 1'8 \text{ mg}/(\text{m}^3 \cdot \text{ppm}) \cdot 300 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 0'70 \text{ mg}$

**AB1:**

1. El nivell 0 ppm = 0 mg/m<sup>3</sup>

El nivell de 5000 ppm seran:



5000 ppm·

5000 ppm = 5000 cm<sup>3</sup>/10<sup>6</sup> cm<sup>3</sup> = 5000 mL/1 m<sup>3</sup> = 5 mL CO<sub>2</sub>/L aire

Aplicant  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$  per a un volum de 5 mL a 25°C i 1 atm de pressió.

$n = PV/RT = 5 \cdot 10^{-3} / 0'082 \cdot 298 = 2'05 \cdot 10^{-4}$  mols de CO<sub>2</sub> en 5 cm<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub>

Concentració:  $c = 2'05 \cdot 10^{-4}$  mols de CO<sub>2</sub> /L aire

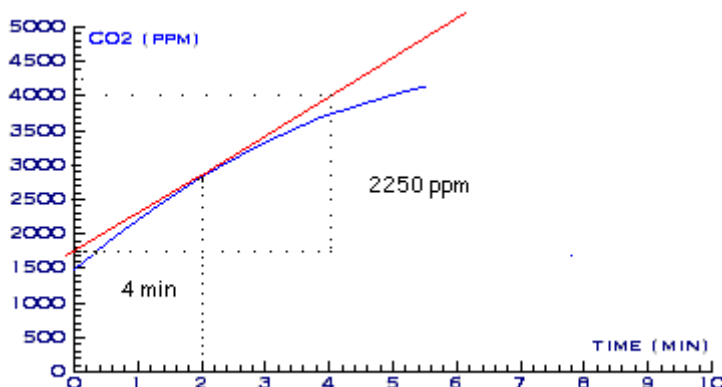
Concentració:  $c = (2'05 \cdot 10^{-4} \text{ mols} \cdot 44 \text{ g/mol}) / 1 \text{ L aire} = 9 \text{ mg CO}_2/\text{L aire}$

Resultat: 0 - 5000 ppm = 0 - 9 mg /L de CO<sub>2</sub> en aire

2. Variació de nivell entre  $t = 2 \text{ min}$  i  $t = 6 \text{ min} = 4250 - 2850 = 1400 \text{ ppm}$

velocitat mitjana = 1400 ppm/4 min = 350 ppm/min.

La velocitat instantània la deduirem del pendent de la corba en  $t = 2 \text{ min}$ . Traçarem una recta tangent i determinarem el seu pendent.



Pendent = 2250/4 = 563 ppm/min

3.  $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2 \text{CO}_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$

$\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{CO}_2$

4. Diferència de nivell entre  $t = 0$  i  $t = 6 \text{ min} : 1500 - 4500 = -3000 \text{ ppm}$

Diferència posterior: 3500 - 1500 = 2000 ppm

Relacions necessàries: 1ppm = 1'8 mg/m<sup>3</sup> aire (1 atm i 25°C); V (matràs) = 300 cm<sup>3</sup>

3000 ppm · 1'8 mg/m<sup>3</sup> aire · 300 · 10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup> = 1'62 mg absorbits pel hidròxid

L'augment podria se degut a un escalfament que ha fet perdre part del CO<sub>2</sub> guanyat, a un augment de nivell produït per la respiració, o perquè el sensor s'ha deixat sobre la taula.

## **Coneixement del sensor de pH**

A1. Ús del sensor de pH

A2. Influència de la temperatura en la mesura del pH

A3. Determinació de la constant d'acidesa de l'àcid acètic

A4. Estudi de la difusió de l'ió  $\text{OH}^{1-}$  en aigua

Altres propostes

Fulls d'avaluació i respostes

## Projecte: Coneixement del sensor de PH

El sensor de pH consisteix en un elèctrode de vidre més un amplificador. El sensor permet determinar l'acidesa d'una dissolució aquosa entre valor de  $pH = 0$  i  $pH = 14$ , essent  $pH = -\log [H^{1+}]$ , on  $[H^{1+}]$  és la concentració d'ions hidrogen presents a la dissolució. És a dir, el  $pH$  mesura la quantitat actual d'ions hidrogen d'una dissolució, no la quantitat que la dissolució en pot subministrar en un moment determinat.

L'elèctrode, de Ag-AgCl, està montat dins un tub de plàstic d'uns 13 cm de longitud i 12 mm de diàmetre, essent la part més delicada la de l'extrem on hi és el vidre porós, el qual s'ha de mantenir humit per a un bon funcionament del sensor. En principi es pot emmagatzemar sec però, per garantir una llarga vida i una resposta ràpida en les mesures, convé tancar l'extrem de vidre amb un petit flascó ple de líquid que permet mantenir la humitat necessària. Aquest líquid es recomana sigui una solució amortidora de  $pH=4$ . Si el temps d'emmagatzematge és curt es pot substituir per aigua de l'aixeta. Si es pensa que serà superior a 1 setmana cal afegir KCl (10 g/litre) a la solució amortidora. No es recomana l'aigua destil·lada.



Elèctrode del sensor de pH

No es recomana l'ús del pH-metre en dissolucions de perclorats, de sals d'argent, d'àcid fluorhídric o de solucions de concentració superior a 1 mol/L d'àcids o bases que siguin a temperatures superiors als 50°C.

El sensor s'ha de submergir al menys 1 cm i cal anar amb compte quan s'utilitza l'agitació magnètica per tal de no trencar el bulb de vidre, encara que sigui protegit per els prolongaments del tub de plàstic. L'interior de l'elèctrode es suposa tancat hermèticament i, per tant, no necessita manteniment.

Els valors de pH mesurats pel sensor es donen amb dos decimals i la seva sensibilitat o resolució és de 0'02 unitats de pH.

Si l'objectiu de l'activitat inclou tractament quantitatiu del pH cal fer prèviament el calibratge del sensor. També convé saber si el valor mesurat del pH d'una dissolució pot variar a causa de la manipulació del sensor. Això formarà part de la primera activitat proposada.

El valor del pH mesurat en una dissolució pot variar en funció de la seva temperatura. Estudiarem com és aquesta variació i si el programa fa la compensació adient quan s'utilitza, a més, el sensor de temperatura. Això es veurà a la segona activitat.

A la tercera activitat determinarem el valor de la constant d'equilibri d'un àcid feble com és l'àcid acètic, activitat que també es podria fer amb un pH-metre normal.

Finalment utilitzarem aquest sensor per a l'estudi d'un cas de difusió de NaOH en aigua mesurant el temps que triguen els ions  $\text{OH}^{1-}$  en recórrer una determinada distància. L'estudi es podrà completar determinant la influència de la temperatura i de la concentració inicial. Es podria utilitzar un pH-metre normal però és més còmode fer ús del sensor.

Després de fer aquestes activitats podrem considerar que l'alumne coneixerà suficientment aquest sensor i estarà capacitat per dissenyar i resoldre altres que es puguin proposar.

## Preparació general de les activitats

Per a determinacions quantitatives és convenient calibrar el sensor de pH, sobretot quan succeeix que a l'interval d'estudi la variació de pH és petita. Hi ha al mercat solucions tampó de pH=4, pH=7 i pH=10. El programa *Db\_Lab* permet incloure dos valors de calibratge, així doncs, segons la zona de treball escollirem el pH=4 i el pH=7 per a estudis a la zona àcida o el pH=7 amb el pH=10 per a estudis a la zona bàsica. Determinacions properes a la zona de pH=1 i de pH=13 podrien no ser totalment fiables amb aquests calibratges.

### Calibratge del sensor de pH

L'amplificador del sensor disposa d'un petit forat que permet introduir un tornavís per fer el calibratge quan l'elèctrode s'ha introduït en una solució tampó de pH conegut. El que segueix a continuació correspon al calibratge realitzat mitjançant el mateix programa.

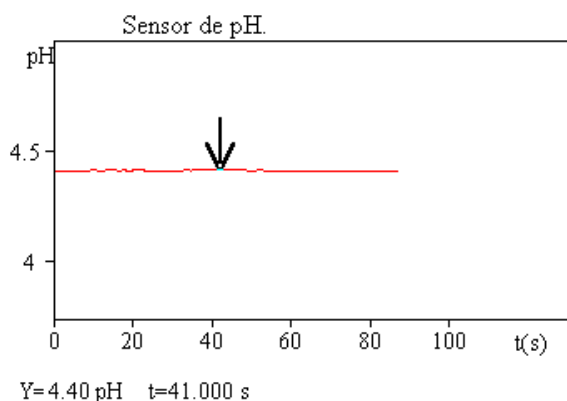
Abans de res cal dir que aquest sensor interfereix amb el de conductivitat i el de nivell d'oxigen dissolt i els valors obtinguts no són els reals i, a vegades, absurds. Per tant és millor fer el calibratge sense cap altre sensor connectat alhora.

Necessitarem un vas amb solució tampó de pH conegut en quantitat suficient per a què l'elèctrode sigui submergit 1 cm, al menys. També necessitarem un altre vas amb aigua destil·lada per rentar l'elèctrode.

Iniciarem la captació de dades amb el sensor immòbil i amb ajuda dels recursos del programa determinarem el valor mesurat.

Com que no observem un fenomen ràpid es pot donar una velocitat de mesura de 1 per segon i 500 mesures, tindrem més de 8 minuts per observar, calibrar i comprovar els nous valors.

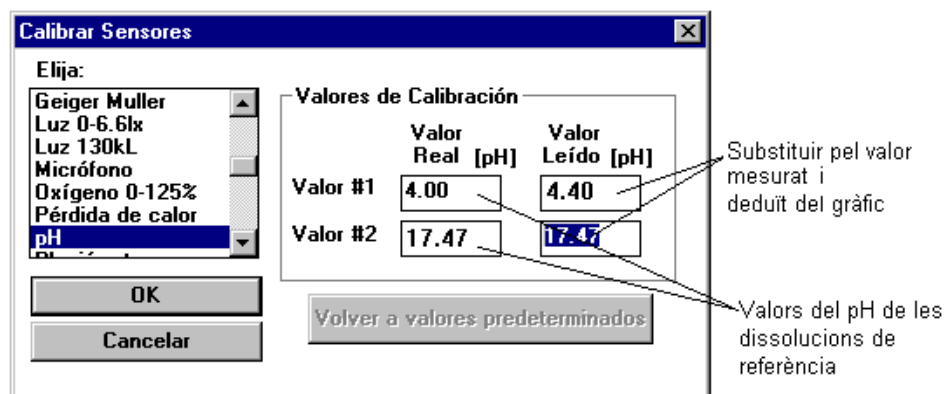
Mentre el programa va captant dades es pot determinar el valor mesurat i procedir al calibratge. Sigui, per exemple una solució de pH = 4'00, un valor donat pel programa de 4'40 i un gràfic com el següent:



Gràfic que s'obté de la mesura del pH d'una dissolució patró de pH=4.00

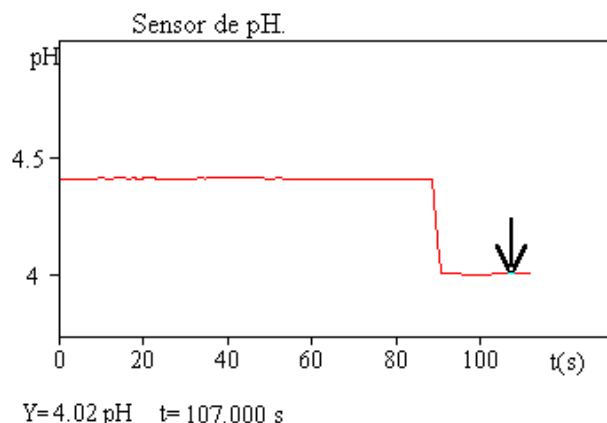
Activant l'opció de menú *Recol·lector \ Calibrar sensors* seleccionarem a la llista de l'esquerra el sensor de pH i modificarem els valors per defecte.

- Valor real: el valor de la dissolució amortidora de pH conegut (4.00)
- Valor llegit: el valor que s'obté del gràfic obtingut (4.40).



Quadre de diàleg per calibrar els sensors

Una vegada introduïts els dos valors confirmem el canvi i immediatament el programa rectifica el valor representat de manera que podem tornar a comprovar el nou valor de pH i repetir-ho, si cal. El gràfic obtingut pot ser com aquest:



Si es vol fer el calibratge per a un altre valor de pH, s'haurà de fer el mateix i substituint el segon dels valors indicats al quadre de diàleg anterior. Potser sigui necessari fer retocs dels valors si es pretén assegurar la segona xifra decimal.

Cada vegada que es tregui l'elèctrode d'una solució caldrà fer:

- eixugar l'extrem amb paper de filtre suau,
- rentar en aigua destil·lada,
- tornar a eixugar l'elèctrode

Si les solucions estudiades són concentrades fóra convenient una segona i tercera rentada amb aigua destil·lada.

Altres consideracions sobre les activitats

### Quant a la primera activitat

Es comprovarà que si l'elèctrode es sacseja el valor de pH comença a variar amunt i avall i, per tant, no s'hauria de fer servir com agitador si, alhora, està captant dades. Es recomana

la utilització d'un agitador magnètic amb agitació suau en aquests casos mirant d'evitar que els remolins de l'agitació no arribin a l'elèctrode.

### Quant a la segona activitat

El fabricant diu que si el sensor de temperatura s'utilitza simultàniament amb el de pH es fa automàticament la correcció deguda a la diferència de temperatura en relació amb les condicions estàndard. En un pH-metre normal aquesta correcció cal fer-la amb el botó corresponent. La diferència de pH és notable i cal tenir-la en compte si s'han de treure conclusions a partir de les mesures fetes. La següent taula conté els valors de pH mesurats amb un pH-metre per a una mateixa dissolució d'àcid acètic i d'amoniac sense corregir l'efecte de la temperatura, o sigui, amb el comandament fix a 25°C (columna pH a 25°C) i amb correcció, és a dir, girant el comandament fins al valor de temperatura indicat (columna pH a t).

temperatura °C	Àcid acètic		Amoníac	
	pH a 25°C	pH a t	pH a 25°C	pH a t
25	2,82	2,90	11,25	11,25
30	2,71	2,87	11,17	11,09
35	2,64	2,86	11,06	10,92
40	2,59	2,84	11,00	10,82
45	2,50	2,83	10,96	10,73
50	2,42	2,81	10,87	10,57
55	2,34	2,80	10,80	10,47
60	2,29	2,80	10,72	10,35
65	2,24	2,80	10,63	10,25
70	2,16	2,79	10,52	10,11

Disminució en 10°C	0,14 pH/10°C	0,02pH/10°C	0'15 pH/10°C	0,25 pH/10°C
--------------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Es pot observar que l'oblit de la correcció pot portar a conclusions errònies si s'estudia la variació del pH amb la temperatura en tots dos casos.

### Quant a la tercera activitat

La determinació de la constant d'equilibri d'un àcid o base feble ( $K$ ) es pot plantejar a partir de les equacions:

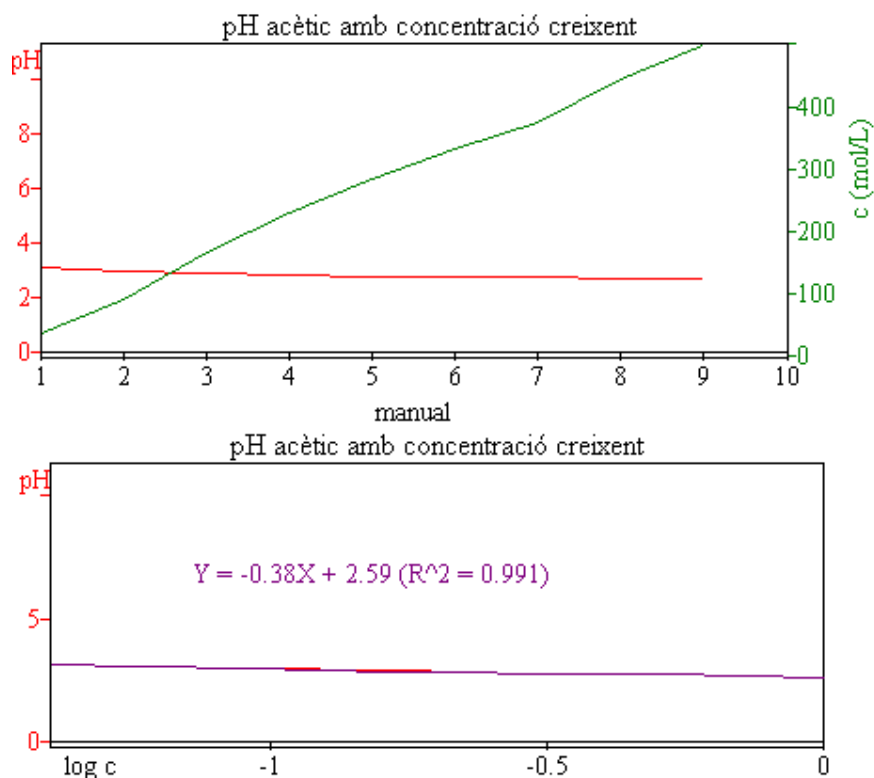
1. Constant de l'equilibri de dissociació:  $K = x^2 / (c_0 - x)$  on  $x$  és la concentració de ions  $H^{1+}$  o de ions  $OH^{1-}$  i  $c_0$  és la concentració inicial de l'electròlit. El valor de  $x$  es coneix a partir del pH mesurat:  $x = 10^{-pH}$ .

Si  $c_0$  és gran i, per tant,  $x$  és menyspreable la dissolució no és diluïda i poden actuar altres factors no tinguts en compte i podem arribar a un resultat erroni. Per a quin valor de  $c_0$  es pot aplicar l'equació anterior?

$\log K = 2 \cdot \log x - \log(c_0 - x)$ , que ens donaria  $\log K = 2 \cdot \log x - \log c_0$ , si suposem que  $x$  és molt petita en relació a  $c_0$ . A partir dels valors de  $x$  i de  $c_0$  podem saber el de  $K_a$  o  $K_b$ .

Aquesta equació es pot posar de la manera  $-\log x = -\frac{1}{2} \log K - \frac{1}{2} \log c_0$  i també així:  $pH = \frac{1}{2} pK - \frac{1}{2} \log c_0$ , la qual ens diu que si representem el pH en funció del  $\log c_0$  ha de sortir una recta de pendent  $-0,5$  i d'ordenada a l'origen igual a  $\frac{1}{2} pK$ .

Si volem fer ús d'aquesta opció es pot mesurar el pH a mesura que es van vessant gotes d'àcid feble (o base feble) a 100 mL d'aigua destil·lada de manera que s'obté un gràfic de pH en funció del volum abocat, i per tant, es pot deduir un altre gràfic del pH en funció del logaritme de la concentració. Les proves fetes no han portat a resultats interessants.



Els gràfics anteriors són el resultat d'aquest intent de determinació de la  $K_a$  de l'àcid acètic. Mitjançant mesures manuals es va determinar el pH per a un volum determinat d'àcid afegit a 100 mL d'aigua. Afegint manualment valors a la taula de dades o incorporant una nova variable s'arriba al segon gràfic, en el qual s'ha incorporat la recta de regressió lineal, l'equació de la qual correspon a  $pH = 2,59 - 0,38 \log c_0$ .

Si  $\frac{1}{2} pK_a = 2,59$ , obtenim  $K_a = 0,66 \cdot 10^{-5}$  diferent de l'acceptat  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .

Cal notar també que el pendent de la recta no és  $0,5$  com hauria de ser.

- Més ràpid i senzill és aplicar el fet que una dissolució amortidora (per exemple, d'àcid acètic i acetat de sodi o clorur amònic i amoníac), on les espècies químiques dissociada i no dissociada siguin equimolars, tindrà un pH igual a la constant d'equilibri de l'àcid o de la base febles ( $K_a$  o  $K_b$ ).

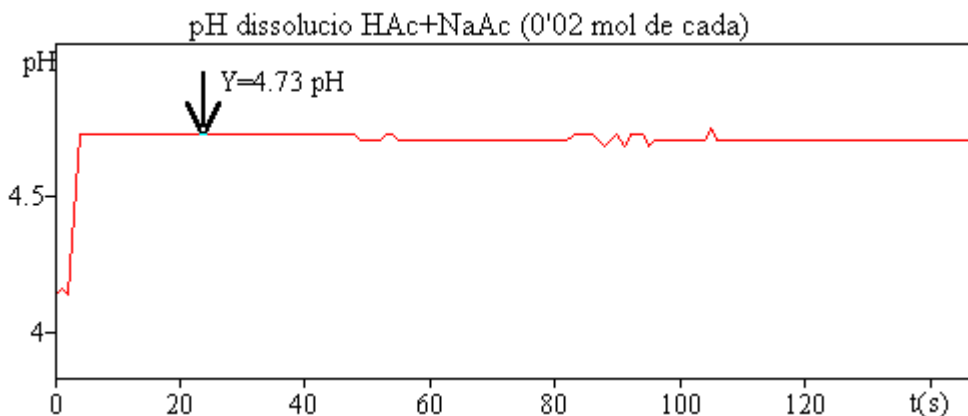
$$pH = pK_a + \log \left( \frac{[\text{sal}]}{[\text{àcid}]} \right) \quad \text{o} \quad pH = 14 - pK_b + \log \left( \frac{[\text{base}]}{[\text{sal}]} \right)$$

Si  $[\text{sal}] = [\text{àcid}]$  resulta que  $pH = pK_a$

Si  $[\text{base}] = [\text{sal}]$  resulta que  $pH = 14 - pK_b$



Així doncs si preparem una dissolució d'àcid acètic i acetat de sodi que tingui la mateixa concentració de cada un dels dos soluts podrem determinar fàcilment la constant d'equilibri.



Mesura del pH d'una dissolució d'àcid acètic i acetat de sodi, equimolars

Del gràfic anterior es dedueix que el  $pH = 4.73$ , d'on es pot calcular que si  $pK = 4.73$ , la constant d'equilibri de l'àcid acètic és  $K_a = 10^{-4.73} = 1.86 \cdot 10^{-5}$ , valor correcte.

#### Quant a la quarta activitat

La difusió d'un ió en aigua destil·lada es pot estudiar amb un conductímetre, però si l'ió estudiat és el  $OH^{1-}$  també es pot fer amb un pH-metre o amb el sensor de pH. Es pot mesurar el temps que triga en recórrer una distància determinada i els temps en recórrer diferents distàncies. Es pot mesurar el temps que tarden en recórrer la mateixa distància però en aigua a diferents temperatures, o en recórrer una distància determinada quan es fan servir 2, 4, 6, o més lletilles de NaOH. És a dir, es pot estudiar l'efecte de la temperatura o de la concentració inicial en el moviment dels ions en aigua. I d'aquesta manera es pot enunciar alguna hipòtesi del comportament de les substàncies dissoltes.

Els temps mesurats són els indicats a la primera taula. En un cas (columna 2) es va deixar caure una lletilla als 60 segons. Al segon cas (columna 4) es va deixar caure la primera de les dues lletilles als 40 s i, tot seguit, la segona. Aquest retard s'ha fet amb la intenció de minimitzar el moviment de l'aigua, que pot afavorir la difusió.

A la taula es pot veure com varia el temps en funció de la concentració inicial (1 o 2 lletilles de NaOH). No es pot saber si la raó de la diferència de temps és deguda a la diferent velocitat de difusió o a la sensibilitat del elèctrode de vidre, ja que pot ser que els ions  $OH^{1-}$  arribin amb la mateixa velocitat però com que hi arriba més quantitat el sensor els detecta abans.

	1 LLENTIL LA temps (s)	QUOCIENT D/T	2 LLENTILLE S temps (s)	Quocient d/t
d1= 2'5 cm	110 – 60	0'070	80 - 40	0'088
d2 = 5'5 cm	138 – 60	0'070	100 – 40	0'092

d3 = 9 cm	186 – 60	0'0714	138 – 40	0'092
d4 = 13'2 cm	240 - 60	0'073	193 - 40	0'086

A la següent taula es pot veure el temps mesurat en recórrer 6 cm per a diferents temperatures de l'aigua. Es va repetir a propòsit un dels valors.

<b>Distància recorreguda = 6 cm</b>					
Quan t = 1 min es deixen caure 4 lletilles petites					
t(°C):	5	22	22	35	48
t(min):	8.5	5.4	5.4	3.4	2.4

Finalment, a la taula següent tenim els temps invertits pel ió  $\text{OH}^{1-}$  en recórrer les distàncies indicades.

<b>Als 0'8 minuts s'ha deixat caure 1 lletilla</b>					
d (cm)	10	5.5	4	3	0
t (min)	6.2	2.8	2.2	1.4	0

A la quarta activitat només es considerarà aquest últim estudi i caldrà omplir 4 carmanyoles amb aigua que tingui sempre la mateixa temperatura, ja que només ha d'haver com a variable la distància. També convindrà donar als grups lletilles de grandària semblant, per no introduir variacions de concentració.

## A1. Ús i calibratge del sensor de pH (full per al professor/a)

Nivell educatiu

L'activitat és pròpia de l'alumnat de Batxillerat o Cicles Formatius.

Sensors

Sensor de pH (0- 14)

Velocitat de mesura: 1 cada segon

Nombre de mesures: 1000 mesures (equivalent a 1000 s, més d'un quart d'hora).

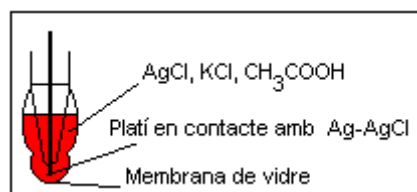
Objectius

- Conèixer el funcionament del sensor de pH
  - Saber fer el calibratge, necessari abans de la seva utilització.
  - Tenir cura del maneig per evitar mesures errònies.

Fonament teòric

L'elèctrode de pH que fem servir és, en realitat, un doble elèctrode: el de vidre i un altre de referència. El vidre de l'extrem és un vidre porós que fa comunicació entre la dissolució exterior i la interior.

El fonament teòric de l'elèctrode de pH pot resultar una mica complicat d'explicar en aquest moment. Només cal dir que s'estableix una cadena electroquímica, la *fem* de la qual depèn de la diferència de concentració d'ions  $H^{1+}$  a un costat i a l'altre de la membrana de vidre. El sensor, a l'igual que un pH-metre estàndard, mesura la diferència de potencial existent entre els dos elèctrodes, realitza una amplificació i dona el resultat en unitats de pH en comptes de volts.



Extrem de l'elèctrode de vidre

L'ió  $H^{1+}$  hi és present en qualsevol mescla que contingui aigua, la qual cosa vol dir que sempre hi serà en quasi tots els sistemes que preocupen al químic i al biòleg. Moltes reaccions varien de velocitat i inclòs de naturalesa en funció de la concentració d'hidrogenions presents.

Com que aquesta concentració sol ser petita i venir expressada com a potència de 10 (per exemple,  $3'5 \cdot 10^{-3}$  mol/L), el químic danès Sören Peter **Sørensen** va suggerir al 1909 la conveniència d'operar amb el logaritme, canviat de signe, d'aquesta concentració i va introduir el concepte de *pH*. Aquesta representació suposa una simplificació matemàtica però no canvia els fets estudiats. Així doncs tenim:

$$pH = - \log [H^{1+}] \qquad [H^{1+}] = 10^{-pH}$$

Com que el sensor mesura una diferència de potencial que varia en funció de la concentració de la dissolució, el valor mesurat pot variar segons les condicions d'aquesta.

La falta d'homogeneïtat, l'existència de bombolles, el mal estat de la membrana de vidre, etc., poden ser raons per obtenir valors de  $pH$  erronis.

#### Material i precaucions

Sensor de pH.

2 vasos de precipitats, l'un amb aigua de l'aixeta. El vas ha de mantenir l'elèctrode sense bolcar, per tant no ha de ser dels petits.

Paper absorbent.

Solució amortidora de  $pH=4'00$  (o  $pH=7'00$  o  $pH = 10'0$ ).

L'elèctrode de vidre és molt delicat. Cal evitar qualsevol cop amb la membrana de vidre, no heu de tocar-la amb les mans per tal de no engreixar-la. En acabar la utilització de l'elèctrode s'ha de tancar amb el flascó protector el qual ha de tenir suficient quantitat de líquid de  $pH = 4$ .

#### Procediment

##### **Primera part**

S'ha de tenir a la taula, a més del sensor connectat, el vas amb aigua de l'aixeta i paper de filtre o d'eixugar les mans. Han de mesurar el  $pH$  del líquid donat amb l'elèctrode en repòs i en moviment.

Trauran amb cura el flascó que protegeix l'elèctrode; és millor girar el flascó. Deixaran el flascó sobre la taula allunyat de la zona de treball. El tap i la volandera de goma poden romandre al sensor, essent millor pujar-los per a què no es mullin amb la dissolució durant les mesures.

Eixugaran amb el paper l'extrem de l'elèctrode que ha sortit mullat. No cal exagerar, basta amb fer uns tocs al paper per absorbir les gotes que hi hagi a la membrana. El plàstic protector i el tap es poden eixugar normalment.

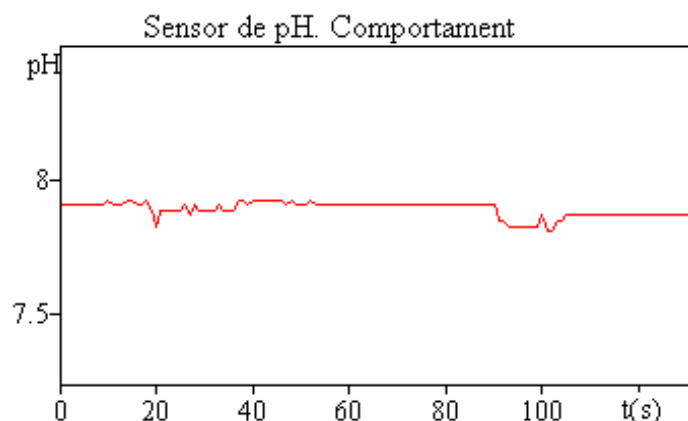
Introduiran el sensor dins l'aigua del vas, l'agitaran suaument com per aclarir-lo i, finalment, el deixaran recolzat en la paret del vas.

Iniciaran la captació de dades i observaran que el gràfic que es va obtenint, després d'alguna variació deguda a la nova dissolució, roman horitzontal, més o menys. Al cap d'una estona es demanarà que remenin el líquid amb el mateix elèctrode, fent alguna agitació més ràpida però amb cura de no colpejar-lo.

Finalment deixaran reposar l'elèctrode dins el vas i tancaran la captació de dades.

Posaran títol al gràfic (per exemple, *Comportament del sensor de pH*), afegiran la informació que vulguin i desaran les dades amb el nom *PH\_comp*.

El resultat serà semblant a l'indicat al següent gràfic. Pot variar el valor de  $pH$  el qual dependrà de la procedència de l'aigua i de la quantitat de líquid del flascó protector que hi hagi passat a l'aigua.



Poden deixar l'elèctrode al vas mentre preparen la segona part.

### Segona part: calibratge

Aquest calibratge es fa mitjançant els recursos del programa.

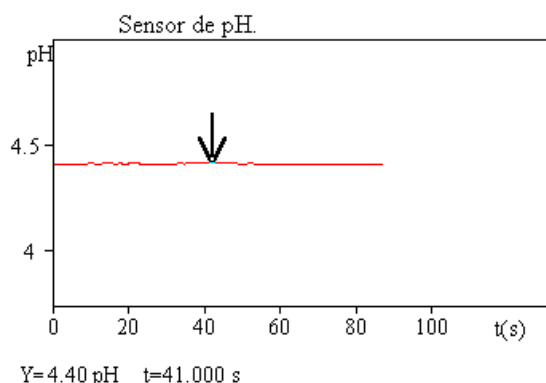
A la taula hi haurà, a més del sensor, altre vas de precipitats o flascó que contingui o hagi de contenir solució de pH=4'00.

Caldrà arribar a un compromís entre la capacitat del vas, el volum de solució utilitzada i la seguretat de no vessar el líquid per la taula. Si el vas es petit, s'estalviarà solució però el vas podria bolcar si l'elèctrode es recolza en la paret. Un vas petit dins un altre més gran donarà estabilitat. O bé, fer ús de suport i pinça de bureta.

L'alumnat ha de mesurar el pH del líquid patró i calibrar el sensor fins que la mesura doni el valor correcte.

Introduiran solució de pH = 4'00 a l'altre vas de precipitats de manera que, al menys, hi hagi 1 cm d'altura de líquid, per tal que la membrana de vidre romangui ben submergida. Hauran d'eixugar l'elèctrode abans de posar-lo dins la solució amortidora.

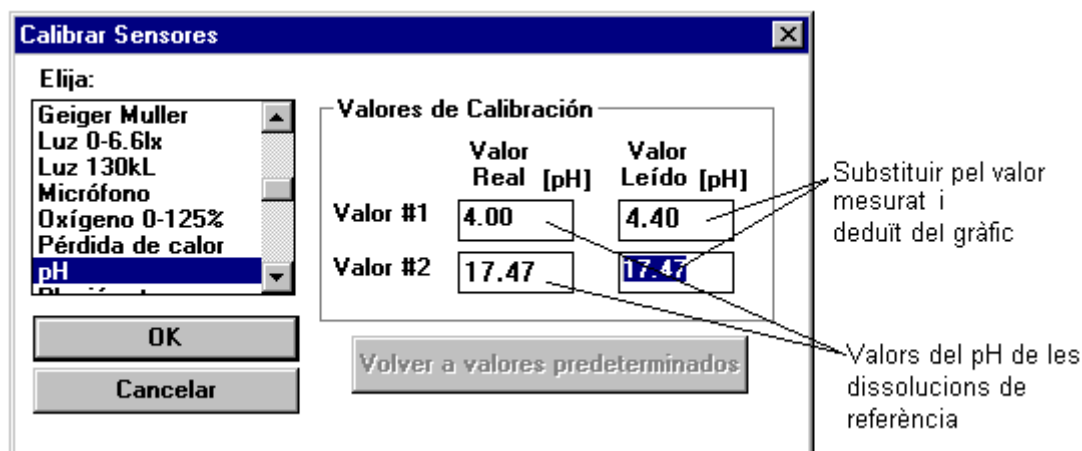
Iniciaran la captació de dades mantenint els paràmetres anteriors. Quan considerin que el pH es manté constant faran doble clic sobre el gràfic per tal de conèixer el valor del pH. Tindran més o menys una finestra de mesura com aquesta:



Si el valor mesurat al gràfic ja és pH= 4'0 no cal continuar, el sensor ja està calibrat. El que es diu a continuació només s'ha de fer si el valor és diferent.

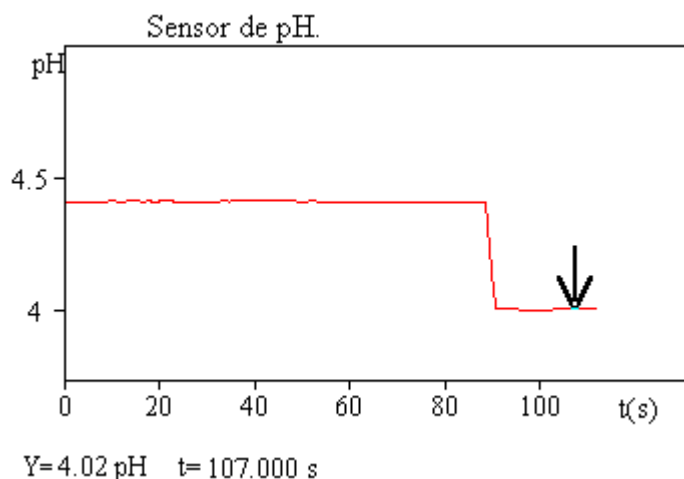
Activaran l'opció de menú *Recol·lector \ Calibrar sensors* i seleccionaran a la llista de l'esquerra el sensor de pH. A la dreta hi ha unes caselles per poder variar els valors donats per defecte. El significat és:

- “Valor real”: el valor de la dissolució amortidora de pH conegut (4.00)
- “Valor leído”: el valor que s’obté del gràfic obtingut (4.40 a l’exemple).



Quadre de diàleg per calibrar els sensors

Una vegada introduïts els dos valors confirmaran el canvi i immediatament el programa variarà el valor representat de manera que podran tornar a comprovar el nou valor de pH i rectificar si cal. El gràfic pot ser com aquest:



Variació del valor donat del pH després de calibrar.

S’haurà de repetir el procediment si no s’ha obtingut el valor de pH= 4’0 al primer intent.

Una vegada acabat, posaran títol al gràfic (per exemple, *Calibratge del sensor de pH*), afegiran informació i desaran les dades amb el nom *PH\_calib*.

Si es disposa de dissolució de pH = 7 es pot repetir el procediment i modificar les dades de la segona casella (Valor #2) del quadre de diàleg anterior. Potser aquesta segona operació obligui a un nou ajustament.

Aquestes indicacions es repeteixen al full, de l’alumne/a ja que interessa que les puguin consultar quan ho necessitin.

## A1a. Ús del sensor de pH (full per a l'alumne/a)

### Sensors

Sensor de pH. Paràmetres: 1 mesura cada segon per a 1000 punts.

### Fonament teòric

L'elèctrode de pH que fem servir és un doble elèctrode, el de vidre i un de referència. L'elèctrode de vidre s'anomena així pel vidre porós que fa comunicació entre la dissolució exterior i la interior. S'estableix una pila, la fem de la qual depèn de la diferència de concentració d'ions  $H^{1+}$  a un costat i a l'altre de la membrana de vidre.

### Objectius

- Conèixer el funcionament del sensor de pH
- Tenir cura del maneig per evitar mesures errònies.

L'agitació del líquid, pot ser causa d'errors en la determinació del valor del pH?

### Material i precaucions

Sensor de pH. Material de vidre necessari.

L'elèctrode de vidre és molt delicat. Cal evitar qualsevol cop amb la membrana de vidre, no heu de tocar-la amb les mans per tal de no engreixar-la. En acabar la utilització de l'elèctrode s'ha de cobrir l'extrem amb el flascó protector, el qual ha de tenir suficient quantitat de líquid.

### Procediment



Haureu de mesurar el pH d'una dissolució per veure el comportament del sensor en repòs i en moviment.



Tragueu amb cura el flascó que protegeix l'elèctrode; és millor girar el flascó. Deixeu el flascó sobre la taula allunyat de la zona de treball. El tap i la volandera de goma poden romandre al sensor, essent millor pujar-los per a què no es mullin amb la dissolució durant les mesures.

No oblideu aquest procediment sempre que l'elèctrode s'hagi de canviar de vas:

**Treure'l del vas 1 → Eixugar-lo amb cura → Aclarir-lo amb aigua → Eixugar-lo → Posar-lo al vas 2**

Inicieu la captació de dades i observeu el gràfic que es va obtenint, després d'alguna variació deguda a la nova dissolució, roman horitzontal, més o menys. Al cap d'una estona remeneu el líquid amb el mateix elèctrode, fent alguna agitació més ràpida però amb cura de no colpejar-lo.

Finalment deixeu reposar l'elèctrode dins el vas i tanqueu la captació de dades.

Poseu títol al gràfic (per exemple, *Comportament del sensor de pH*), afegiu la informació que vulguin i deseu les dades amb el nom *PH\_comp*.

Si heu de fer la següent activitat podeu deixar l'elèctrode al vas mentre la prepareu.

### Tractament de les dades

1. Determineu la variació produïda en el pH com a conseqüència d'haver agitat l'elèctrode.  
Variació de pH:  $\Delta pH = \dots\dots$

## A1b. Calibratge del sensor de pH (full per a l'alumne/a)

### Sensors

Sensor de pH. Paràmetres: 1 mesura cada segon per a 1000 punts.

### Fonament teòric

Els aparells mesuradors de pH necessiten ésser calibrats abans de la primera utilització, després d'un període de no utilització i, com a costum, cada un cert temps. Per a això es disposen de dissolucions que tenen un pH constant.

### Objectius

- Conèixer el funcionament del sensor de pH
- Saber fer el calibratge del sensor, necessari abans de la seva utilització.

Són fiables els valors de pH obtinguts en qualsevol moment que es faci servir?

### Material i precaucions

Sensor de pH, equip de vidre necessari i solució amortidora de pH = 4'00.

L'elèctrode de vidre és molt delicat. Cal evitar qualsevol cop amb la membrana de vidre, no heu de tocar-la amb les mans per tal de no engreixar-la. En acabar la utilització de l'elèctrode s'ha de cobrir l'extrem amb el flascó protector, el qual ha de tenir suficient quantitat de líquid.

### Procediment



Haureu de mesurar el pH d'una solució amortidora de pH = 4'00 i calibrar el sensor.

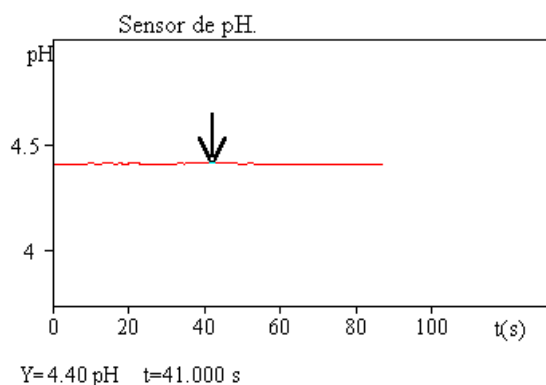
No oblideu aquest costum sempre que l'elèctrode s'hagi de canviar de vas:

**Treure'l del vas 1 → Eixugar-lo amb cura → Aclarir-lo amb aigua → Eixugar-lo → Posar-lo al vas 2**



Aboqueu solució de pH = 4'00 al vas de precipitats de manera que, al menys, hi hagi 1 cm d'altura de líquid, per tal que la membrana de vidre romangui ben submergida. Haureu d'eixugar l'elèctrode abans de posar-lo dins la solució amortidora.

Inicieu la captació de dades mantenint els paràmetres anteriors. Quan considerin que el pH es manté constant feu doble clic sobre el gràfic per tal de conèixer el valor del pH. Tindreu més o menys una finestra de mesura com aquesta:

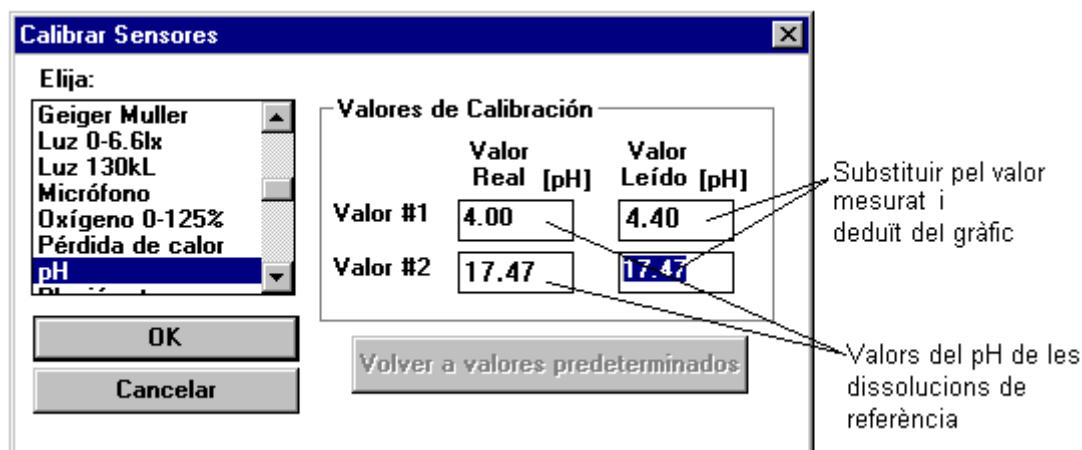




Si el valor mesurat al gràfic ja és pH= 4'0 no cal continuar, el sensor ja està calibrat. El que es diu a continuació només s'ha de fer si el valor és diferent.

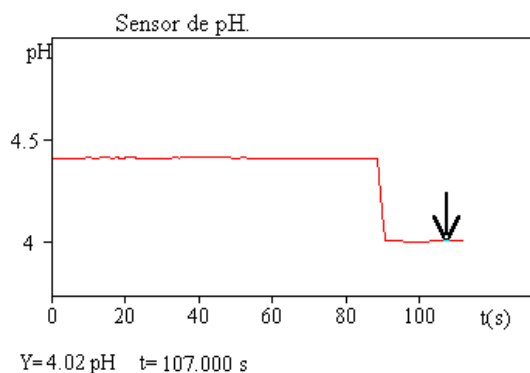
Activeu l'opció de menú *Recol·lector \ Calibrar sensors* i seleccioneu a la llista de l'esquerra el sensor de pH. A la dreta hi ha unes caselles per poder variar els valors donats per defecte. El significat és:

- "Valor real": el valor de la dissolució amortidora de pH conegut (4.00)
- "Valor leído": el valor que s'obté del gràfic obtingut (4.40 a l'exemple).



Quadre de diàleg per calibrar els sensors

Una vegada introduïts els dos valors confirmeu el canvi i immediatament el programa variarà el valor representat de manera que podreu tornar a comprovar el nou valor de pH i rectificar si cal. El gràfic pot ser com aquest:



Variació del valor donat del pH després de calibrar.

Haureu de repetir el procediment si no s'ha obtingut el valor de pH= 4'0 al primer intent. Una vegada acabat, poseu títol al gràfic (per exemple, *Calibratge del sensor de pH*), afegiu informació i deseu les dades amb el nom *PH\_calib*.

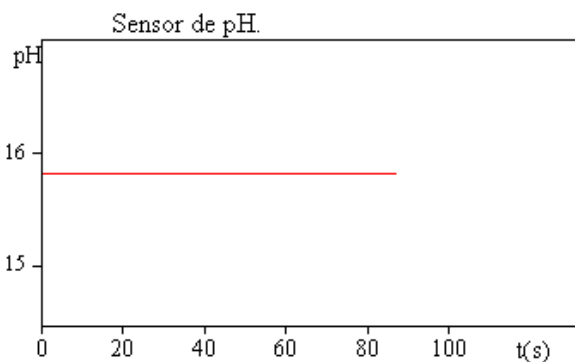
#### Tractament de les dades

1. Quina diferència de pH hi havia entre el valor 4 i el valor donat pel sensor?

Diferència =

## B1. Conclusions i preguntes finals

1. Escriu tres indicacions de manipulació de l'elèctrode de pH quant a la fiabilitat de les mesures.
2. Obrim per primera vegada la caixa del sensor de pH i ens fixem que té el flascó protector ple de líquid. El traquem i decidim provar-lo fent una mesura del pH d'una solució amortidora de  $\text{pH} = 7$ , amb intenció de calibrar-lo per a aquest valor. Fem el muntatge i connexions adients i observem un gràfic com aquest:



Dóna alguna explicació possible.

3. L'agitació del líquid, pot ser causa d'errors en la determinació del valor del pH?

Són fiables els valors de pH obtinguts en qualsevol moment que es faci servir el pH-metre?

## A2. Influència de la temperatura en la mesura del pH (full per al professor/a)

Nivell educatiu

L'activitat és pròpia de l'alumnat de Batxillerat o Cicles Formatius.

Sensors

Sensor de pH (0- 14)

Sensor de temperatura (-25°C – 110°C)

Velocitat de mesura: 1 cada segon

Nombre de mesures: 5000 mesures (equivalent a 5000 s, més d'una hora).

Objectius

- Continuar amb el coneixement del funcionament del sensor de pH
- Establir la relació, si n'hi ha, entre el pH d'una dissolució i la temperatura.
- Proposar hipòtesis per explicar possibles variacions de pH degudes a la temperatura.

Fonament teòric

L'elèctrode de pH que fem servir és, en realitat, un doble elèctrode: el de vidre i un altre de referència. El vidre de l'extrem és un vidre porós que fa comunicació entre la dissolució exterior i la interior. A l'elèctrode de vidre s'estableix una cadena electroquímica, la *fem* de la qual depèn de la diferència de concentració d'ions  $H^{1+}$  a un costat i a l'altre de la membrana de vidre. Cal suposar que aquesta diferència pugui variar amb la temperatura ja que hi poden haver equilibris sensibles als increments de temperatura.

També és possible que la porositat de la membrana variï quan s'augmenta la temperatura i això afecti la d.d.p. mesurada. No s'ha d'oblidar que el sensor, a l'igual que un pH-metre estàndard, mesura la diferència de potencial existent entre els dos elèctrodes, realitza una amplificació i dóna el resultat en unitats de pH.

Per saber si, efectivament, hi ha variacions degudes a la temperatura es compararan dues situacions idèntiques: a la primera es faran mesures amb compensació automàtica per causa de la temperatura i a la segona no hi haurà correcció. Segons el fabricant si es connecten alhora el sensor de pH i el de temperatura es fan les correccions i el valor de pH representat és el valor correcte. Veurem si això és o no és cert.

Material i precaucions

Sensors de pH i de temperatura

1 vas de precipitats. El vas ha de mantenir l'elèctrode recolzat sense bolcar, per tant no ha de ser dels petits. Si cal, fer ús de suport i pinça de bureta.

Paper absorbent.

Aigua de l'aixeta

Agitador magnètic amb placa calefactora o altre sistema per escalfar l'aigua.

Suport, pinça i nou per subjectar l'elèctrode.

Termòmetre de vidre.

L'elèctrode de vidre és molt delicat. Cal evitar qualsevol cop amb la membrana de vidre, no heu de tocar-la amb les mans per tal de no engreixar-la. En acabar la utilització de l'elèctrode s'ha de tancar amb el flascó protector el qual ha de tenir suficient quantitat de líquid de pH = 4.

Teniu cura que el termòmetre de vidre no rodi sobre la taula i caigui a terra.

Quan la placa calefactors sigui funcionant teniu cura de no cremar-vos ni de cremar els cables dels sensors.

## Procediment

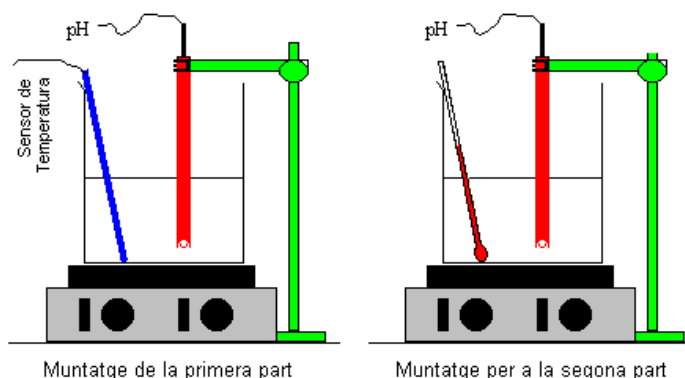
### Primera part

S'ha de mesurar el pH amb i sense sensor de temperatura, a mesura que la dissolució s'escalfa. Es connectaran els sensors de manera que el primer sigui el de temperatura i el segon, el de pH. Cal respectar aquest ordre de connexió. Se suposa que d'aquesta manera el mateix programa fa les correccions automàticament.

Es prepararà el primer vas amb aigua (fins a un nivell de 3 o 4 cm) i es posarà sobre la placa escalfadora.

Amb l'elèctrode de pH cal fer:

- Treure'l del flascó protector,
- eixugar-lo amb cura,
- introduir-lo dins l'aigua i remenar-lo suaument,
- subjectar-lo amb la pinça, de manera que hi quedi 1 cm fins el fons del vas, i
- esperar uns segons.

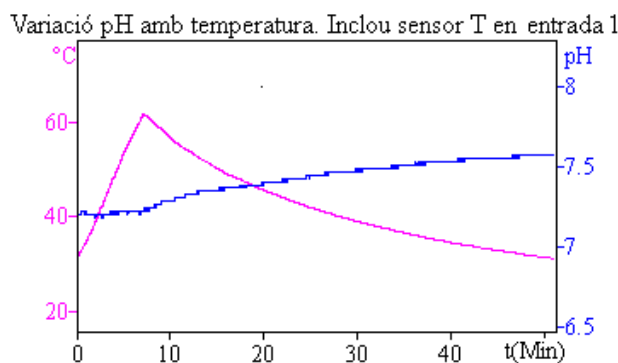


Iniciaran l'adquisició de dades al temps que posaran en marxa la calefacció amb el comandament a  $\frac{3}{4}$  del màxim. No han de moure el sensor.

Quan la temperatura arribi als 50°C es parará la calefacció. La temperatura potser pugi més ja que la placa calefactors hi serà calenta. Es mantindrà la captació de dades mentre l'aigua es va refredant. Si no es disposa de suficient temps també es pot alliberar el sensor de la pinça i, amb el sensor dins l'aigua, treure el vas de la placa; en aquest cas es deixarà el vas sobre la taula i recolzaran el sensor a la paret del vas. L'aigua es refredarà amb més rapidesa.

Si no hi ha temps per fer aquesta part del refredament no han de baixar de cop la temperatura de la membrana de vidre de l'elèctrode, deixaran que es refredi a l'aire mentre recollin la resta.

Quan la temperatura de l'aigua sigui la inicial (o a prop d'ella) aturaran la captació de dades, posaran un títol al gràfic (per exemple, *pH i temperatura, amb compensació*), afegiran informació i desaran les dades amb el nom *pH\_temp1*. Un resultat pot ser semblant a aquest:



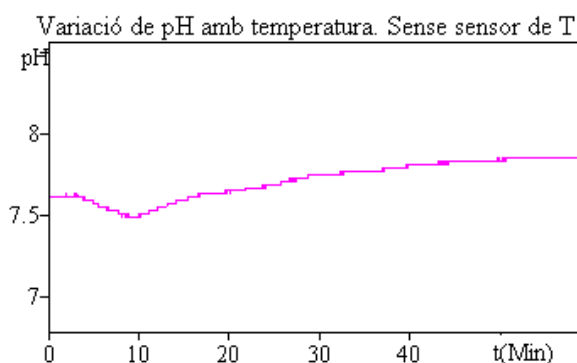
### Segona part

Tragueu el sensor de temperatura i canvieu el de pH a la primera sortida. Afegiu el termòmetre al vas per tal de tenir un control de la temperatura i no arribar més enllà dels 60°C. És convenient que l'aigua emprada aquí sigui la mateixa que a la primera part.

Repetiran el mateix procediment anterior, és a dir:

- Col·locar el vas amb el termòmetre sobre la placa calefactors i afegir el sensor de pH subjectat amb la pinça.
- Posar en marxa el calefactor a  $\frac{3}{4}$  del màxim.
- Iniciar la captació de dades.
- Quan la temperatura arribi als 50°C desconnectar la placa calefactors i deixar que l'aigua es refredi. Poden posar el vas amb el termòmetre i el sensor sobre la taula per tal de que es refredi més ràpidament.

Quan la temperatura de l'aigua sigui la inicial aturaran la captació de dades, posaran un títol al gràfic (per exemple, *pH i temperatura, sense compensació*), afegiran informació i desaran les dades amb el nom *pH\_temp2*. Un resultat possible per a la fase d'escalfament pot ser semblant a aquest:



No han d'oblidar protegir la membrana de vidre de l'elèctrode amb el flascó que conté líquid de pH = 4. En cas de necessitat s'haurà d'omplir el flascó amb aigua de l'aixeta. No utilitzeu aigua destil·lada, sobretot si s'ha d'emmagatzemar un temps llarg.

## A2. Influència de la temperatura en la mesura del pH (full per a l'alumne/a)

### Sensors

Sensors de pH i de temperatura. Paràmetres: 1 mesura/segon; 5000 punts.

### Fonament teòric

Cal recordar que a l'elèctrode de vidre s'estableix una pila, la *fem* de la qual depèn de la diferència de concentració d'ions  $H^{1+}$  a un costat i a l'altre de la membrana de vidre. Cal suposar que aquesta diferència pugui variar amb la temperatura ja que hi poden haver equilibris sensibles als increments de temperatura. També és possible que la porositat de la membrana variï quan s'augmenta la temperatura i això afecti la d.d.p. mesurada.

Segons el fabricant, si es connecten alhora el sensor de pH i el de temperatura es fan les correccions i el valor de pH representat és el valor correcte. Veurem si això és o no és cert.

### Objectius

- Continuar amb el coneixement del funcionament del sensor de pH
- Establir una relació, si n'hi ha, entre el pH d'una dissolució i la temperatura.

Podem utilitzar el valor de pH d'una dissolució a 50°C per fer càlculs en condicions estàndard amb un error negligible?

### Material i precaucions

Sensors de pH i de temperatura. Material de laboratori necessari. Aigua de l'aixeta.

Termòmetre de vidre.

L'elèctrode de vidre és molt delicat. Cal evitar qualsevol cop amb la membrana de vidre, no heu de tocar-la amb les mans per tal de no engreixar-la. En acabar la utilització de l'elèctrode s'ha de tancar amb el flascó protector el qual ha de tenir suficient quantitat de líquid de pH = 4.

Teniu cura que el termòmetre de vidre no rodi sobre la taula i caigui a terra.

Quan la placa calefactora sigui funcionant teniu cura de no cremar-vos ni de cremar els cables dels sensors.

### Procediment



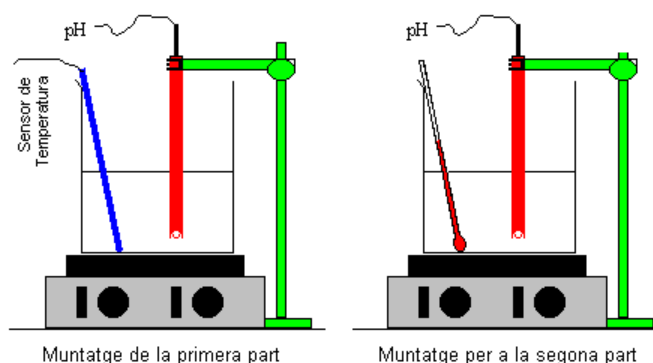
Haureu de mesurar el pH amb i sense sensor de temperatura per comprovar si el fabricant té raó quan diu que el sensor compensa les variacions de pH degudes al canvi de temperatura.



### Primera part

Connecteu els sensors de manera que el primer sigui el de temperatura i el segon, el de pH. Cal respectar aquest ordre de connexió. Se suposa que d'aquesta manera el mateix programa fa les correccions automàticament.

Prepareu el vas amb aigua (fins a un nivell de 3 o 4 cm) i poseu-lo sobre la placa escalfadora. Introduïu dins l'aigua el sensor de temperatura i el de pH tenint en compte les precaucions necessàries.



Iniciu l'adquisició de dades al temps que poseu en marxa la calefacció amb el comandament a  $\frac{3}{4}$  del màxim. No heu de moure el sensor.

Quan la temperatura arribi als  $50^{\circ}\text{C}$  pareu la calefacció. Allibereu l'elèctrode de la pinça i, amb el sensor dins l'aigua, tragueu el vas de la placa i deixeu-lo sobre la taula amb els dos sensors recolzats a la paret del vas. La captació de dades encara continua.

Quan la temperatura de l'aigua sigui la inicial (o a prop d'ella) atureu la captació de dades, poseu un títol al gràfic (per exemple, *pH i temperatura, amb compensació*), afegiu informació i deseu les dades amb el nom *pH\_temp1*

### Segona part

Desconnecteu tots dos sensors de la consola i canvieu el de pH a la primera sortida. Afegiu el termòmetre al vas per tal de tenir un control de la temperatura i no arribar més enllà dels  $55^{\circ}\text{C}$ . És convenient que l'aigua emprada aquí sigui la mateixa que a la primera part.

Repetiu el mateix que abans però, ara, només es captaran dades de pH.

Quan la temperatura de l'aigua sigui la inicial atureu la captació de dades, poseu un títol al gràfic (per exemple, *pH i temperatura, sense compensació*), afegiu informació i deseu les dades amb el nom *pH\_temp2*.

No heu d'oblidar protegir la membrana de vidre de l'elèctrode amb el flascó que conté líquid de  $\text{pH} = 4$ .

### Tractament de les dades

- Obriu a la pantalla els dos fitxers creats *pH\_temp1* i *pH\_temp2*. Feu una comparació visual i determineu la variació de pH produïda en la fase d'escalfament.
  - Amb compensació:  
Per a un augment de ..... $^{\circ}\text{C}$  fins a ..... $^{\circ}\text{C}$  el pH ha variat,  $\Delta\text{pH} = \dots\dots$
  - Sense compensació:  
Per a un augment de ..... $^{\circ}\text{C}$  fins a ..... $^{\circ}\text{C}$  el pH ha variat,  $\Delta\text{pH} = \dots\dots$
- Repetiu el mateix per a la fase de refredament, si l'heu pogut fer.
  - Amb compensació:  
Per a una disminució de ..... $^{\circ}\text{C}$  fins a ..... $^{\circ}\text{C}$  el pH ha augmentat,  $\Delta\text{pH} = \dots\dots$
  - Sense compensació:  
Per a una disminució de ..... $^{\circ}\text{C}$  fins a ..... $^{\circ}\text{C}$  el pH ha augmentat,  $\Delta\text{pH} = \dots\dots$

## B2. Conclusions i preguntes finals

1. Determina la variació de pH per cada grau de temperatura variat a la fase d'escalfament i a la de refredament, si s'ha fet.

Escalfament:

- amb compensació de temperatura:
- sense compensació:

Refredament:

- amb compensació de temperatura:
- sense compensació:

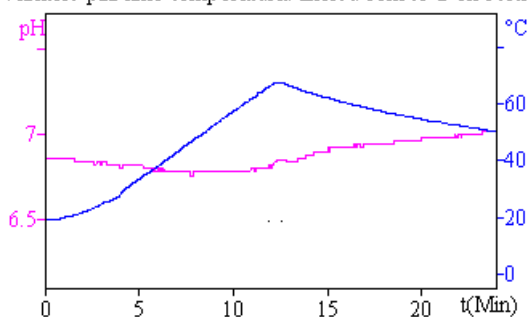
2. Escriu les teves conclusions quant a la compensació en els valors de pH si s'afegeix la mesura de temperatura a la del pH.

Fase d'escalfament:

Fase de refredament:

3. Si el sensor de pH es connecta a la sortida 1 i el de temperatura a la sortida 2 s'obté aquest gràfic:

Variació pH amb temperatura. Inclou sensor T en sortida 2



Tenint en compte només els resultats obtinguts a l'activitat, es pot dir que és indiferent on es connecti el sensor de temperatura?

4. Podem utilitzar el valor de pH d'una dissolució a 50°C per fer càlculs en condicions estàndard amb un error negligible?
5. Quines causes hi ha per explicar la variació de pH observada en variar la temperatura?



### A3. Determinació de la constant d'equilibri de l'àcid acètic (full per al professor/a)

Nivell educatiu

L'activitat és pròpia de l'alumnat de Batxillerat o Cicles Formatius.

Sensors

Sensor de pH (0- 14)

Velocitat de mesura: 1 cada segon

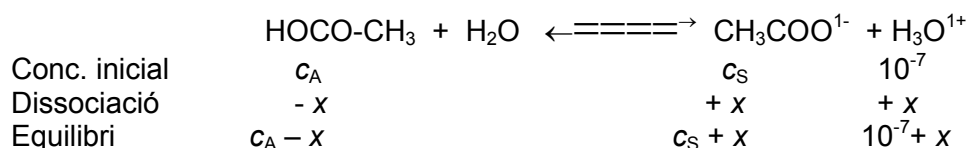
Nombre de mesures: amb 100 o 200 mesures serà suficient ja que només es tracta de conèixer un pH determinat, suposadament estable amb el temps.

Objectius

- Determinar la constant d'acidesa de l'àcid acètic..
- Establir un mètode per saber determinar altres constants d'àcids i bases febles.
- Revisar el concepte de dissolucions reguladores de pH.
- Conèixer un mètode general de preparar dissolucions amortidores d'un pH determinat i estable entre certs límits.

Fonament teòric

Quan s'aplica la llei de l'equilibri químic a una dissolució d'àcid acètic, de concentració  $c_A$ , que conté una determinada quantitat de ió acetat (concentració  $c_S$ ) podem escriure:



$$K_a = [\text{CH}_3\text{COO}^{1-}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^{1+}] / [\text{HOCO-CH}_3] = (c_S + x) \cdot (10^{-7} + x) / (c_A - x)$$

Si a les condicions en què fem la mesura del pH podem suposar que  $x \ll c_S$ , que  $x \ll c_A$  i que també  $x \gg 10^{-7}$ , aleshores

$$K_a = c_S \cdot x / c_A \quad \text{d'on} \quad x = K_a \cdot c_A / c_S$$

Si apliquem logaritmes decimals i canviem de signe,

$$-\log x = -\log K_a - \log (c_A / c_S)$$

$$pH = pK_a + \log (c_S / c_A) \text{ o també } pH = pK_a + \log ([\text{sal}]/[\text{àcid}])$$

Si  $[\text{sal}] = [\text{àcid}]$ , resulta que  $pH = pK_a$

Per tant, una vegada mesurat el pH de la dissolució tindrem  $K_a = 10^{-pH}$ .

Material, reactius i precaucions

**Material**

Sensor de pH, calibrat a pH = 4'00

1 vas de precipitats. El vas ha de mantenir l'elèctrode sense bolcar, per tant no ha de ser dels petits. Un vas petit dins un altre més gran dona més estabilitat.

Paper absorbent.

Vareta de vidre per ajudar a dissoldre el solut, si cal.

**Productes**

Aigua destil·lada

0'020 mols d'àcid acètic (glacial o 1'00 mol/L)

0'020 mols d'acetat de sodi.

Es poden utilitzar altres quantitats però han d'ésser en proporció equimolar.

**Precaucions**

L'elèctrode de vidre és molt delicat. Cal evitar qualsevol cop amb la membrana de vidre, no heu de tocar-la amb les mans per tal de no engreixar-la. En acabar la utilització de l'elèctrode s'ha de tancar amb el flascó protector el qual ha de tenir suficient quantitat de líquid de pH = 4.

L'àcid acètic glacial és volàtil i pot resultar irritant quan s'obre l'ampolla. Recordeu que el vinagre conté aquest àcid, però en proporció més petita (al voltant del 6%).

L'àcid acètic glacial és àcid pur i és perillós, encara sigui un àcid feble.

**Procediment****Preparació de la solució amortidora**

1. Determinació de la quantitat necessària d'acetat de sodi per tenir 0'020 mols.

Fórmula:  $\text{CH}_3\text{-COONa}$  ( $\text{NaOCO-CH}_3$ )

Massa molar:  $M = 82 \text{ g/mol}$

massa,  $m = 0'020 \text{ mol} \cdot 82 \text{ g/mol} = 1'64 \text{ g}$

2. Càlculs necessaris per tenir 0'020 mols d'àcid acètic:

- a) Cas de disposar d'àcid acètic glacial.

Fórmula:  $\text{CH}_3\text{-COOH}$

Massa molar:  $M = 60 \text{ g/mol}$

Massa necessària,  $m = 0'020 \text{ mol} \cdot 60 \text{ g/mol} = 1'20 \text{ g}$

Densitat:  $d = 1'049 \text{ g/cm}^3$

Volum necessari,  $V = 1'14 \text{ cm}^3$

Es pot pesar la massa obtinguda en un vas o es pot mesurar amb una pipeta petita el volum equivalent.

Així doncs, afegiran uns 100 mL d'aigua al vas on s'hagi pesat l'àcid i hi dissoldran també l'acetat de sodi. No importa el volum exacte, però sí les concentracions.

- b) Cas de tenir àcid de concentració 1 M.

$n = V \cdot c;$

$V = 0'020 \text{ mols} / 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0'020 \text{ L} = 20 \text{ mL}$

En aquest cas mesuraran amb una proveta els 20 mL d'àcid acètic 1 M, els abocaran en un vas i hi afegiran aigua fins fer uns 100 mL. A continuació hi dissoldran l'acetat de sodi.

Fet això hauran preparat 0'10 L de dissolució amortidora que conté 0'020 mols d'àcid acètic i 0'020 mols d'acetat de sodi. Quina concentració hi ha de cadascú dels soluts?

$[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{CH}_3\text{COONa}] = 0'02 \text{ mol} / 0'100 \text{ L} = 0'20 \text{ mol/L}$  (inicialment)

Quina serà la concentració de l'ió acetat?

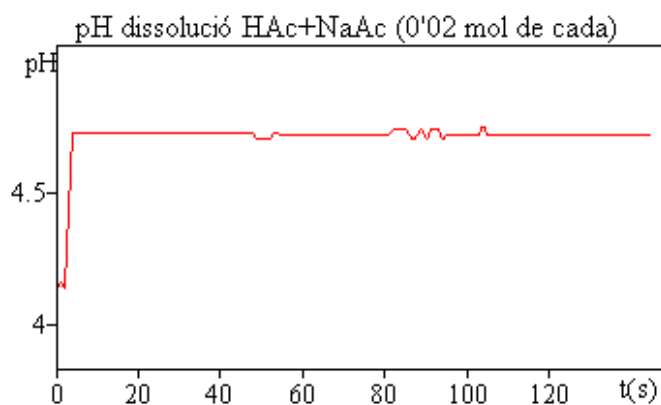
$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0'20 \text{ mol/L}$  menys la desapareguda per hidròlisi = 0'20 mol/L

### Captació de dades

Amb la dissolució a punt, hi introduïran l'elèctrode de pH, degudament eixugat i aclarit, i començaran la captació de dades. Cal esperar un gràfic horitzontal ja que no hi ha raons per a què el pH canviï.

Quan considerin que tenen un tram de gràfic vàlid tancaran la captació de dades, posaran un títol al gràfic (per exemple, *pH dissolució acètic-acetat*), afegiran informació i desaran les dades amb el nom *pH\_Kac*.

El gràfic que s'ha d'obtenir ha de ser més o menys com el que s'indica a continuació, tenint en compte que pot hi haver variacions al pH inicial que dependran de la dissolució on s'hagi aclarit l'elèctrode.



Nota:

El risc dels reactius utilitzats s'ha de considerar només per a l'àcid acètic glacial, que



correspon al tipus **irritant**, amb pictograma , que s'indica en tots els envasos que continguin substàncies que poden provocar cremades greus i destrucció de totes les capes de la pell per contacte directe.

### A3. Determinació de la constant d'equilibri de l'àcid acètic (full per a l'alumne/a)

#### Sensors

Sensor de pH . Velocitat de mesura: 1 cada segon per a 100 o 200 punts.

#### Fonament teòric

Quan s'aplica la llei de l'equilibri de dissociació iònica a una dissolució d'àcid acètic, de concentració  $c_A$ , que conté una determinada quantitat de ió acetat (concentració  $c_S$ ) obtenim:  $K_a = c_S \cdot x / c_A$  que es transforma en  $pH = pK_a + \log (c_S / c_A)$  o també  $pH = pK_a + \log ([sal]/[àcid])$ . S'han aplicat unes quantes aproximacions que cal saber.

Si  $[sal] = [àcid]$ , resulta que  $pH = pK_a$ . Per tant, tindrem  $K_a = 10^{-pH}$ .

#### Objectius

- Determinar la constant d'acidesa de l'àcid acètic.
- Revisar el concepte de dissolucions reguladores de pH.

Com faries per determinar la constant de basicitat de l'amoniac?

#### Material, reactius i precaucions

##### Material

Sensor de pH, calibrat a  $pH = 4.00$ . Material de laboratori necessari.

##### Productes

Aigua destil·lada

0'020 mols d'àcid acètic (glacial o 1'00 mol/L), 0'020 mols d'acetat de sodi.

##### Precaucions

Recordeu que l'elèctrode de vidre és molt delicat.

L'àcid acètic glacial és volàtil i pot resultar irritant quan s'obre l'ampolla. Recordeu que el vinagre conté aquest àcid, però en proporció més petita (al voltant del 6%).

L'àcid acètic glacial és àcid pur i és perillós, encara sigui un àcid feble.

#### Procediment



Haureu de mesurar el pH d'una solució amortidora d'àcid acètic/acetat de sodi per tal de determinar la constant d'acidesa de l'àcid acètic.



#### Preparació de la solució amortidora

1. Determinació de la quantitat necessària d'acetat de sodi per tenir 0'020 mols.

Fórmula:...

Massa molar:  $M = \dots$

massa,  $m = \dots$

2. Càlculs necessaris per tenir 0'020 mols d'àcid acètic:

a) Cas de disposar d'àcid acètic glacial.

Fórmula:...

Massa molar:  $M = \dots$

Massa necessària,  $m = \dots$

Densitat:  $d = 1.049 \text{ g/cm}^3$

Volum necessari,  $V = \dots$

Es pot pesar la massa obtinguda en un vas o es pot mesurar amb una pipeta petita el volum equivalent.

Així doncs, afegiu uns 100 mL d'aigua al vas on s'hagi pesat l'àcid i hi dissoleu també l'acetat de sodi.

b) Cas de tenir àcid de concentració 1 M.

$$n = V \cdot c; \quad V = 0'020 \text{ mols} / 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = \dots\dots\dots \text{L} = \dots\dots\dots \text{mL}$$

En aquest cas mesureu amb una proveta els ..... mL d'àcid acètic 1 M, els aboqueu en un vas i hi afegiu aigua fins fer uns 100 mL. A continuació hi dissoleu l'acetat de sodi.

Fet això haureu preparat 100 cm<sup>3</sup> de dissolució amortidora que conté 0'020 mols d'àcid acètic i 0'020 mols d'acetat de sodi. Quina concentració hi ha de cadascú dels soluts?

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{CH}_3\text{COONa}] = \dots\dots \quad (\text{inicialment})$$

Quina serà la concentració de l'ió acetat?

$$[\text{CH}_3\text{COO}^{-1}] = \dots\dots$$

### ◇ Captació de dades

Amb la dissolució a punt, hi introduïu l'elèctrode de pH, degudament eixugat i aclarit, i comenceu la captació de dades. Cal esperar un gràfic horitzontal ja que no hi ha raons per a què el pH canviï.

Quan considereu que teneu un tram de gràfic vàlid tanqueu la captació de dades, poseu un títol al gràfic (per exemple, *pH dissolució acètic-acetat*), afegiu informació i deseu les dades amb el nom *pH\_Kac*.

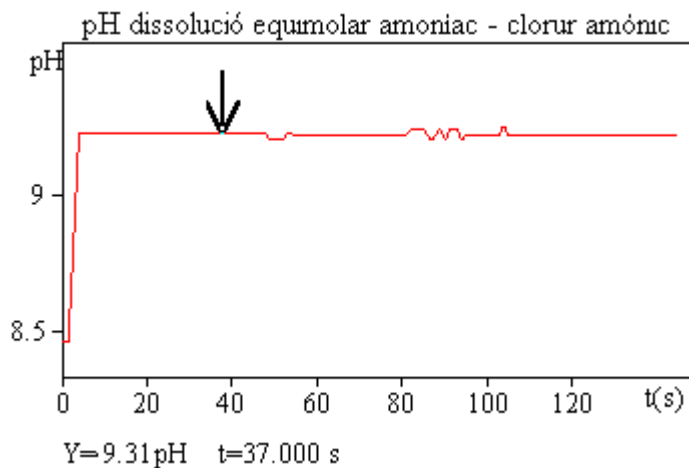
#### Tractament de les dades

1. Feu doble clic sobre el gràfic en un lloc on es vegi horitzontal i anoteu el valor del pH indicat.

$$\text{pH} = \dots\dots$$

### B3. Conclusions i preguntes finals

1. A partir del valor de pH mesurat determina la constant d'acidesa de l'àcid acètic i compara-la amb el valor tabulat de  $1.8 \cdot 10^{-5}$ .
2. Quines aproximacions que s'han hagut de suposar per arribar a l'expressió  $pH = pK_a$ ? Digues si es compleixen en aquest cas.
3. Com determinaries la constant de basicitat,  $K_b$ , de l'amoniac a partir d'una dissolució equimolar de clorur d'amoni i amoniac. Dedueix una fórmula semblant a la utilitzada per a l'àcid acètic i aplica-la al cas corresponent al següent gràfic.



4. Quina correcció hauries de fer a la fórmula utilitzada abans per determinar  $K_a$  si te n'adones que la concentració d'acetat de sodi és 0.040 mol/L en comptes de 0.020 mol/L?

## A4. Estudi de la difusió de l'ió $\text{OH}^{1-}$ en aigua (full per al professor/a)

Nivell educatiu

L'activitat és pròpia de l'alumnat de Batxillerat o Cicles Formatius.

Sensors

Sensor de pH (0- 14)

Velocitat de mesura: 1 cada segon

Nombre de mesures: 2000 mesures (equivalent a més de mitja hora).

Objectius

- Fer ús del sensor de pH.
- Establir la base per definir un model per al moviment dels ions en aigua.
- Dissenyar altres activitats semblants per completar el model

Fonament teòric

La teoria d'Arrenius sobre la dissociació de les bases ens diu que l'hidròxid de sòlid dissolt en aigua es dissocia en ions  $\text{Na}^{1+}$  i ions  $\text{OH}^{1-}$ . Ens podem preguntar com es mouen els ions des del sòlid fins ocupar tot el volum del líquid, és a dir, com es difonen. També podem preguntar-nos quins factors afavoreixen aquesta difusió. El comportament de l'ió  $\text{OH}^{1-}$  el considerarem com a exemple de comportament general.

A la següent activitat i amb el complement d'altres proposades es pot intentar comprovar o rebutjar les hipòtesis:

- La difusió dels ions no és instantània és, més bé, lenta.
- L'augment de temperatura de l'aigua afavoreix la difusió.
- La concentració inicial del sòlid dissolt influeix en la difusió.

En aquesta activitat es donaran instruccions per contestar la primera de les hipòtesis, per a la resta hauran de fer les propostes d'actuació convenients.

Per tal de completar les respostes poden fixar-se en la teoria dels gasos, que també es difonen i ocupen la totalitat del volum disponible.

Material, reactius i precaucions

### Material

Sensor de pH.

4 recipients rectangulars, tipus carmanyola d'uns 20 cm de llarg.

Regla graduada en cm.

Full de paper o tros de dimensions iguals a la del fons del recipient.

Paper absorbent.

Suport per poder col·locar vertical el sensor de pH.

Vas amb aigua per rentar l'elèctrode

Pinça petita per agafar les lletilles i deixar-les caure amb suavitat.

### Productes

Aigua amb un pH de 7 (millor si té pH de 5 o 6). Si s'utilitza aigua amb pH=8 no es veurà molt bé al gràfic el moment en que el pH augmenta. Es pot acidular amb un parell de gotes del mateix líquid de pH=4 del flascó protector.

## Hidròxid de sodi en lletilles

### Precaucions

L'hidròxid de sodi s'humiteja a l'aire, per tant cal mantenir el flascó tapat. No s'ha de tocar amb els dits; si això succeeix, es rentaran les mans de seguida. Aquest producte també s'anomena **sosa càustica**.

Cal recordar que l'elèctrode de vidre és molt delicat. Cal evitar qualsevol cop amb la membrana de vidre, no han de tocar-la amb les mans per tal de no engreixar-la. En acabar la utilització de l'elèctrode s'ha de rentar, eixugar i tancar amb el flascó protector el qual ha de tenir suficient quantitat de líquid de pH = 4.

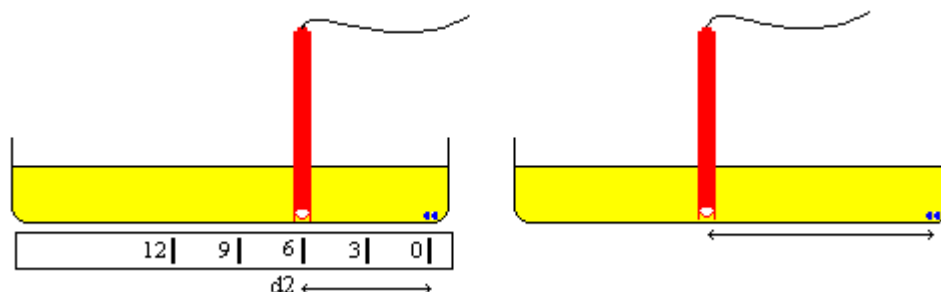
### Procediment

S'han de fer mesures de pH de l'aigua de la carmanyola esperant que el valor pugi a causa de la difusió dels ions hidròxid, moment que ens permetrà determinar el temps que ha tardat en arribar a l'elèctrode.

Cal tenir 4 carmanyoles amb aigua que sigui a la mateixa temperatura. O bé una única carmanyola que es farà servir 4 vegades amb aigua que tingui la mateixa temperatura les quatre vegades. I un vas amb aigua del mateix origen. Convé que l'aigua tingui un pH inicial igual o una mica inferior a 7, per tal de notar l'esperat augment degut a la basicitat de la dissolució originada.

Al full de paper marcaran una línia com a punt "zero" i altres línies a distàncies 3 cm, 6 cm, 9 cm, 12 cm (poden ser altres). Si el recipient és transparent es podrà posar el paper a sota i si no ho és, el podran posar al costat.

Ompliran la primera carmanyola amb un parell de centímetres d'aigua.



Es tracta de situar el sensor de pH al primer punt (3 cm) i quasi tocant el fons del recipient i esperar el temps necessari per a que l'aigua romanguí en repòs. En aquest moment es deixaran caure amb suavitat sobre el punt zero dues lletilles al temps que es comença la captació de dades. Si les lletilles no cauen al lloc desitjat no s'han de tocar, bastarà modificar la longitud però no s'ha d'agitar l'aigua.

Esperaran fins que sigui acceptable la pujada de pH, el qual pujarà poc a poc. Quan considerin que això és visible, pararan l'adquisició de dades, posaran un títol al gràfic (per exemple, *pH\_Difusió a 3 cm*), afegiran alguna informació i desaran les dades amb el nom *pH\_Dif\_1*. Abans de tancar la finestra es pot determinar el temps que han trigat els ions  $\text{OH}^{1-}$  en arribar a l'elèctrode (millor dit, el temps que ha tardat l'elèctrode en detectar els ions  $\text{OH}^{1-}$ ).

Trauran l'elèctrode, l'eixugaran i l'aclariran amb l'aigua del vas. El deixaran al vas mentre preparen la segona part.



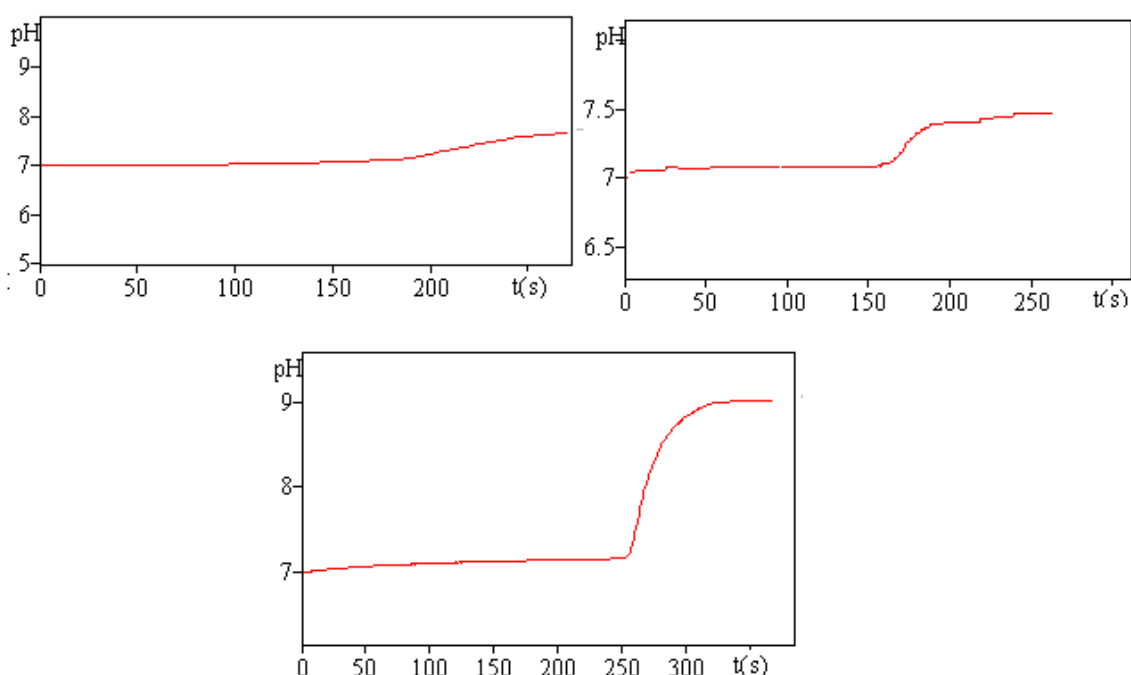
Llançaran l'aigua de la primera carmanyola i la rentaran. Si l'han de fer servir per a la segona mesura cal que sigui ben rentada ja que poden quedar restes bàsics de la dissolució anterior.

Ompliran la segona carmanyola com la primera, vigilat que el seu pH sigui 6 o 7. Posaran el sensor a la segona distància (6 cm) i repetiran el procediment.

Quan vegin que el pH porta pujant un temps, tancaran la captació de dades, posaran títol al gràfic (per exemple, *pH\_Difusió a 6 cm*) afegiran alguna informació i desaran les dades amb el nom *pH\_Dif\_2*.

Hauran d'operar igualment dues vegades més per a les distàncies 9 cm i 12 cm. Posaran un títol semblant (*pH\_Difusió a 9 cm*, *pH\_Difusió a 12 cm*) i desaran les dades amb els noms *pH\_Dif\_3* i *pH\_Dif\_4*.


Els gràfics podran ser semblants a aquests:



Nota:

S'ha de considerar el perill de l'hidròxid de sodi sòlid, classificat com a **irritant**.



El pictograma de perill corresponent és:  que s'indica als envasos que contenen substàncies que poden provocar cremades greus y destrucció de totes les capes de la pell per contacte directe.

## A4. Estudi de la difusió de l'ió $\text{OH}^{1-}$ en aigua (full per a l'alumne/a)

### Sensors

Sensor de pH. Velocitat de mesura: 1 cada segon per a 2000 punts.

### Fonament teòric

La teoria d'Arrhenius sobre la dissociació de les bases ens diu que l'hidròxid de sodi dissolt en aigua es dissocia en ions  $\text{Na}^{1+}$  i ions  $\text{OH}^{1-}$ . Ens podem preguntar com es mouen els ions des del sòlid fins ocupar tot el volum del líquid, és a dir, com es difonen. El sensor de pH ens servirà per saber quan aquests ions arriben a l'elèctrode.

### Objectius

- Establir una base per definir un model per al moviment dels ions en aigua.
- Dissenyar altres activitats semblants per completar el model.

Els ions  $\text{OH}^{1-}$ , es difonen ràpidament? Realment els ions es mouen tan poc a poc?

### Material, reactius i precaucions

#### Material

Sensor de pH. Material de laboratori necessari

#### Productes

Aigua amb un pH de 7 (millor si té pH de 5 o 6). Si s'utilitza aigua amb pH = 8 es pot acidular amb un parell de gotes del mateix líquid de pH = 4 del flascó protector.

Hidròxid de sodi en lletilles. Pinça petita per agafar les lletilles i deixar-les caure amb suavitat.

#### Precaucions

L'hidròxid de sodi s'humiteja a l'aire, per tant cal mantenir el flascó tapat. No s'ha de tocar amb els dits; si això succeeix, us heu de rentar les mans de seguida. Aquest producte és càustic. Cal recordar que l'elèctrode de vidre és molt delicat.

#### Procediment



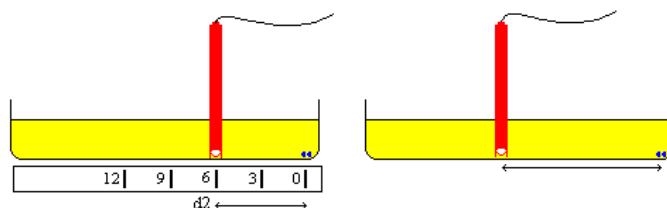
Haureu de mesurar el pH de l'aigua per determinar el temps que tarda el sensor de pH en detectar els ions hidròxid que es difonen des d'un punt inicial fins a uns punts que haureu determinat prèviament.

Heu de tenir 4 carmanyoles amb aigua que sigui a la mateixa temperatura. O bé una única carmanyola que es farà servir 4 vegades amb aigua que tingui la mateixa temperatura les quatre vegades. I un vas amb aigua del mateix origen i pH.



Al full de paper marcareu una línia com a punt "zero" i altres línies a distàncies 3 cm, 6 cm, 9 cm, 12 cm (poden ser altres). Si el recipient és transparent podeu posar el paper a sota i si no ho és, el posareu al costat.

Ompliu la primera carmanyola amb un parell de centímetres d'aigua.



Heu de situar l'elèctrode de pH al primer punt (3 cm) i quasi tocant el fons del recipient i esperar el temps necessari per a que l'aigua romangui en repòs. En aquest moment hi deixareu caure amb suavitat sobre el punt zero dues lletilles al temps que començareu la captació de dades. Si les lletilles no cauen al lloc desitjat no les heu de moure, bastarà prendre nota de la nova longitud però no s'ha d'agitar l'aigua.

Espereu fins que sigui acceptable la pujada de pH, el qual pujarà poc a poc. Quan considereu que això és vàlid, pareu l'adquisició de dades, poseu un títol al gràfic (per exemple, *pH\_Difusió a 3 cm*), afegiu alguna informació i deseu les dades amb el nom *pH\_Dif\_1*. Abans de tancar la finestra determinareu el temps que han trigat els ions  $\text{OH}^{1-}$  en arribar a l'elèctrode (millor dit, el temps que ha tardat l'elèctrode en detectar els ions  $\text{OH}^{1-}$ ). Temps,  $t(3\text{ cm}) = \dots$

Tragueu l'elèctrode, eixugueu-lo i aclariu-lo amb l'aigua del vas. El podeu deixar al vas mentre prepareu la segona part. Llanceu l'aigua de la primera carmanyola i renteu-la. Si l'heu de fer servir per a la segona mesura cal que sigui ben rentada ja que podrien quedar restes bàsics de la dissolució anterior.

Ompliu la segona carmanyola com la primera, vigilant que el seu pH sigui 6 o 7. Poseu el sensor a la segona distància (6 cm) i repetiu el procediment. Quan el pH porti pujant un temps, tanqueu la captació de dades, poseu títol al gràfic (per exemple, *pH\_Difusió a 6 cm*) afegiu alguna informació i deseu les dades amb el nom *pH\_Dif\_2*. Determineu el temps que ha tardat el sensor en detectar els ions hidròxid,  $t(6\text{ cm}) = \dots$

Haureu d'operar igualment dues vegades més per a les distàncies 9 cm i 12 cm. Determineu els temps,  $t(9\text{ cm}) = \dots$ ,  $t(12\text{ cm}) = \dots$  que ha tardat el sensor en detectar els ions  $\text{OH}^{1-}$

Poseu un títol semblant (*pH\_Difusió a 9 cm*, *pH\_Difusió a 12 cm*) i deseu les dades amb els noms *pH\_Dif\_3* i *pH\_Dif\_4*, respectivament.

#### Tractament de les dades

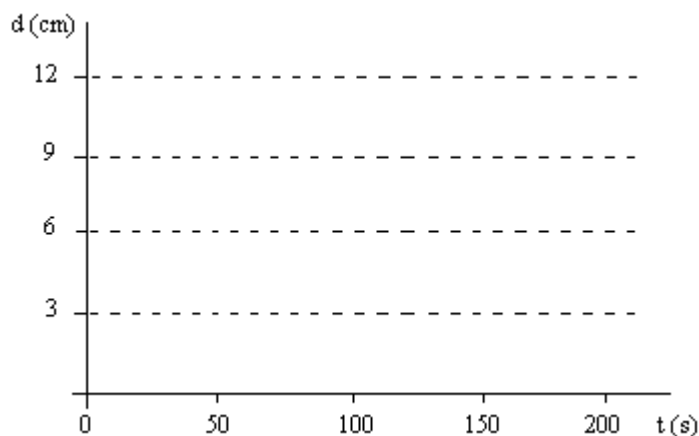
Teniu 4 fitxers corresponents a les 4 distàncies. Deduiu dels gràfics corresponents a cada distància el temps que ha passat des de que heu deixat caure les lletilles fins que el sensor ha detectat la variació de pH, suposadament deguda a l'ió  $\text{OH}^{1-}$ . Ompliu la següent taula:

Distàncies d (cm)	Temps t (s)
3	
6	
9	
12	

Substituïu els valors de les distàncies si heu fet modificacions.

## B4. Conclusions i preguntes finals

1. Representa gràficament els valors de la taula anterior obtinguda al tractament de les dades i dibuixa la recta més adient. Determina el pendent de la recta, si s'escau. Quin significat té aquest pendent?



2. Completa la taula amb una columna més on es calculi el quocient entre els valors de la primera columna i els de la segona columna.

Distàncies d (cm)	Temps t (s)	Quocient d/t .....

Quina relació hi ha entre el pendent determinat a la primera pregunta i els valors calculats en aquesta tercera columna?

3. Es pot treure alguna conclusió vàlida d'aquesta activitat quant al moviment dels ions  $\text{OH}^{1-}$ ?

Els ions  $\text{OH}^{1-}$ , es difonen ràpidament?

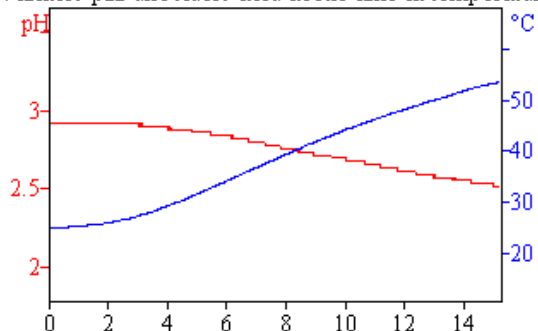
Els ions es mouen tan poc a poc?

4. Feu un disseny d'activitat que permeti establir alguna relació entre la rapidesa de la difusió de l'ió  $\text{OH}^{1-}$  i la temperatura de l'aigua.

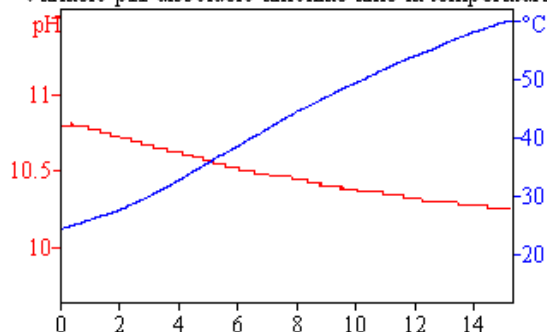
## Altres propostes

1. Tractar de comprovar o rebutjar les hipòtesis:
  - L'augment de temperatura de l'aigua afavoreix la difusió.
  - La concentració inicial del sòlid dissolt influeix en la velocitat de difusió.
2. Determinar la variació amb la temperatura del pH de l'aigua destil·lada fent la mesura amb correcció de temperatura. Intentar determinar el valor de  $K_w$  a diferents temperatures comprovant la validesa dels resultats.
3. Estudiar la variació del pH d'una dissolució d'àcid acètic o amoníac amb la temperatura, intentant veure si hi ha alguna relació amb la seva entalpia de dissociació.

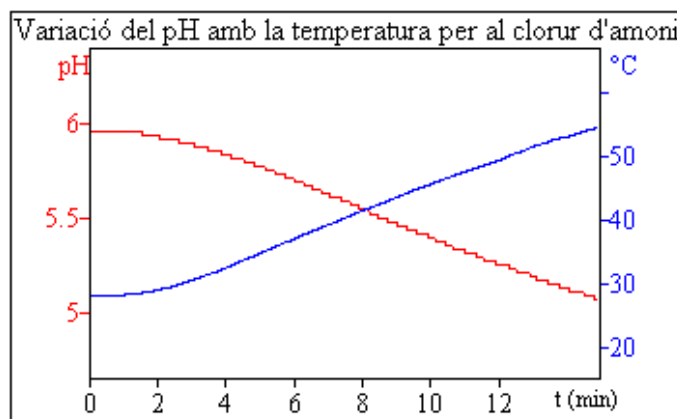
Variació pH dissolució àcid acètic amb la temperatura



Variació pH dissolució amoníac amb la temperatura



4. El mateix amb una sal amb capacitat d'hidròlisi, per exemple clorur d'amoni. S'obté un gràfic com aquest:

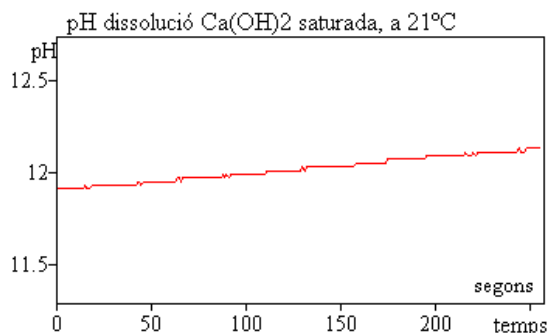


5. Determinar la constant d'acidesa d'altres àcids febles.
6. Determinar la constant de solubilitat d'un hidròxid poc soluble.

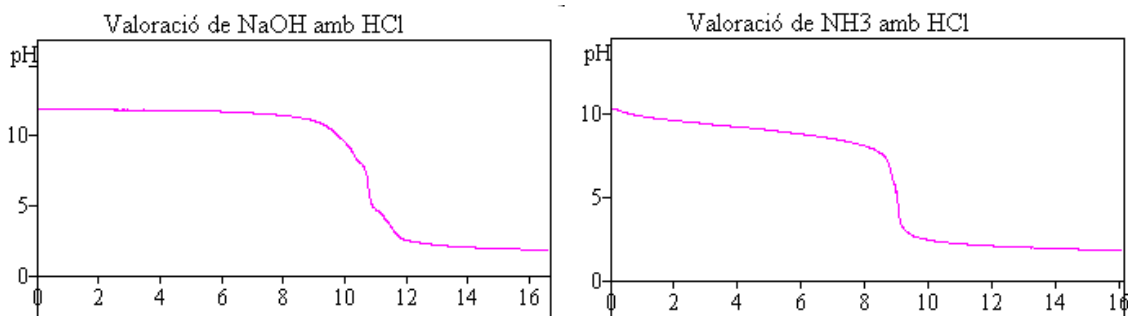


$$\text{on } \text{OH}^{1-} = 10^{-\text{pOH}} = 10^{\text{pH}-14}$$

Un inconvenient que pot hi haver en alguns casos és la contínua variació del pH, el qual sembla no estabilitzar-se mai. S'ha de deixar un temps llarg l'elèctrode en la dissolució abans de determinar el valor de pH. Per exemple, en una dissolució aquosa saturada de CaO, o sigui de Ca(OH)<sub>2</sub> el gràfic que es va obtenir és el següent:

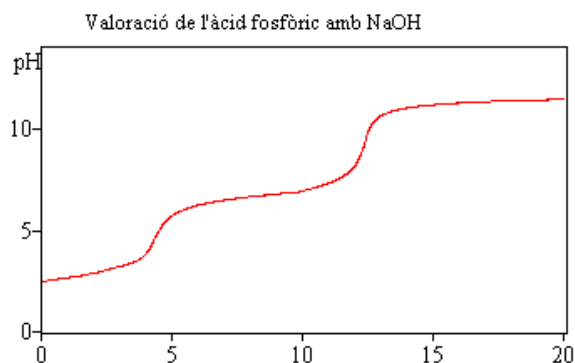


### 7. Obtenir corbes de pH en valoracions àcid fort (feble) + base forta (feble)



Aquestes corbes s'han obtingut deixant caure l'àcid de la bureta a raó de 1 o 2 gotes per segon vigilant que no disminuís aquest ritme. Si s'utilitza una bureta de 50 cm<sup>3</sup> per fer servir només 25 cm<sup>3</sup> el ritme es manté millor que si es fa servir la bureta de 25 mL. L'agitador magnètic s'ha utilitzat per fer més ràpida la mescla de reactius i assegurar mesures de pH correctes.

### 8. Obtenir corbes de pH en valoracions d'àcids polipròtics, com el fosfòric.



Només es visualitzen dues inflexions. La tercera no s'aprecia.

## Avaluació de les activitats de coneixement del sensor de pH

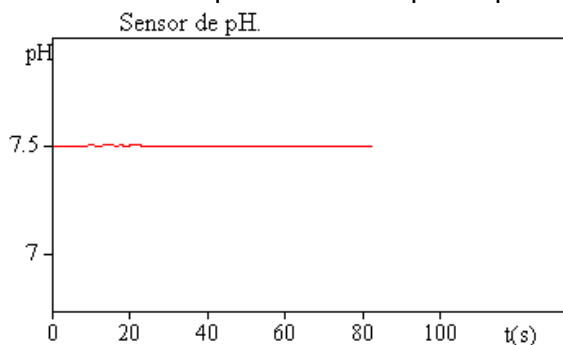
1. La següent taula inclou els temps per a la difusió dels ions  $\text{OH}^{1-}$  mesurats de manera semblant a la que has fet al laboratori. La mesura s'ha fet deixant caure 1 lentilla (2a. columna) i deixant caure 2 lentilles (4ta. columna). La temperatura de l'aigua va ser la mateixa en totes les mesures.

DISTÀNCIA D (CM)	1 LLENTILLA t (s)	QUOCIENT D/T	2 LLENTILLES t (s)	QUOCIENT D/T
2'5	50		40	
5'5	78		60	
9	126		98	
13'2	180		153	

Determina la rapidesa de difusió per a cada cas i treu-ne conclusions.

Digues si pot hi haver alguna altra raó en el menor temps mesurat a la quarta columna

2. S'introdueix l'elèctrode de pH en una dissolució amortidora, el pH de la qual de la qual considerem fiable i de valor 7'00, i obtenim un gràfic com aquest. A què és deguda la diferència i què hem de fer per a què el sensor doni el valor de 7'0?



3. Amb el sensor emprat en aquestes activitats has de mesurar el pH de l'aigua calenta de determinats brolladors d'un balneari. Quina precaució has de prendre per a què el valor mesurat ja inclogui les compensacions necessàries? A quines correccions ens referim?
4. Digues com podries determinar la constant  $K_a$  de l'àcid hipoclorós, seguint el mètode fet al laboratori per a l'àcid acètic. Si el pH mesurat a 25°C fos 7'40, quant valdria la seva constant d'acidesa a aquesta temperatura?

## **Full de respostes i comentaris addicionals**

B1

1. a) No cal agitar el líquid amb l'elèctrode; es produeixen oscil·lacions del valor mesurat.  
b) No deixar que la membrana de vidre s'assequi, sobretot quan s'ha emmagatzemat; ja que en tornar a fer servir l'elèctrode triga bastant en assolir les condicions adients de mesura. Les mesures no serien fiables.  
c) El líquid, el pH del qual es vol mesurar, ha de cobrir completament la membrana de vidre, al menys ha d'haver 1 cm de líquid.
2. Aquest valor fora de l'interval de pH del sensor (0 14) vol dir que les connexions tenen algun defecte o el sensor s'ha fet malbé. És una situació freqüent quan es vol utilitzar per primera vegada. Cal desconectar i tornar a connectar tots els cables. També apareixen aquests valors si, alhora, s'estan prenent mesures amb el sensor de conductivitat.
3. Com hem pogut comprovar si que influeix. Si la determinació de pH exigeix mesures correctes de les dècimes una agitació exagerada pot ser un inconvenient o portar a conclusions errònies

Si el pH-metre no s'ha calibrat recentment el valor de pH obtingut no té cap interès quantitatiu, ni tan sols informatiu.

B2

1. Dependrà dels casos concrets. Per als gràfics inclosos a l'activitat són:

Escalfament:

- amb compensació de temperatura: quasi no varia. 0 pH/°C
- sense compensació:  $-0'12/30 = 0'0040$  pH/°C

Refredament:

- amb compensació de temperatura:  $0'34$  pH/30°C =  $0'011$  pH/°C
- sense compensació:  $0'36$  pH / 30°C =  $0'012$  pH/°C

2. Sembla que cal posar el sensor de temperatura a la primera sortida. Això es pot dir a partir dels gràfics indicats. Sembla ser que, efectivament hi ha compensació quan l'elèctrode s'escalfa, però en refredar-se hi ha una mateixa pujada en tots dos casos, que no podem explicar. Potser la membrana ha variat la seva permeabilitat ja que al final arribem a la temperatura inicial però amb un pH diferent.
3. S'observa una disminució de pH meitat a l'obtinguda sense compensació (- 0'08 pH en escalfar de 20°C fins a 60°C, són  $0'0020$  pH/°C). També s'observa un augment en refredar-se la dissolució ( $0'24$  pH en 18 °C, són  $0'013$  pH/°C). Així doncs, cal dir que la compensació té lloc si el sensor de temperatura hi és a la primera sortida.

Podem afirmar això a partir d'un sol exemple. Caldria veure els resultats de la resta de grups per poder generalitzar.

4. Hauríem de saber si el valor a 50°C s'ha pres amb compensació de temperatura, segons la pregunta 1 no hi hauria gaire variació.



5. La temperatura pot afectar la fem de l'elèctrode de referència, pot afectar la porositat de la membrana i alterar la difusió a través d'ella, pot hi haver canvis reals de la concentració de hidrogenions per afectar l'equilibri iònic de l'aigua.

## B3

1. Amb les condicions d'equimolaritat en l'àcid i la sal, tenim que  $pK = pH$ , o sigui,  $K_a = [H^{1+}] = 10^{-pH}$ . El resultat dependrà de cada grup, per al gràfic considerat a l'activitat el  $pH = 4.73$  i  $K = 10^{-4.73} = 1.86 \cdot 10^{-5}$ . Hi ha coincidència.
2. Aproximacions; sigui  $x = [H^{1+}]$ ;  $c_A = c_S = 0.02/0.1 = 0.20$  mol/L  
 $x \ll c_A$ :  $1.86 \cdot 10^{-5} \ll 0.20$ , és correcte; i el mateix per a  $c_S$   
 $x \gg 10^{-7}$ ;  $1.86 \cdot 10^{-5} = 186 \cdot 10^{-7} \gg 1 \cdot 10^{-7}$  (sí, resulta ser un 0.5%)

	$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^{1+} + OH^{1-}$
Conc. inicial	$c_B \qquad c_S \qquad 10^{-7}$
Dissociació	$-x \qquad +x \qquad +x$
Equilibri	$c_B - x \qquad c_S + x \qquad 10^{-7} + x$

$$K_b = [NH_4^{1+}] \cdot [OH^{1-}] / [NH_3] = (c_S + x) \cdot (10^{-7} + x) / (c_B - x)$$

Si a les condicions en què fem la mesura del pH podem suposar que  $x \ll c_S$ , que  $x \ll c_B$  i que també  $x \gg 10^{-7}$ , aleshores

$$K_b = c_S \cdot x / c_B \quad \text{d'on} \quad x = K_b \cdot c_B / c_S$$

Si apliquem logaritmes decimals i canviem de signe,

$$-\log x = -\log K_b - \log (c_B / c_S)$$

$$pOH = pK_b + \log (c_S / c_B) \text{ o també } pOH = pK_b + \log ([sal]/[base])$$

Si  $[sal] = [base]$ , resulta que  $pOH = pK_b$ ;  $pH = 14 - pK_b$

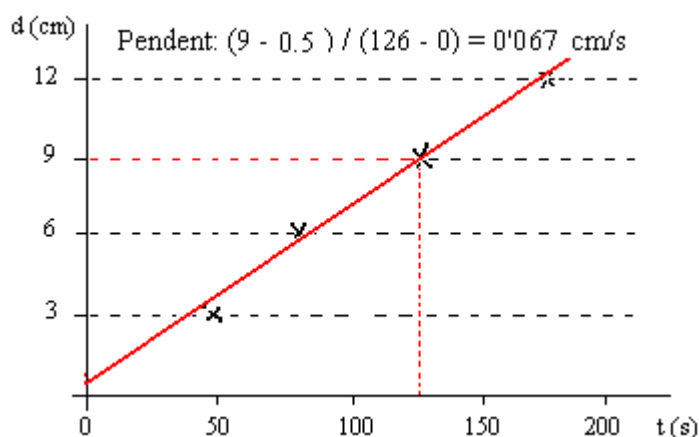
Per tant, una vegada mesurat el pH de la dissolució tindrem  $K_b = 10^{-(14-pH)} = 10^{pH-14}$

Si el pH mesurat és 9.31, tenim  $K_b = 10^{9.31-14} = 10^{-4.69} = 2.04 \cdot 10^{-5}$

4.  $pH = pK_a + \log ([sal]/[àcid])$                        $pH = pK_a + \log (0.040 / 0.020)$   
 O sigui,  $pK_a = pH - \log 2$ ;                       $pK_a = pH - 0.301$

## B4

1. Aquesta pot ser una resposta. El pendent és la velocitat de difusió dels ions  $OH^{1-}$



Hem dibuixat la recta amb aproximació.

2.

Distàncies d (cm)	Temps t (s)	Quocient d/t v (cm/s)
3	50	0'060
6	78	0'077
9	126	0'071
12	180	0'067

El pendent de la recta correspon a la mitjana dels valors de velocitat calculats a la taula. La mitjana és:  $v = 0'069 \text{ cm/s}$ , semblant al pendent anterior.

3. Podem deduir que els ions  $\text{OH}^{1-}$  es difonen lentament, potser degut a la falta de forats entre les partícules del líquid. Sembla que la velocitat de difusió es pot considerar constant, si és que aquests resultats es poden generalitzar.

El ions es mouen a velocitats grans, però xoquen amb altres partícules i sembla que avancen a poc a poc. Però no el podem deduir de l'activitat feta, es pot suposar si ho comparem amb el què es sap dels gasos.

4. Hauríem de tenir aigua a diferents temperatures, per exemple a  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$ ,  $35^{\circ}\text{C}$  i  $50^{\circ}\text{C}$ . L'elèctrode el situaríem a una mateixa distància les 4 vegades, per exemple a 10 cm, i faríem servir lletilles de NaOH idèntiques. Una solució possible podria ser semblant a aquesta:

Distància recorreguda = 6 cm				
Quan $t = 1 \text{ min}$ es deixen caure 4 lletilles petites				
t( $^{\circ}\text{C}$ ):	5	22	35	48
t(min):	8.5	5.4	3.4	2.4

Cal esperar que la velocitat de difusió augmenti amb la temperatura.

AV

.

1.

DISTÀNCIA D (CM)	1 LLENTILLA t (s)	QUOCIENT D/T (CM/S)	2 LLENTILLES t (s)	QUOCIENT D/T (CM/S)
2'5	50	0'050	40	0'063
5'5	78	0'070	60	0'092
9	126	0'071	98	0'092
13'2	180	0'073	153	0'086

Sense comptar amb el primer valor, que potser sigui erroni, veiem que la rapidesa és semblant per a cada cas. L'augment de rapidesa observat quan s'han posat 2 lentes pot fer pensar si la velocitat de difusió depèn de la concentració inicial. Però també podria ser que la difusió té lloc amb la mateixa velocitat però hi ha més concentració i el sensor la detecta abans, com si necessités d'un valor mínim per respondre.

- El sensor no està calibrat. S'ha de calibrar fent ús del cargol situat al darrera de l'amplificador o mitjançant el programa (opció *Recol·lector \ Calibrar sensors*)
- Afegir el sensor de temperatura a la primera sortida de la interfície. El sensor de pH es connectarà a la segona. Els pH-metres donen lectures errònies de pH si aquest es mesura a diferent temperatura de 25°C. Normalment porten un comandament per fer l'ajust a la temperatura de la dissolució. Aquests sensors de Multilog fan la compensació automàticament si tenen afegit el de temperatura (segons diu el fabricant).
- Prepararíem una dissolució equimolar d'àcid hipoclorós i d'hipoclorit de sodi. Com segurament no es disposarà de l'àcid es poden afegir a 100 mL d'aigua  $2n$  mols d'hipoclorit de sodi i  $n$  mols d'àcid clorhídric. D'aquesta manera  $n$  mols d'hipoclorit es converteixen en  $n$  mols d'àcid hipoclorós.

Si  $\text{pH} = 7.40$ ,  $K_a = 10^{-7.4} = 4 \cdot 10^{-8}$ . Al menys en teoria es pot determinar d'aquesta manera. A la pràctica pot resultar un àcid inestable, es descompon, etc.

## **Llei de Gay-Lussac**

**A1. Propietats dels gasos. Escalfament a volum constant**

**B1. Propietats dels gasos. Llei de gay-Lussac**

**Altres propostes**

**Fulls d'avaluació i de respostes**

## Projecte: Llei de Gay-Lussac

En les activitats considerades ens referirem a l'estudi de l'augment de pressió dels gasos degut a l'augment de temperatura.

L'any 1802 Joseph-Louis Gay-Lussac (Químic francès 1778–1850) va demostrar que tots els gasos es dilataven per igual en augmentar la temperatura. Aquest comportament va ser observat uns anys abans pel també científic francès Jacques-Alexandre Charles (1746-1823) però no va publicar els seus descobriments.

Charles tampoc no va ser el primer en observar aquestes propietats dels gasos ja que Guillaume Amontons (1663-1705), també francès, degut al seu interès en els, aleshores, primers termòmetres va construir-ne un model que mesurava la temperatura pel canvi de pressió de l'aire. Aquest científic va publicar les seves observacions però van romandre sense ser utilitzades fins que Charles les va actualitzar, quasi un segle més tard.

Les anomenades lleis de Gay-Lussac també s'anomenen lleis de Charles, o de Charles - Gay-Lussac.

### **Preparació de les activitats**

Com que els sensors funcionen de manera similar per als programes de captació de dades, les activitats preparades aquí es poden posar en pràctica amb qualsevol model. Les activitats incloses estan redactades per al programa *DB\_Lab*.

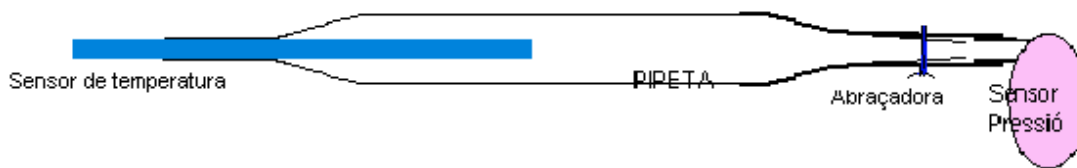
Es proposen dues activitats, la primera d'un nivell elemental, qualitativa, que podria servir per a l'alumnat d'ESO que s'inicia en l'estudi de les propietats de la matèria. La segona activitat inclou una interpretació de les observacions que necessiten algun model per a la matèria i obté unes conclusions que solen estudiar-se al Batxillerat.

Per a la primera només s'utilitza, a més dels sensors, una pipeta graduada. Per a l'escalfament basta amb les mans. L'increment de temperatura i de pressió és suficient per a visualitzar-se al gràfic obtingut. Es podria utilitzar un eixugador de cabell o el radiador de la instal·lació de calefacció, si es fa a l'hivern. Dependrà de la diferència de temperatura que es pugui aconseguir i, per tant, de la temperatura ambient, l'òptim resultat obtingut.

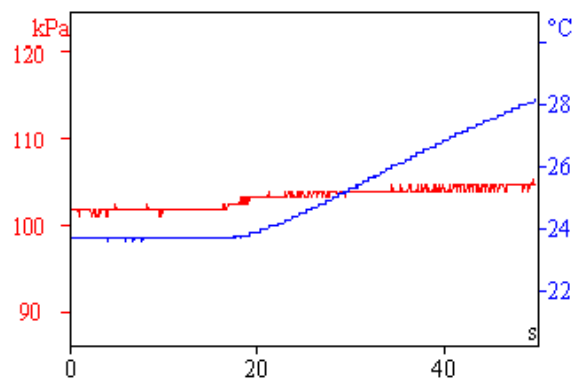
A la segona activitat s'utilitzarà un matràs erlenmeyer amb tap de dues forats o matràs *kitasato* amb tap d'un forat. Per escalfar s'utilitza l'agitador magnètic, que a més ens servirà per moure l'aire interior i aconseguir més uniformitat a la temperatura.

Per a la primera activitat necessitarem una pipeta graduada de 10 mL que tingui diàmetre interior suficient per introduir el sensor de temperatura per la part superior. Si no queda ben ajustada caldrà tancar amb cel·lo o amb plastilina. A la part inferior es posa un tub de goma de longitud suficient per arribar a la part cilíndrica de la pipeta. L'altre extrem d'aquest tub haurà de connectar-se amb el sensor. Potser sigui necessari afegir un tros de tub més petit per assegurar-se el tancament correcte i una abraçadora de filferro suau.

Més o menys tal com indica el dibuix:

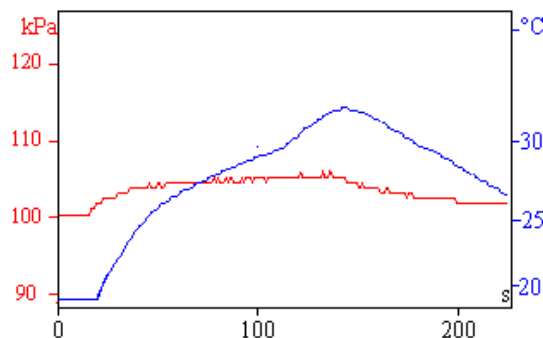


No s'ha d'esperar una variació de pressió molt significativa, ja que al millor dels casos amb la mà es podria produir una variació de temperatura de 20°C a 30°C, o sigui un increment de 10°C que, si comptem una temperatura inicial de 293°C, suposen un 3'4% d'increment. Per tant a partir d'una pressió de 100 kPa podríem arribar als 103'4 kPa, amb un increment entre 3 i 3'5 kPa, que són de 4 a 5 vegades el valor de la sensibilitat del sensor (recordeu que és 0'7 kPa). Un possible resultat seria aquest:



en el qual s'observen les oscil·lacions en els valors de la pressió, més freqüents que en el de temperatura.

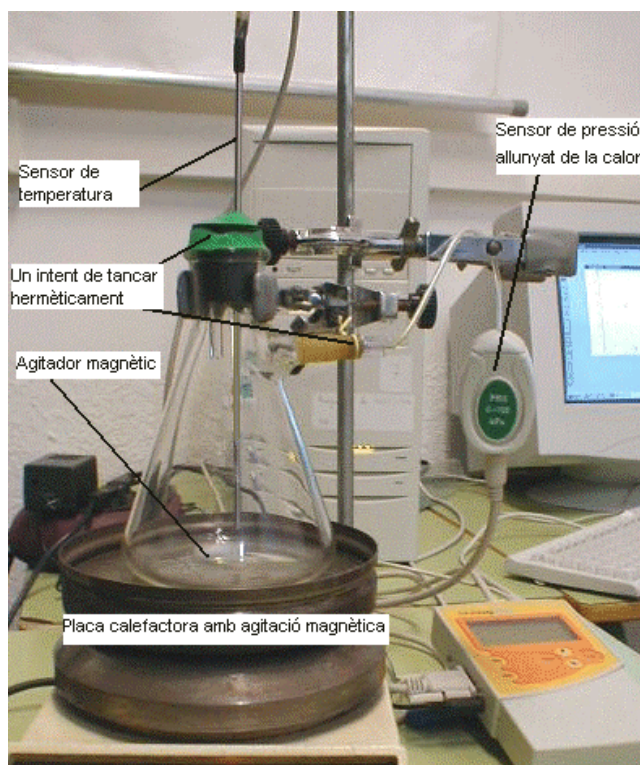
Amb un gràfic així es pot veure l'augment de pressió. Aquesta dependència es pot assegurar si, ara, es deixa refredar la pipeta: la pressió ha de baixar. Quantes vegades es cobreixi la pipeta amb les mans la pressió pujarà més o menys.



Es poden esperar resultats més concordes amb la teoria a partir de la fase de refredament que de la d'escalfament.

A la segona activitat utilitzarem un matràs erlenmeyer o kitasato. És molt important assegurar el tancament hermètic del recinte. Fóra convenient afegir plastilina i abraçadores on sigui possible una fuga d'aire.

L'interior del matràs no ha de tenir restes d'aigua, ha d'estar completament sec.

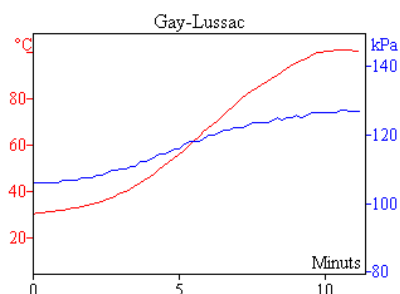


La utilització de l'agitació afavoreix la convecció de l'aire i aconseguir una temperatura més uniforme dins el matràs.

La dilatació de l'aire de la part inferior del matràs, la que toca la placa calefactors, provoca l'augment de pressió que és detectat ràpidament pel sensor. En canvi el sensor de temperatura tarda uns segons en indicar la temperatura real de l'aire. Per tant no podem assegurar la correcta correspondència entre els valors de temperatura i els de pressió adquirits en un mateix instant. És per això que la velocitat de les mesures no cal que sigui alta, és suficient amb 1 mesura/segon.

Com es pot veure a la fotografia anterior s'ha afegit una mica de plastilina al voltant del tap i del sensor. I també, s'ha posat un filferro abraçant la unió amb el tub del sensor. Tot això amb la confiança d'evitar fugites. El tap del matràs ha d'estar ben premut i, malgrat això, hi ha perill de que surti llançat quan la pressió ultrapassi dels 140 kPa.

El resultat obtingut pot ser :

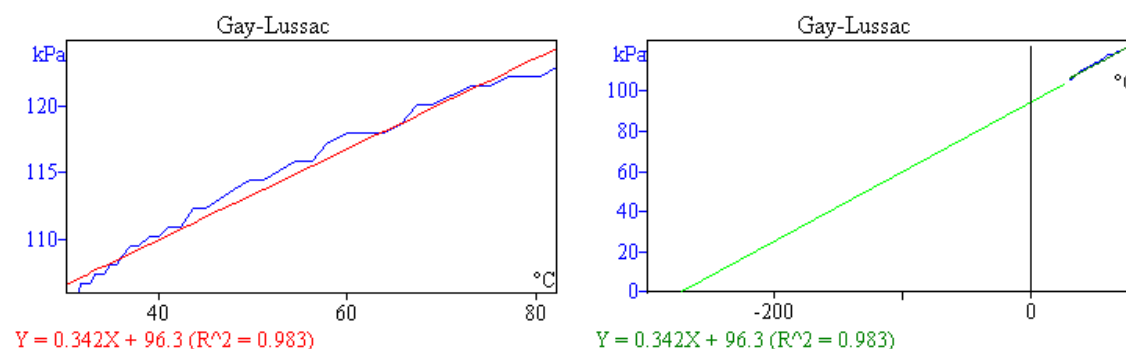


En aquest gràfic es pot veure com augmenta la pressió a mesura que també ho fa la temperatura. Podem fer una valoració prèvia dels resultats si considerem que la temperatura

ha augmentat uns 70°C (un 23%) i la pressió ha augmentat uns 21 kPa (20%). Pot ser ha hagut pèrdues d'aire en arribar als 80°C.

Es pot veure que, al final, les corbes comencen a baixar; això ens servirà per saber quin ha estat la màxima variació, valor que ens servirà per al càlcul. Si es volen fer posteriors tractaments de les dades eliminarem els trams inicials i finals i ens quedarem només amb els creixents. Això ho farem marcant el tram que volem i demanant un *zoom*.

Si es representa la pressió en funció de la temperatura comprovarem que hi ha una variació quasi lineal. Ja sabem que la correspondència no seria perfecta, però atesa la simplicitat del mètode, és una bona aproximació (línia blau).



A la figura de l'esquerra s'ha representat, en vermell, la recta de regressió que té com a equació  $P = 0'342 t + 96'3$ . Si posem com a condició que  $P = 0$  ens dona una temperatura de  $t = -281^\circ\text{C}$ , que correspondria al zero absolut, temperatura més baixa possible a la qual les partícules no fan cap pressió. Aquest resultat ha estat una bona aproximació.

A la dreta s'ha fet el mateix gràfic amb l'origen de coordenades (0 K, 0 kPa) i s'ha perllongat la recta de regressió (color verd) per visualitzar el punt de tall amb l'eix d'abscisses.

Quan a la seguretat, cal anar en compte amb les possibles cremades si es toca la placa calefactors. A temperatures altes podria saltar el tap si no està ben premut.

També aquí es poden esperar resultats més concordes amb la teoria a partir de la fase de refredament que de la d'escalfament.



## A1. Propietats dels gasos. Escalfament a volum constant (full per al professor/a)

### Nivell educatiu

L'activitat s'ha redactat per fer-se amb alumnat d'ESO. És evident que també la poden fer alumnes de nivell superior.

### Sensors

Sensor de temperatura. (-25°C – 110 °C)

Sensor de pressió (0 – 700 kPa)

Velocitat de mesura: 1 cada segon

Nombre de mesures: 500 mesures (equivalen a 500 s, més de 8 minuts).

### Objectius

- Conèixer com el programa tracta dues magnitud a l'hora.
- Conèixer el comportament d'un gas com l'aire en petits escalfaments.
- Determinar l'increment de pressió per cada grau de temperatura i donar alguna raó de la diferència amb el valor teòric.

### Fonament teòric

Quan s'augmenta la temperatura d'un gas tendeix a dilatar-se però si no pot variar el seu volum fa més força contra les parets interiors del recipient i això es tradueix en un augment de la pressió, que el sensor detecta.

L'estudi d'aquest fenomen ja es va fer al segle XIX pels científics francesos Joseph-Louis Gay-Lussac, i Jacques-Alexandre Charles. De les seves mesures van poder enunciar la llei empírica: "*El coeficient de dilatació a volum constant és el mateix per a tots els gasos*". El valor que van obtenir és  $1/273 = 0'00366 \text{ atm/}^\circ\text{C}$ . És a dir, si un gas es troba a una pressió de 101 kPa i a una temperatura de 0°C i s'escalfa 1'0°C mantenint constant el volum, la seva pressió augmentarà 0'37 kPa.

Aquestes observacions són vàlides per a qualsevol gas. Nosaltres les comprovarem per a l'aire, que és una mescla de gasos (oxigen i nitrogen, principalment).

### Material i precaucions

Sensors de temperatura i de pressió.

Pipeta graduada de 10 mL o similar, que tingui un diàmetre intern adient per introduir el sensor i poder tancar be.

Tub de goma de 10 cm de longitud i diàmetre suficient per unir la pipeta amb el sensor de pressió.

1 cm de tub de goma més petit per augmentar el diàmetre de l'extrem del sensor de pressió, si cal.

Cordills i filferros per abraçar les unions del tub de goma. Plastilina pot ser convenient.

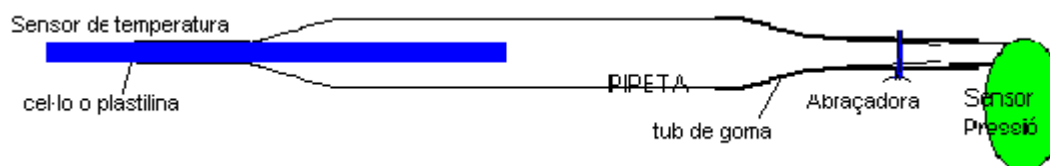
El sensor de temperatura és una vareta prima i llarga, cal tractar-la amb cura per tal de no doblegar-la.

El sensor de pressió té un tub flexible de plàstic que s'ha de tractar de manera que no es trenqui ni desenganxi.

### Procediment

Agafaran els sensors i miraran de connectar-los com indica la figura.

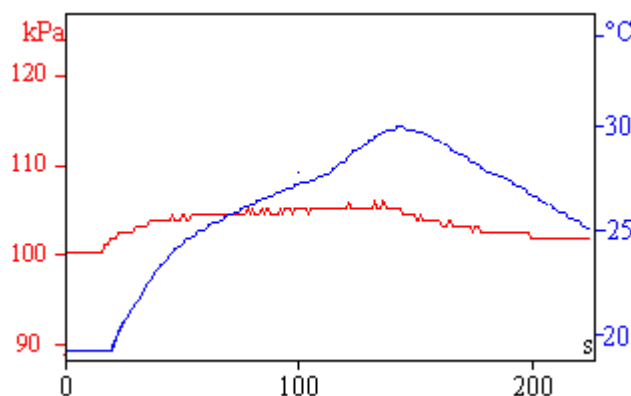
En acabar han de tenir la seguretat que l'aire no es pugui perdre per cap forat.




Com que la pipeta s'haurà agafat amb les mans, i serà una mica calenta, la deixaran una estona que es refredi sobre la taula; mentre tant llegiran el full per tenir la seguretat de que saben com han de procedir.

Quan considerin que ja saben el que han de fer posaran en marxa el programa per a que comenci a captar dades. No agafaran encara la pipeta, deixaran que mesuri la temperatura i la pressió sense escalfar.

Al cap d'un minut, més o menys, agafaran la pipeta amb les dues mans de manera que s'escalfi per la màxima longitud possible. Miraran com varia el gràfic que es va fent a la finestra de mesures. Abans de que s'acabi el temps previst, deixaran la pipeta sobre la taula per a que es refredi. El resultat obtingut pot tenir aquest aspecte.



Abans de desar el fitxer cal afegir un títol i una mica d'informació (botó  o menú *Veure \ Presentació*). Com a títol pot servir: *Escalfament de l'aire sense variar el volum*. I com a comentari es pot posar: *Hem escalfat amb les mans l'aire d'una pipeta, uns 15 cm<sup>3</sup> i hem mesurat la pressió i la temperatura*.

Si el títol no es veu al gràfic, hauran d'augmentar l'amplada de la finestra.

Si tot ha anat bé desaran el treball al disquet amb un nom adient, que faci alguna referència, com per exemple, *PT\_Pipta*.

## A1. Propietats dels gasos. Escalfament a volum constant (full per a l'alumne/a)

### Sensors

Sensors de temperatura i de pressió. Mesures: 1 cada segon durant 500 punts.

### Fonament teòric

Els científics francesos Joseph-Louis Gay-Lussac, i Jacques-Alexandre Charles van deduir que qualsevol gas que es trobi a una pressió de 101 kPa i a una temperatura de 0°C si s'escalfa 1'0°C mantenint constant el volum, la seva pressió sempre augmentarà 0'37 kPa, no importa quin gas sigui. Si el gas el tenim inicialment a 23°C, el valor serà més petit, 0'34 kPa. Veurem si això és cert.

### Objectius

- Conèixer com el programa tracta dues magnituds a l'hora.
- Conèixer el comportament d'un gas com l'aire en petits escalfaments.

La variació de pressió corresponent a un augment o disminució de 1°C que obtenim avui, coincideix amb la que van obtenir els científics del segle XIX?

La possible diferència, es deu al canvi d'època, al pas del temps?

### Material i precaucions

Sensors de temperatura i de pressió. Material de laboratori, tubs de goma i cordills. Tracteu amb cura el sensor de temperatura per tal de no doblegar-lo. No estireu el tub de plàstic del sensor de pressió.

### Procediment

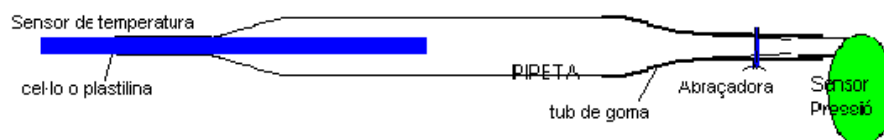


Heu de mesurar la pressió i la temperatura del gas contingut a la pipeta mentre s'escalfa amb les mans i mentre es refreda sobre la taula.




Agafeu els sensors i procureu connectar-los com indica la figura.

En acabar heu de tenir la seguretat que l'aire no es pot perdre per cap forat.



Quan considereu que tot està a punt poseu en marxa el programa per a què comenci la captació de dades però no agafeu encara la pipeta.

Al cap d'un minut, més o menys, agafeu la pipeta amb les dues mans de manera que s'escalfi per la màxima longitud possible. Mireu com varia el gràfic que es va fent a la finestra de mesures. Abans de que s'acabi el temps previst, deixeu la pipeta sobre la taula per a que es refredi.

Afegiu un títol i una mica d'informació (botó  o menú *Veure \ Presentació*). Com a títol pot servir: *Escalfament de l'aire sense variar el volum*. I com a comentari es pot posar: *Hem escalfat amb les mans l'aire d'una pipeta, uns 15 cm<sup>3</sup> i hem mesurat la pressió i la temperatura*.

Si tot ha anat bé deseu les dades al disquet amb el nom *PT\_Pipta..*

**Tractament de les dades**

1. Amb ajuda dels marcadors (clic sobre el gràfic) determineu la temperatura màxima assolida i la inicial. Anoteu els valors:  $T_{\text{màxima}} = \dots\dots\dots \text{ }^\circ\text{C}$      $T_{\text{inicial}} = \dots\dots\dots$
2. Feu el mateix per a la pressió:  $P_{\text{màxima}} = \dots\dots\dots \text{ kPa}$ ;     $P_{\text{inicial}} = \dots\dots\dots$
3. Per a quin valor de temps comença a augmentar la pressió? I la temperatura?  
Amb ajuda d'un marcador i arrossegant-lo amb el ratolí o amb les tecles fletxa esquerra i fletxa dreta podeu arribar al punt on comença a augmentar.  
La pressió augmenta a partir de  $t = \dots\dots\dots$ segons i la temperatura, a partir de  $\dots\dots\dots$  segons.
4. Repeteix el mateix però per al moment en què comencen a disminuir.  
La pressió disminueix a partir de  $t = \dots\dots\dots$ segons i la temperatura a partir de  $\dots\dots\dots$  segons.

## E1. Conclusions i preguntes finals

1. Quines són les variacions de pressió i de temperatura que ha hagut en la teva experiència?  
Variació de pressió: ..... kPa  
Variació de temperatura: .....°C
2. Els científics mesuren la temperatura a partir d'un zero situat a  $-273^{\circ}\text{C}$ , que és la temperatura més baixa que es pot assolir. La temperatura així determinada es diu **temperatura absoluta** i es representa amb **T** i la seva unitat és el **kelvin** (el símbol és **K**). Quines temperatures absolutes corresponen als valors mesurats màxim i inicial? I quina diferència, calculada amb valors absoluts?
3. Feu el quocient entre l'augment de pressió i el de temperatura. Pregunteu als altres grups quin valor han obtingut. Si són semblants feu la mitjana.
4. Els científics Charles i Gay-Lussac (s. XIX) van obtenir que per cada  $1^{\circ}\text{C}$  d'augment de temperatura la pressió del gas augmentava al voltant de  $0,36$  kPa. T'ha sortit un valor semblant?
5. La possible diferència, es deu al canvi d'època, al pas del temps?
6. Explica la raó del diferent instant en que comencen a augmentar i a disminuir els valors de cada una de les dos magnituds mesurades.

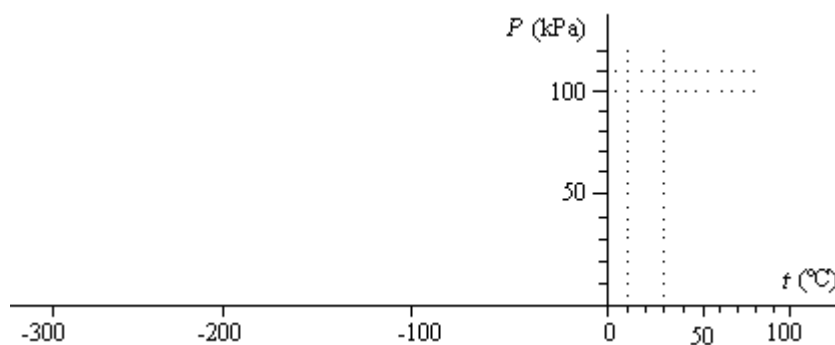
### AE. Avaluació de l'activitat Propietats dels gasos. Escalfament a volum constant.

En una experiència semblant a la feta al laboratori s'ha escalfat una pipeta que conté hidrogen al seu interior a una pressió de 107 kPa i una temperatura de 17°C. Després d'escalfar amb les mans la temperatura ha pujat fins a 30°C i la pressió fins a 111,8 kPa

Contesta:

1. Expressa les temperatures en unitats absolutes, en kelvins.
2. Calcula l'augment de pressió que correspon a 1°C i digues si el resultat és semblant al deduït pels científics (0,36 kPa/°C)
3. Representa en aquests eixos de coordenades els dos parells de valors de pressió i de temperatura anteriors. Què caldria fer per tenir una línia més llarga?

Si es perllongués aquest petit tram de recta, a quin punt de l'eix de temperatures anirà a parar?



4. El grup del costat ha fet el mateix però ha obtingut un valor de 0,19 kPa/°C. Raona quina de les següents explicacions es poden considerar acceptables.
  - a) El sensor de pressió no ha funcionat bé.
  - b) El recinte no era ben tancat i ha sortit aire en escalfar.
  - c) El recinte no era ben tancat i ha entrat aire en refredar.
  - d) Des de l'any 1812 fins avui ha hagut una devaluació del valor.
  - e) Des de l'any 1812 fins avui les lleis de la matèria han canviat molt.
  - f) Han fet un càlcul incorrecte

## B1. Propietats del gasos. Llei de Gay-Lussac (full del professor/a)

### Nivell educatiu

L'activitat s'ha redactat per fer-se amb alumnat de Batxillerat o Cicles Formatius.

### Sensors

Sensor de temperatura. (-25°C – 110 °C)

Sensor de pressió (0 – 700 kPa)

Velocitat de mesura: 1 cada segon

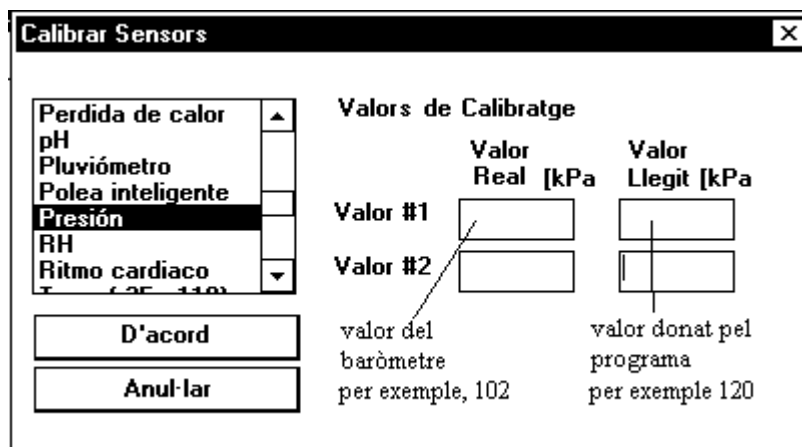
Nombre de mesures: 2000 mesures (equivalen a 2000 s, més de mitja hora).

### Calibratge dels sensors

En principi, no cal calibrar els sensors, sobre tot el de temperatura.

De totes maneres convé comparar el valor mesurat per a la pressió ambient de l'aula amb el que doni un baròmetre. Si no coincideixen cal fer el següent:

- Activar l'opció de menú *Recol·lector \ Calibrar sensors*
- Seleccionar el sensor de pressió de la llista que apareix a l'esquerra
- Introduir el valor real (baròmetre) i el donat pel programa (llegit)



### Objectius


- Conèixer com el programa tracta dues magnitud a l'hora.
- Conèixer el comportament d'un gas com l'aire en escalfaments moderats.
  - Determinar l'increment de pressió per cada grau de temperatura i comparar-lo amb el obtingut per Charles i Gay-Lussac.
  - Deduir un valor de l'escala celsius per al zero absolut de temperatura.
  - Obtenir una relació entre la pressió i la temperatura absoluta.

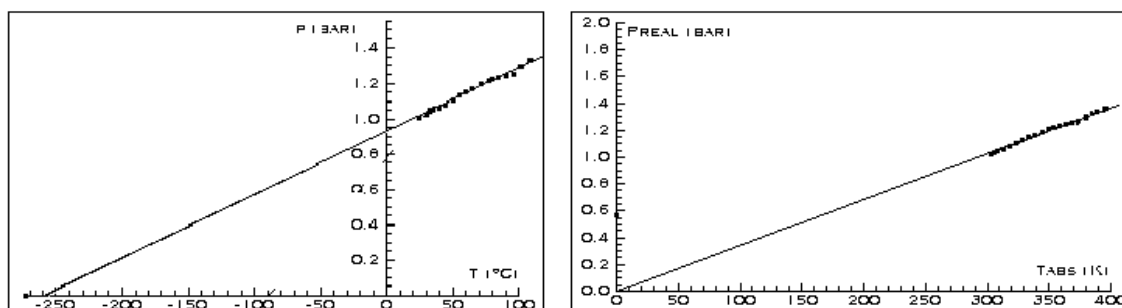
### Fonament teòric

Quan s'augmenta la temperatura d'un gas mantenint constant el seu volum hi ha un augment de la pressió. El gas tendeix a dilatar-se però com que no pot variar el seu volum fa més força contra les parets interiors del recipient i això es tradueix en un augment de la pressió, que el sensor detecta.

L'estudi d'aquest fenomen ja es va fer al segle XIX pels científics francesos Joseph-Louis Gay-Lussac, i Jacques-Alexandre Charles. De les seves mesures van poder enunciar la llei empírica: "El coeficient de dilatació a volum constant és el mateix per a tots els gasos". El valor que van obtenir és  $1/273 = 0'00366 \text{ atm/}^\circ\text{C}$ . És a dir, si un gas es troba a una pressió de 101 kPa i a  $0^\circ\text{C}$  i s'escalfa  $1^\circ\text{C}$  mantenint constant el volum, la seva pressió augmentarà 0'37 kPa ( $0'00366 \text{ atm/}^\circ\text{C} \cdot 101 \text{ kPa/atm}$ ).

Aquest resultat el coneixem com una de les lleis de Gay-Lussac (o lleis de Charles o lleis de Charles – Gay-Lussac). L'altra llei fa referència a la relació entre el volum i la temperatura, quan la pressió es manté constant.

Si es representa la pressió en funció de la temperatura centígrada () s'hauria d'obtenir una recta que, perllongada fins tallar l'eix X, determinaria un valor de  $t = -273^\circ\text{C}$ , que es va prendre com a origen de l'escala Kelvin. Aquesta escala es diu absoluta ja que no necessita de cap referència arbitrària per al valor zero.



Desplaçant l'eix d'ordenades fins a aquest punt de tall obtenim una recta que passa per l'origen de coordenades y que té com a equació  $P = k \cdot T$ , o també,  $P/T = \text{constant}$ . El valor d'aquesta constant depèn de la quantitat de gas continguda dins el recipient on s'estudia.

Aquests resultats són vàlides per a qualsevol gas. En aquesta activitat els comprovarem per a l'aire, que és una mescla de gasos (oxigen i nitrogen, principalment).

## Material i precaucions

### MATERIAL

Sensors de temperatura i de pressió.

Matràs erlenmeyer o kitasato. Suports i pinça de bureta.

Agitador magnètic amb placa calefactora i barreta d'agitació.

Si s'utilitza erlenmeyer, tap de goma de dos forats i colze de tub de vidre.

Si s'utilitza kitasato, tap de goma d'un forat.

Tub de goma de 7-10 cm de longitud i diàmetre adient per a la unió del colze de vidre o del tub lateral del kitasato amb el sensor de pressió.

1 cm de tub de goma més petit per augmentar el diàmetre de l'extrem del sensor de pressió, si cal.

Cordills o filferros per abraçar les unions del tub de goma. Plastilina pot ser convenient.

## Precaucions



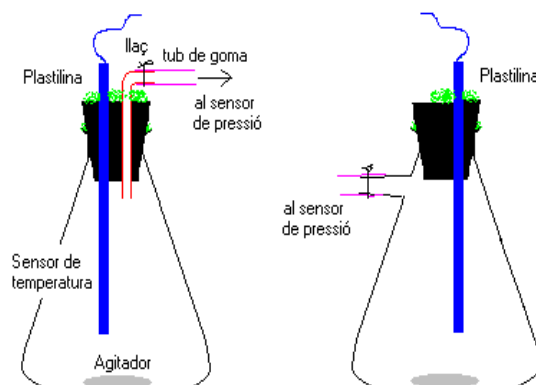
El sensor de temperatura és una vareta prima i llarga, cal tractar-la amb cura per tal de no doblegar-la. El sensor de pressió té un tub flexible de plàstic que s'ha de tractar de manera que no es trenqui.

La placa calefactora pot arribar a temperatures molt altes, per tant hi ha risc de cremades i risc de fer malbé el tub de plàstic del sensor de pressió.

Si el tap no està ben premut pot saltar en augmentar la pressió.

### Procediment


S'ha de mesurar la pressió i la temperatura de l'aire contingut al matràs mentre el gas s'escalfa i es refreda. I, per tant, hem d'obtenir els gràfics de la pressió i de la temperatura en funció del temps.



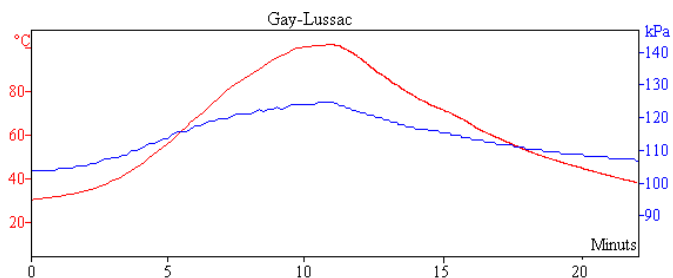
La figura dona indicacions per al muntatge amb el matràs erlenmeyer i amb el matràs kitasato. En acabar el muntatge han de tenir la seguretat que l'aire no es pot perdre per cap forat.

Posaran el matràs sobre el plat calefactor, el subjectaran amb la pinça de bureta i posaran en marxa la captació de dades. A continuació connectaran l'agitació i la calefacció. **Compte** amb les possibles cremades! Hauran de mantenir el sensor de pressió i el tub de plàstic allunyat de la font de calor.

Quan la temperatura arribi a prop dels 90 °C apagaran la calefacció, no l'agitació, i deixaran que continuï mesurant fins arribar de nou a la temperatura ambient. Si cal es pot treure el matràs de la placa i deixar-lo a la taula per aconseguir un refredament més ràpid. Compte, que la placa crema!

En acabar, afegiran títol al gràfic (recordeu, botó ) , alguna informació a l'apartat comentaris del mateix quadre de diàleg, per exemple "hem escalfat l'aire d'un matràs, no (si) hem observat pèrdua d'aire ... " i el desaran amb el nom per exemple, GayLus1.

S'obtindrà un gràfic semblant a aquest. Podria ser que les corbes no es tallin, això dependrà dels valors inicials i de l'escala dels eixos de coordenades.



## B1. Propietats del gasos. Llei de Gay-Lussac (full de l'alumne/a)

### Sensors

Sensors de temperatura i de pressió. Mesures: 1 cada segon, amb 2000 punts.

Convé comparar el valor mesurat per a la pressió ambient de l'aula amb el que doni un baròmetre. Si no coincideixen haureu de calibrar el sensor.

### Fonament teòric

Quan augmenta la temperatura d'un gas es dilata però, si no pot variar el seu volum, fa més força contra les parets interiors del recipient i això es tradueix en un augment de la pressió, que el sensor detecta. Entre la pressió i el volum hi ha una relació que intentarem determinar. Si el gas es troba a una pressió de 101 kPa i a una temperatura de 20°C i s'escalfa 1°C, mantenint constant el volum, la seva pressió augmentarà 0'34 kPa.

### Objectius

- Conèixer com el programa tracta dues magnitud a l'hora.
- Conèixer el comportament d'un gas com l'aire en escalfaments moderats.
- Determinar l'increment de pressió per cada grau de temperatura i comparar-lo amb l'obtingut per Charles i Gay-Lussac.
- Obtenir una relació entre la pressió i la temperatura absoluta.

Quin valor aproximat, en °C, té el zero absolut de temperatura?

### Material i precaucions

#### Material

Sensors de temperatura i de pressió. Material de laboratori. Tubs de goma i cordills.

#### Precaucions

Cal tractar el sensor de temperatura amb cura per tal de no doblegar-lo. El sensor de pressió té un tub flexible de plàstic que s'ha de tractar de manera que no es trenqui.

La placa calefactora pot arribar a temperatures molt altes, per tant hi ha risc de cremades i risc de fer malbé el tub de plàstic del sensor de pressió.

Si el tap no està ben premut pot saltar en augmentar la pressió.

#### Procediment



Haureu de mesurar la pressió i la temperatura de l'aire contingut al matràs mentre el gas s'escalfa i es refreda. L'escalfament el fareu amb ajuda de la placa calefactora i el refredament el fareu amb el matràs sobre la taula.



Seguiu les indicacions de professor per fer el muntatge correcte. En tenir tot ben muntat situeu el matràs sobre el plat calefactor, subjecteu-lo amb la pinça de bureta i poseu en marxa la captació de dades. A continuació connecteu l'agitació i la calefacció.

**Compte** amb les possibles cremades! Haureu de mantenir el sensor de pressió i el tub de plàstic allunyat de la font de calor.

Quan la temperatura arribi als 90 °C apagueu la calefacció i l'agitació. Tragueu amb cura el matràs de la placa i deixeu-lo a la taula per aconseguir un refredament més ràpid. En acabar, afegiu un títol al gràfic i alguna informació. Deseu les dades amb el nom *GayLus1*.


## Tractament de les dades

1. Amb ajuda dels marcadors (clic sobre el gràfic) determineu la temperatura màxima assolida i la inicial per a les dues fases obtingudes.

Per a l'escalfament:  $T_{\text{màxima}} = \dots\dots\dots$   $T_{\text{inicial}} = \dots\dots\dots$   
 $P_{\text{màxima}} = \dots\dots\dots$   $P_{\text{inicial}} = \dots\dots\dots$

Per al refredament:  $T_{\text{inicial}} = \dots\dots\dots$   $T_{\text{final}} = \dots\dots\dots$   
 $P_{\text{inicial}} = \dots\dots\dots$   $P_{\text{final}} = \dots\dots\dots$

2. Poseu dos marcadors que delimitin només el tram creixent de les dos magnituds. Ara, demaneu un *zoom* i deseu el resultat amb el nom *GayLus1a*. A la pantalla tindreu dues finestres: l'anterior i la recent desada. Tanqueu la primera.

Demaneu que el programa faci la representació  $y = f(x)$ , botó . El resultat sembla una línia recta? O quasi recta? .....


3. Si sembla una recta ens convé saber la seva equació. Activeu l'opció de menú *Processos \ Regressió lineal*. Seleccioneu la variable **Pressió** del quadre de diàleg que apareixerà. Automàticament es dibuixa la recta i a la part inferior de la finestra apareix l'equació de la recta ajustada.

Escriviu l'equació tal com s'ha escrit:  $Y = \dots\dots X + \dots\dots$  ( $R^2 = \dots\dots\dots$ )

Deseu el resultat amb el mateix nom.

4. Si heu fet les mesures de l'aire refredant-se, feu el mateix que per a l'escalfament.

Poseu marcadors que delimitin només el tram decreixent. Demaneu un *zoom* per tenir només el tram decreixent. Deseu el resultat amb el nom *GayLus1b*. A la pantalla tindreu dues finestres: la anterior i la recent desada. Tanqueu la primera.

Demaneu que el programa faci la representació  $y = f(x)$ , botó . El resultat sembla una línia recta? O quasi recta? .....

5. Si sembla una recta activeu l'opció de menú *Processos \ Regressió lineal*. Seleccioneu la variable **Pressió** del quadre de diàleg que apareixerà. Automàticament es dibuixa la recta i a la part inferior de la finestra apareix l'equació de la recta ajustada.

Escriviu l'equació tal com s'ha escrit:  $Y = \dots\dots X + \dots\dots$  ( $R^2 = \dots\dots\dots$ )

Deseu el resultat amb el mateix nom.

**B1. Conclusions i preguntes finals**

1. A partir dels valors de temperatura i pressió inicials i finals, calculeu per a cada gràfic els increments:

*Escalfament*  $\Delta T =$                        $\Delta P =$                        $\Delta P / \Delta T = \dots\dots\dots$  kPa/°C

*Refredament:*  $\Delta T =$                        $\Delta P =$                        $\Delta P / \Delta T = \dots\dots\dots$  kPa/°C

2. El valor deduït per Charles i per Gay-Lussac per a aquest quocient (gas inicialment a 1 atm i 0°C) va ser de  $1/273 \text{ atm/}^\circ\text{C} = 0'366 \text{ kPa/}^\circ\text{C}$ . El van anomenar *coeficient de dilatació a volum constant*.

A partir del càlcul fet per obtenir el seu valor, expliqueu el significat d'aquest coeficient. Hi ha molta diferència entre el valor obtingut per vosaltres i pels científics?

3. Escriviu de nou la/les equacions de les rectes de regressió obtingudes i calculeu a quina temperatura la pressió seria nul·la.

*Escalfament:*

*Refredament:*

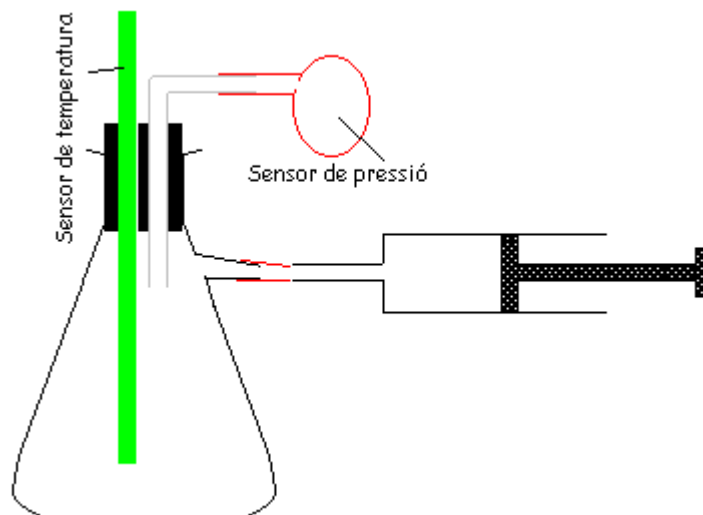
El valor obtingut pels científics va ser de  $-273^\circ\text{C}$ . Hi ha molta diferència entre aquest valor i el que heu calculat abans?

4. A les equacions de regressió anteriors substituïu la variable  $t$  per la variable  $T$  a partir de  $T = t + 273$  o de  $t = T - 273$ . Escriviu la nova equació obtinguda.

Els científics diuen que us ha de donar  $P = c \cdot T + 0$ . El terme independent, us ha donat zero o un valor petit?

**Altres propostes**

- Amb mètode de captació manual, es poden mesurar valors de pressió per a diferents temperatures estables del matràs situat en un bany d'aigua a temperatura constant. Així, es tindrà la seguretat de que hi ha correspondència correcta entre els valors de les dues magnituds, ja que s'haurà eliminat el retard del sensor de temperatura.
- Si s'afegeix al matràs una xeringa, de 50 cm<sup>3</sup> al menys, amb una clau de tres vies es pot determinar la relació  $V/t$  i la  $V/T$  si es controla que la pressió sigui constant movent l'èmbol en un sentit o en altre. Fent ús de captació manual de dades per poder afegir després els valors de volum total.



- Fent servir els mateixos sensors es pot determinar el gràfic de variació de la pressió de vapor d'un líquid vaporitzat (aigua, alcohol, acetona, etc.) a mesura que es va refredant dins un matràs hermètic.

A continuació es fa una breu descripció del procediment provat.

**Matràs kitassato:** tapó de goma amb dos forats: l'un per al sensor de temperatura, l'altre per a un tub de vidre en L + 6 cm de tub de goma. En aquest tub es pot posar una pinça de Mohr o un filferro que el mantingui doblegat i tancat. Serveix per a la sortida inicial de vapors i, en acabar les mesures, per permetre l'entrada d'aire i igualar les pressions; així es podrà treure el tap més fàcilment.

El bec lateral del matràs es connecta al sensor de pressió amb els corresponents tubs de goma i abraçadores.

**Líquid:** 20 mL de líquid (aigua o alcohol) que es porta a ebullició, es manté una estona bullint per tal d'eliminar l'aire. Es pot tenir el sensor mesurant i veure la constància de la temperatura d'ebullició.

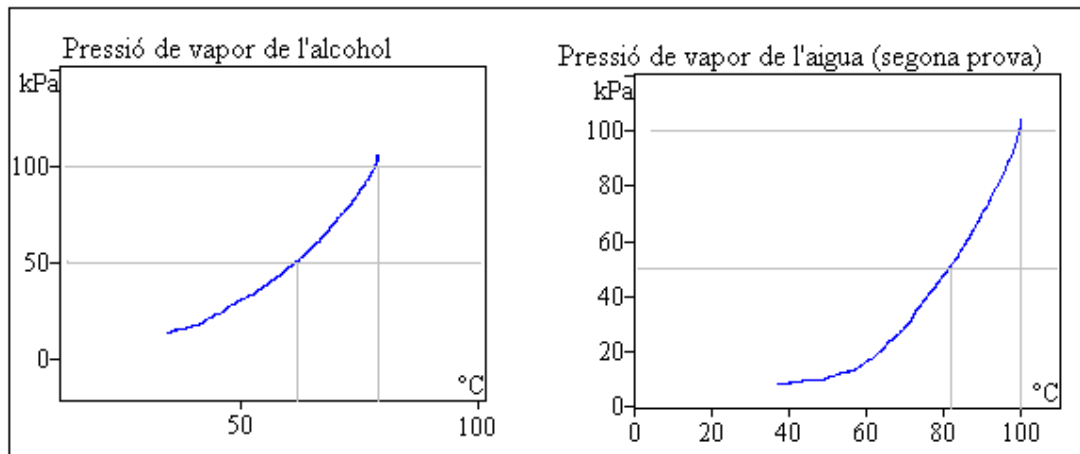
Es comença amb el tap ben ajustat, amb el sensor i el tub en L ben col·locats. Si convé, que és el més possible, s'afegeix plastilina per fer hermètiques les juntes. També és convenient segellar amb plastilina el perímetre de la unió del tap amb el matràs. El tub de goma unit al tub en L està obert. El vapor s'escapa per aquí.

S'escalfa amb la placa de l'agitador magnètic. El matràs es pot subjectar amb pinça de bureta al suport. Quan es considera que l'aire ja ha estat desallotjat es tanca la calefacció i es mou el matràs per allunyar-lo de la placa que encara hi serà calenta.

Aleshores, es posa en marxa el sensor i es tanca el tub de goma amb la pinça o lligant-lo després de doblegar-lo..

Les mesures s'han pres cada 1 segon i es poden seleccionar 1000 mesures o més.

Els resultats obtinguts han donat aquestes corbes de  $p_v=f(t)$ .



Per a l'aigua les dades van ser: ( $p_v$  inicial de 103 kPa) :

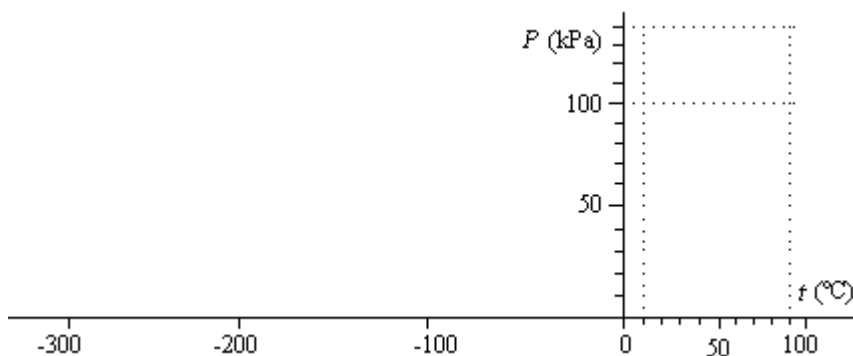
<b>t (°C)</b>	100	90	80	70	60	50	40	30
<b><math>p_v</math> exp (kPa)</b>	103	69	48	28'5	17	10'8	9'4	6'6
<b><math>p_v</math> teò (kPa)</b>	101	(70)	47'3	(28)	19'9	12'3	4'2	3'3

Es pot veure que a pressions baixes hi ha menys coincidència. Quedaria un petit percentatge d'aire?

## AB. Avaluació de l'activitat *Llei de Gay-Lussac*

En una experiència semblant a la feta al laboratori s'ha escalfat un matràs de 300 mL que conté **oxigen** al seu interior inicialment a una pressió de 107 kPa i una temperatura de 17°C. Després d'escalfar la temperatura ha pujat fins a 90°C i la pressió fins a 134 kPa. Contesta:

1. Digues si els percentatges d'augment de la pressió i de la temperatura es poden considerar iguals entre sí.
2. Calcula l'augment de pressió que correspon a 1°C i digues si el resultat és semblant al deduït pels científics (0'37 kPa/°C)
3. Representa en aquests eixos de coordenades els dos parells de valors de pressió i de temperatura anteriors. Si es perllongués aquest tram de recta, a quin punt, **A**, de l'eix de temperatures aniria a parar? Seria correcte continuar la recta per sota de l'eix d'abscisses?



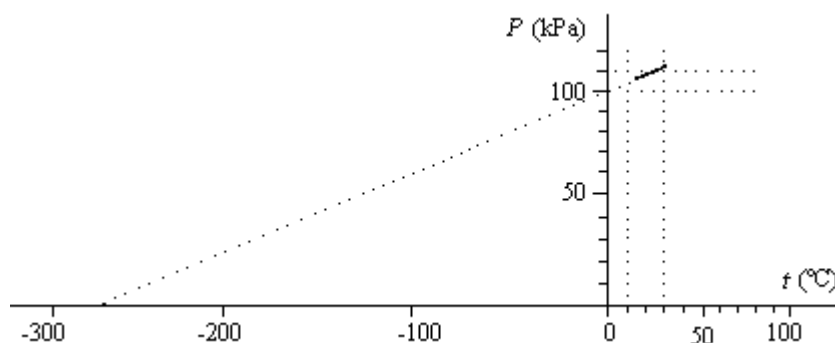
4. Quina equació té aquesta recta? I quina si es trasllada l'eix d'ordenades al punt **A** determinat abans? Quin nom rep aquesta relació entre  $P$  i  $T$ ?
5. El grup del costat ha fet la mateixa experiència però amb **hidrogen**, inicialment a 107 kPa i 17°C. En arribar a 90 °C, quina pressió havia d'indicar el seu sensor? Raona-ho. Se suposa que no ha hagut fuites de gas.

**Full de respostes i comentaris addicionals****E1**

1. Dependrà de cada grup. Segons l'exemple de l'activitat, uns 5'0 kPa i 14'0°C. Cal activar dos marcadors.
2.  $T_1 = 273 + 18 = 291 \text{ K}$ ;  $T_2 = 273 + 32 = 304'7 \text{ K}$ ;  $\Delta T = 14 \text{ K}$   
L'escala absoluta és la mateixa que la centígrada però amb el zero en diferent lloc. Les divisions de l'escala Kelvin són iguals a la Celsius.  $\Delta T = \Delta t_{\text{C}}$   
Recordeu: la unitat de l'escala Celsius es diu **grau Celsius** o **grau centígrad, °C**. La unitat de l'escala absoluta es diu **kelvin, K** (sense grau)
3.  $\Delta P / \Delta T = 5 / 14 = 0'357 \text{ kPa/}^\circ\text{C}$ .
4. Sí ha sortit un valor semblant, proper a 0'37 kPa/°C
5. Evidentment, si hi ha diferència es deurà a errors del mètode no al pas del temps. Les lleis són les mateixes.
6. Es deu al retard que presenta el sensor de temperatura en relació al de pressió. Recordeu l'activitat sobre el comportament del sensor de temperatura.

**AE1**

1.  $T_1 = 273 + 17 = 290 \text{ K}$ ;  $T_2 = 273 + 30 = 303 \text{ K}$
2.  $\Delta P / \Delta T = 4'8 / 13 = 0'369 \text{ kPa/}^\circ\text{C}$ . És igual a 0'37 kPa/°C
- 3.



La línia és molt curta ja que els punts que ens han permet dibuixar-la són molt propers. Hauríem de prendre altres mesures a temperatures més altes (100°C, per exemple) i a temperatures més baixes (-20°C, per exemple).

Si es perllonga el segment dibuixat tallaria l'eix horitzontal entre -200 i -300, concretament a -273°C, si no hi hagués cap error i un bon equip d'investigació. Aquest valor és el que va permetre als científics dir que més avall de -273°C no es pot arribar mai, ja que estaríem en una zona de pressió negativa i això és impossible.

4. a) b) c) f) són possibles raons

**B1**

1. Dependrà dels valors obtinguts. Per al gràfic inclòs a l'activitat,



$$\text{Escalfam. } \Delta T = 70'8^{\circ}\text{C} \quad \Delta P = 21'2 \text{ kPa} \quad \Delta P / \Delta T = 0'30 \text{ kPa}/^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Refredam: } \Delta T = -50'3 \quad \Delta P = -16'2 \quad \Delta P / \Delta T = 0'32 \text{ kPa}/^{\circ}\text{C}$$

2. Hi ha al voltant d'un 15% de diferència. Tots dos valors són similars entre sí. El valor obtingut refredant és més proper al teòric. La diferència es pot deure a deficiència del mètode, a pèrdues d'aire i també al fet que no hem començat en condicions equivalents a les normals ( $0^{\circ}\text{C}$  i  $101'3 \text{ kPa}$ ).  $101'3/300 = P/301$ ;  $P=101'64 \text{ kPa}$ . La diferència és:  $0'34 \text{ kPa}$  si es comença a  $101'3 \text{ kPa}$  i  $27^{\circ}\text{C}$ .

El coeficient significa, al primer cas, que la pressió de l'aire del matràs augmenta  $0'30 \text{ kPa}$  (disminueix  $0'32 \text{ kPa}$ ) per cada grau de temperatura d'augment (o disminució).

3. Per als exemples anteriors,

$$\text{Escalfament: } P = 0'289 t + 98'6; \quad 0 = 0'289 t + 98'6; \quad t = -341^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Refredament: } P = 0'324 t + 90'9 \quad 0 = 0'324 t + 90'9; \quad t = -280^{\circ}\text{C}$$

Veiem que la segona recta s'apropa més al valor de  $-273^{\circ}\text{C}$ . Podem comprovar, també que la segona recta té un valor de  $R^2$  més proper a la unitat. Vol dir que els punts mesurats estan més alineats en la recta de regressió.

Això significa que el procediment és més vàlid refredant que escalfant? Potser.

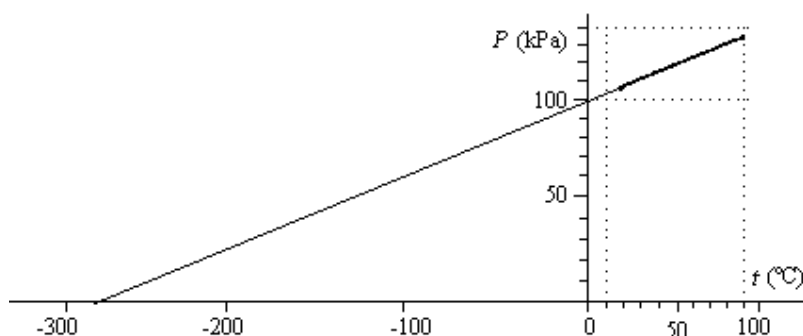
4.  $P = 0'289 t + 98'6$ ;  $P = 0'289 (T - 273) + 98'6$ ;  $P = 0'289 T + 19'7 \text{ kPa}$

$$P = 0'324 t + 90'9; \quad P = 0'324 (T - 273) + 90'9; \quad P = 0'324 T + 2'4 \text{ kPa}$$

El terme independent és més petit al segon cas, com ja es podia suposar. Si fos zero podríem escriure  $P = 0'324 T$  o  $P / T = 0'324$ : Resultat de la segona llei de Gay-Lussac deduïda al nostre laboratori. És clar que sense errors i amb un bon equip ens hauria donat o  $P / T = 0'34$ .

## AB1

1. Pressió:  $27 \text{ kPa} \cdot 100 / 107 \text{ kPa} = 25\%$ ; Temp:  $73^{\circ}\text{C} / (17+273) = 25\%$ . Són iguals.
2.  $\Delta P / \Delta T = 27 \text{ kPa} / 73^{\circ}\text{C} = 0'37 \text{ kPa}/^{\circ}\text{C}$ . Sí és semblant, és el mateix.
3. Tallaria als voltants de  $-273^{\circ}\text{C}$ , al nostre cas. Veurem després que ens surt  $-273^{\circ}\text{C}$



No són possibles valors inferiors a  $-273^{\circ}\text{C}$  ja que suposaria valors negatiu de pressió, la qual cosa és absurda.

4. Equació de la recta que passa pel punt (17, 107) i té com a pendent  $27/73$ . Valors expressats en les unitats  $^{\circ}\text{C}$  i  $\text{kPa}$ , respectivament.

$$y - 107 = 27 / 73 \cdot (x - 17); \text{ resulta: } y = 0'37 x + 101, \text{ o sigui, } \mathbf{P = 0'37 t + 101}$$

Podem comprovar que amb aquests valors, per a una  $P = 0$  surt  $t = -273^{\circ}\text{C}$

$$\text{Si es trasllada l'eix, } t = T - 273; \quad P = 0'37 (T - 273) + 101; \text{ o sigui, } \mathbf{P = 0'37 T}$$

Resultat conegut amb segona llei de Gay-Lussac o de Charles

5. Aquestes relacions entre la pressió i la temperatura no depenen de la naturalesa del gas contingut al matràs. Per tant, la pressió haurà de ser 134 kPa.

El valor de 0'37 és el quocient entre la constant dels gasos  $R = 8'3 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\text{K}^{-1}$  i el volum molar  $V_m = 22'4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ , valors iguals per a tots els gasos.

Coherència d'unitats:

El valor de 0'37 que resulta de dividir la variació de pressió entre la variació de temperatura té les unitats, d'acord amb les mesures fetes,  $\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$ , que és el mateix que  $\text{kPa} / \text{K}$ .

El quocient entre  $R$  i  $V_m$  :

$$\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\text{K}^{-1} / \text{L}\cdot\text{mol}^{-1} = \text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{K}^{-1} / \text{dm}^3 = 1000 \cdot \text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{K}^{-1} / \text{m}^3 = 1000 (\text{N}/\text{m}^2)\cdot\text{K}^{-1}$$

$$1 \text{ N}/\text{m}^2 = 1 \text{ Pa}; \quad 1000 \text{ N}/\text{m}^2 = 1 \text{ kPa}; \text{ per tant tenim } \text{kPa}/\text{K}.$$

## **Determinació de masses molars**

**Preparació general de les activitats**

**A1. Determinació de la massa molar d'un líquid volàtil**

**A2. Determinació de la massa molar d'un sòlid soluble en alcohol**

**Fulls d'avaluació i de respostes**

## Projecte: Determinació de masses molars

La massa molar d'un compost és una magnitud molt important en química i, encara que la puguem conèixer a partir de la seva fórmula, resulta interessant i didàctic oferir algun mètode senzill per determinar-la, suposant una situació en la que no es coneix la seva fórmula i, per tant, hem de recórrer a algun procediment per esbrinar-la.

El primer dels mètodes s'aplica a la determinació de la massa molar d'un líquid volàtil.

Es basa en l'equació d'estat  $PV=nRT$  comparada per a dues substàncies quan es coneix la massa molar d'una d'elles. L'aplicació directa de l'equació d'estat no dona resultats vàlids a causa dels errors existents. Si el volum del recipient on es vaporitza el líquid és el mateix per als dos líquids i la temperatura assolida és la mateixa ens quedaria, per al quocient entre les pressions,  $P_1/P_2 = n_1/n_2$ . Si, a més, la massa vaporitzada és la mateixa, es complirà que  $P_1/P_2 = M_2/M_1$ .

El segon mètode s'aplica a sòlids solubles en alcohol i es basa en la variació de la temperatura d'ebullició de la dissolució en relació a la del dissolvent pur (ebulloscòpia).

Es pot aplicar la relació  $\Delta T = k_e \cdot n/m = k_e \cdot m_{\text{solut}}/(M_{\text{solut}} \cdot m_{\text{dissolvent}})$  o bé la que s'obté de comparar aquesta per a dos sòlids quan la massa de solut ( $m_{\text{solut}}$ ) i la massa del dissolvent ( $m_{\text{dissolvent}}$ ) que es prenen són les mateixes, respectivament, per a tots dos sòlids:  $\Delta T_1/\Delta T_2 = M_2/M_1$ .

No es pot pretendre aconseguir bons resultats ja que les magnituds mesurades (temperatura d'ebullició o pressió interior del matràs) poden variar per diferents raons i com en tots dos casos es necessiten diferències, l'error propagat en les restes pot ser suficient per amargar la il·lusió inicial. Així, per exemple, si es fa la resta entre dues temperatures com 80'6°C i 78'5°C, ens dona 2'1°C; passem, doncs, d'un error relatiu de 1/800, més o menys, a un error de 1/21, o sigui, 40 vegades més gran.

Així mateix, si hem de restar dos valors de pressió per obtenir la pressió parcial del líquid vaporitzat, ens passarà el mateix. Si restem 124'5 kPa i 113'6 kPa obtenim 10'9 kPa i passem d'un error relatiu al voltant de 1/1200 a altre de 1/100, o sigui, 12 vegades més gran.

L'interès de les activitats proposades és conèixer alguna manera senzilla d'obtenir masses molars amb muntatge simple.

Totes dues activitats estan destinades a alumnat de nivell superior al de l'ESO i s'utilitzarà el programa *Db\_Lab* i el seu equipament de *Multilog*.

## **Preparació de l'activitat "Massa molar d'un líquid volàtil"**

Es tracta de mesurar la pressió parcial d'una massa coneguda de líquid (acetona i metanol) vaporitzat dins d'un matràs de 300 mL.

Necessitarem un vas de precipitats gran (de 600 mL o 1 litre) per escalfar aigua fins a 70°C, temperatura que es pot controlar amb termòmetre de vidre o amb el sensor de temperatura.

El matràs haurà de tenir un tap amb forat per a la connexió amb el sensor de pressió, o un tap sense forats si s'usa un *kitasato*. En tot cas el tancament ha de ser perfecte.

La pressió parcial del líquid vaporitzat es calcula per diferència entre la pressió assolida amb el líquid vaporitzat i la pressió assolida amb aire solament. És en aquesta resta on hi ha una de les fonts d'error del mètode. Per tal de disminuir l'error hauríem de posar més líquid per tenir una diferència més gran però la pressió assolida segurament produiria escapament d'aire i risc de perdre el tap, que saltaria. Pressions interiors superiors a 150 kPa necessiten de més seguretat i rigor en el tancament.

El volum de líquid problema que es vessa dins el matràs és al voltant de 0'30 mL per la qual cosa s'ha de fer amb un comptagotes prim o pipeta d'1 mL. Si s'utilitza el comptagotes ha de fer-se una mesura del volum equivalent a una gota.

El diàmetre del matràs ha de ser més petit que el del vas i l'altura de l'aigua en aquest ha de ser la suficient per a què en introduir el matràs el nivell pugi i cobreixi el matràs fins al coll; uns 200 mL són suficients.

Es pot començar disposant d'aigua calenta a més temperatura de la necessària per tenir en compte el refredament durant les mesures i pel fet d'introduir-hi el matràs.

Si es disposés de bons manòmetres, amb bona sensibilitat i precisió no caldria l'equip automàtic de captació de dades, ja que només ens interessa la pressió inicial i la final, però usar el sensor suposa fiabilitat i comoditat.

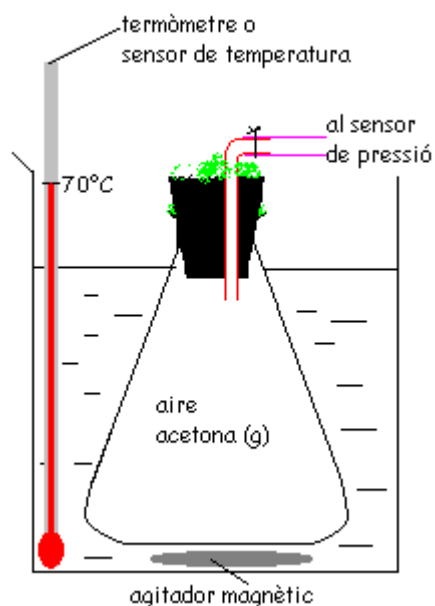
Les temperatures d'ebullició són: per a l'acetona, 56'5°C i per al metanol, 65°C

Les densitats de tots dos són quasi iguals:  $d = 0'79 \text{ g/cm}^3$

El metanol és tòxic, però les quantitats que s'utilitzen (menys de 0'25 g) no ho fan especialment perillós. Caldrà, en tot cas, no deixar a disposició de l'alumnat el flascó o l'ampolla.

### **Muntatge**

Al dibuix es pot veure el muntatge realitzat. L'aigua s'escalfarà, si és possible, amb la placa calefactora. Si s'ha d'utilitzar el bec de Bunsen en el lloc de l'alumnat, serà necessari que quan s'hagin de deixar caure les gotes del líquid dins el matràs el foc estigui apagat.



Si s'usa la placa es pot afegir l'agitador per mantenir la uniformitat de la temperatura en tota l'aigua.

### Previ, només aire

En primer lloc es tapa el matràs buit, només amb aire, ben tapat; es posa en marxa la captació de dades i s'introdueix dins l'aigua calenta. Necessitem saber quin és l'augment de pressió degut a l'escalfament de l'aire. L'interior del matràs ha d'estar completament sec ara i en tota la resta de mesures.

Caldrà aguantar el matràs dins l'aigua. Es pot fer amb la mà, no és massa temps. Si convé es pot fer ús d'un guant.

Mesurada la pressió, procurant mantenir la temperatura constant (segurament no s'aconseguirà, serà altra font d'error), es treu el matràs, es destapa i es deixa refredar per a la següent mesura (si es refreda a l'aixeta no ha d'entrar aigua). També es pot utilitzar altre matràs igual. Es desaran les dades amb el nom *MM\_aire*.

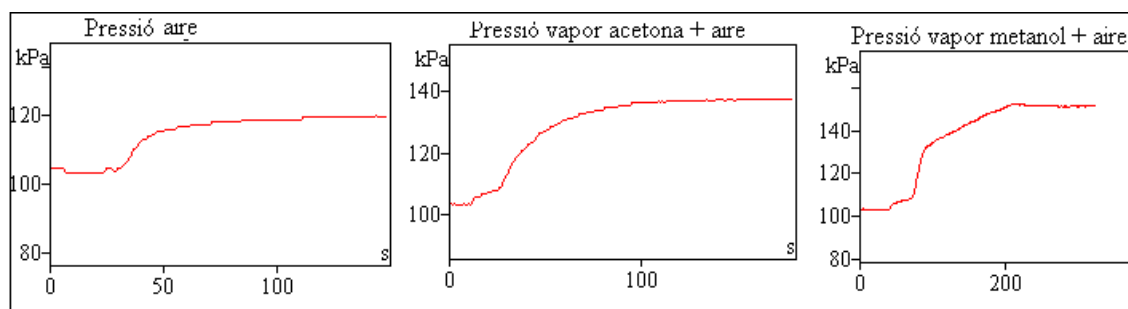
### Amb acetona

Amb el matràs fred s'hi vessen les gotes necessàries d'acetona per fer 0,3 mL (uns 0,24 g), es tapa ben tapat, es posa en marxa el programa i es torna a introduir dins l'aigua calenta a la mateixa temperatura que abans (grau més, grau menys, en realitat no importa una diferència petita). Quan es vegi que la pressió roman uniforme, es para l'adquisició de dades, es treu el matràs, s'obre, es ventila per eliminar vapors d'acetona (NO HAN DE BUFAR ja que introduiran vapor d'aigua) i es deixa refredar. Es desaran les dades amb el nom *MM\_acet*.

### Amb metanol

Es torna a repetir el mateix. Uns 0,3 mL seran també uns 0,24 g. Però hem de tenir en compte que hi haurà més pressió final i, per tant, al temps que es subjecta el matràs caldrà prémer el tap per a que no salti. Es desaran les dades amb el nom *MM\_meta*.

El dibuix següent és un possible resultat, obtingut per a 0'25 mL de líquid i, per tant, la mateixa massa ( $0'25 \text{ mL} \cdot 0'79 \text{ g/mL} = 0'20 \text{ g}$  de cada).



Gràfics obtinguts per a una temperatura de l'aigua entre 70°C i 72°C

Dels gràfics es pot deduir que:

Pressió inicial en els tres casos: 103,2 kPa.

Pressió final per a l'aire: 118'7 kPa, que suposa un augment de 15'5 kPa

Pressió final per a l'acetona: 137'7 kPa, que suposa un increment de 34'5 kPa, dels quals 15'5 kPa corresponen a l'aire i 19'0 kPa a l'acetona afegida.

Pressió final per al metanol: 151'9 kPa, que suposa un increment de 48'7 kPa, dels quals 15'5 kPa corresponen a l'aire i 33'2 kPa al metanol afegit.

Aplicant:  $P_1/P_2 = M_2/M_1$ , i suposant coneguda la massa molar de l'acetona,  $M_1 = 58 \text{ g/mol}$ , resulta  $M_2 = 58 \cdot 19/33'2 = 33 \text{ g/mol}$  (valor real 32 g/mol)

Si es fa el càlcul suposant coneguda la massa del metanol  $M_2 = 32 \text{ g/mol}$ , resulta per a  $M_1$  un valor de  $M_1 = 33'2/19 \cdot 32 = 56 \text{ g/mol}$ .

En aquest exemple hem tingut un error del 3-4%.

Si apliquem directament l'equació  $PV=nRT$  obtindríem:

Per a l'acetona:  $P= 19'0 \text{ kPa} = 0'188 \text{ atm}$ ;  $V = 0'3 \text{ L}$ ;  $T = 71 + 273 = 344 \text{ K}$

$$0'188 \cdot 0'3 = 0'20/M \cdot 0'082 \cdot 344; \quad M = 100 \text{ g/mol}$$

Per al metanol:  $P= 33'2 \text{ kPa} = 0'329 \text{ atm}$ ;  $V = 0'3 \text{ L}$ ;  $T = 71 + 273 = 344 \text{ K}$

$$0'329 \cdot 0'3 = 0'20/M \cdot 0'082 \cdot 344; \quad M = 57 \text{ g/mol}$$

Que suposen un resultat quasi el doble del valor real.

El possible error degut al procediment es compensa quan es comparen el dos líquids, ja que hem fet les mesures de la mateixa manera.

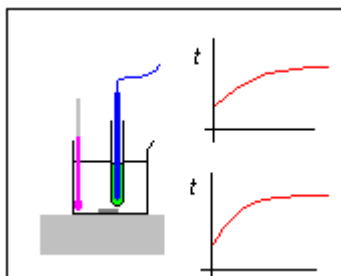
### **Preparació de l'activitat: Massa molar d'un sòlid soluble en alcohol**

Es tracta de mesurar la temperatura d'ebullició d'una dissolució alcohòlica de "polil" (*p*-diclorbenzè) i comparar-la amb la de l'alcohol. No s'ha volgut fer amb sòlids solubles en aigua per causa del seu punt d'ebullició, al límit del sensor i per no utilitzar un bany maria a més temperatura de 85°C.

Necessitarem un vas de precipitats gran (de 400 mL o de 600 mL) per escalfar aigua fins a 85°C, temperatura suficient per assegurar l'ebullició de l'alcohol.

El dissolvent i la dissolució seran en un tub d'assaig de grandària normal, omplint fins a la meitat del tub i el sensor de temperatura es posarà dins el tub.

El tub s'haurà de subjectar amb pinces de bureta de manera que s'asseguri que tot el líquid quedi rodejat per l'aigua calenta, per això necessitem vasos suficientment alts.

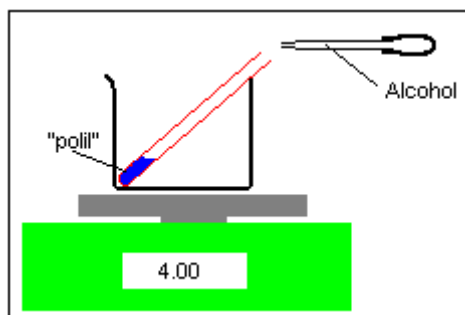


Encara que es sàpiga pels manuals la temperatura d'ebullició de l'alcohol caldrà mesurar-la a l'activitat per diferents raons: perquè no utilitzarem alcohol pur, sinó de 96°; perquè la pressió ambiental segurament no serà de 760 mmHg, i, sobretot, perquè es pot crear al tub un ambient local amb pressió superior (sobretot si es tapa el tub amb cotó flux per evitar una vaporització ràpida).

Hem de respectar en totes les mesures les mateixes condicions inicials ja que haurem de restar dues valors de temperatura propers i això suposarà augmentar l'error.

Amb la quantitat de "polil" corresponent a una bola del producte comercial (uns 4'3 g) és suficient i d'alcohol bastarà amb el volum de mig tub d'assaig (uns 10 g).

Per pesar el sòlid i l'alcohol és còmode fer-ho directament dins el tub que, al seu torn, hi és dins un vas. En el cas del polil es pot donar al grup d'alumnes tal com ve a la bossa, fent que el triturin dins un tros de paper. Aquest paper pot servir per abocar-lo dins el tub al moment de pesar-lo. S'introdueix el sòlid dins el tub, es pesa i, a continuació, s'afegeix alcohol fins mig tub i es torna a pesar. El dibuix següent complementa aquesta explicació.





S'haurà d'agitar el tub per afavorir la dissolució, la qual augmenta en calent. Es pot aprofitar l'aigua que es va escalfant.

Va bé escalfar l'aigua des del començament per tal de tenir-la calenta al moment de posar el tub amb l'alcohol o amb la dissolució alcohòlica.

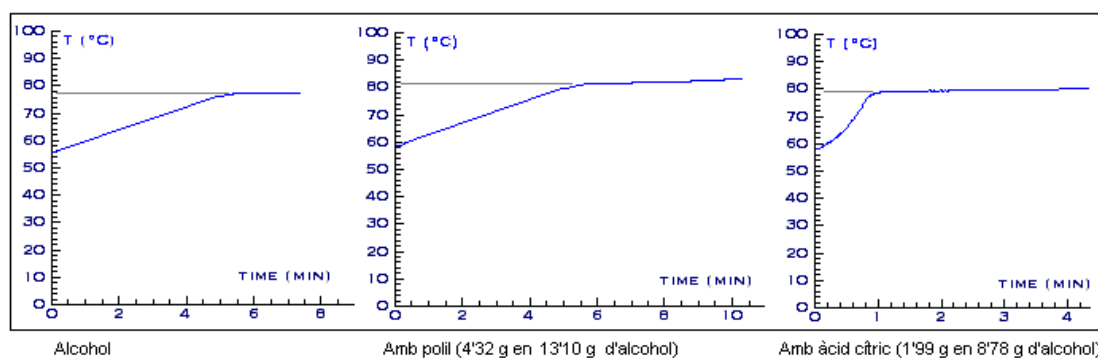
Si abans hem mesurat la temperatura d'ebullició de l'alcohol, l'aigua encara hi serà calenta i la podrem aprofitar.

Durant les mesures no convé agitar la dissolució del tub ja que es produiran variacions al gràfic que poden desorientar a l'hora d'interpretar el procés. És clar que el líquid més proper a les parets del tub serà més calent i l'agitació produirà oscil·lacions de temperatura al gràfic.

A les corbes obtingudes, el tram corresponent a l'ebullició no és perfectament horitzontal, degut a la pèrdua d'alcohol i a l'enriquiment en aigua i en solut. Així doncs, haurem de determinar la temperatura d'ebullició a l'inici del tram aparentment horitzontal.

Aquest procediment es repetirà per a altre sòlid soluble en alcohol, per exemple àcid cítric.

En acabar tindrem tres gràfics d'escalfament (alcohol, dissolució de polil i dissolució de l'altre sòlid) amb tres temperatures d'ebullició. La constant ebulloscòpica per a l'alcohol és  $k_e = 1'2 \text{ K} \cdot \text{kg} / \text{mol}$ .



Podem determinar una massa molar aplicant  $\Delta T = k_e \cdot n/m$  on  $n$  és la quantitat de substància de solut (mols) i  $m$  és la massa de dissolvent (kg). Aquesta fórmula és vàlida per a dissolucions diluïdes.

Al nostre cas, si la dissolució fos diluïda, l'augment de temperatura seria petit i hauria massa error. Si la dissolució no es pot considerar diluïda el resultat d'aplicar aquesta fórmula ens portarà a un resultat que tampoc no serà correcte.

Podem utilitzar la fórmula comparant-la entre dues substàncies, d'una de les quals coneixem la seva fórmula i, per tant, sabem la seva massa molar. Tindrem:

$\Delta T_1 = k_e \cdot n_1 / m_1$ , per a la primera substància. I  $\Delta T_2 = k_e \cdot n_2 / m_2$ , per a la segona. Dividint entre sí:  $\Delta T_1 / \Delta T_2 = (n_1 / m_1) / (n_2 / m_2)$ . Si a més utilitzem la mateixa massa de dissolvent,  $\Delta T_1 / \Delta T_2 = n_1 / n_2 = (m_1 / M_1) / (m_2 / M_2)$ . Si, a més, utilitzem la mateixa massa de solut,  $\Delta T_1 / \Delta T_2 = M_2 / M_1$ .

D'aquesta manera eliminem la constant ebulloscòpica, valgui el que valgui, ja que serà la mateixa en ambdós casos.

En les proves fetes s'ha observat que quan es tapava el tub d'assaig amb cotó fluix o paper per tal d'evitar una ràpida vaporització hi havia un augment de la temperatura d'ebullició, com si s'hagués obtingut un recinte amb pressió superior a l'atmosfèrica. Això ens obliga a procedir exactament igual en les tres mesures.

A l'exemple corresponent als gràfics anteriors tenim per als valors de les temperatures d'ebullició i les altres dades:

Alcohol:  $T_e = 78'1^{\circ}\text{C}$

Polil:  $T_e = 80'6^{\circ}\text{C}$   $\Delta T = 2'5^{\circ}\text{C}$   $m' = 4'32 \text{ g}$   $m \text{ (dissolvent)} = 13'10 \text{ g}$

Àcid cítric:  $T_e = 79'5^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta T = 1'4^{\circ}\text{C}$   $m' = 2'18 \text{ g}$   $m \text{ (dissolvent)} = 8'78 \text{ g}$

Fixem-nos que en restar les temperatures hem passat de valors amb un possible error relatiu del voltant de 0'125% a valors amb possibles errors del 4% i del 7%.

Si apliquem la fórmula  $\Delta T = k_e \cdot n/m$  tenim per al polil:  $2'5 = 1'2 \cdot (4'32/M) / 0'0131$ ; d'on es dedueix que  $M = 158 \text{ g/mol}$ , un 7'5 % superior al valor correcte del  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$  que és 147 g/mol.

Per a l'àcid cítric resulta  $1'4 = 1'2 \cdot (2'18/M) / 0'00878$ ; d'on  $M = 211 \text{ g/mol}$ , a prop del valor real, 210 g/mol.

Si suposem coneguda la massa molar de l'àcid cítric 1-hidrat ( $M_1=210 \text{ g/mol}$ ) i apliquem la fórmula  $\Delta T_1 / \Delta T_2 = (n_1 / m_1) / (n_2 / m_2) = (m'_1 \cdot M_2 \cdot m_2) / (m'_2 \cdot M_1 \cdot m_1)$ , tenim

$1'4 / 2'5 = (2'18 \cdot M_2 \cdot 13'1) / (4'32 \cdot 210 \cdot 8'78)$ , resulta una massa molar de  $M_2 = 156 \text{ g/mol}$ .

Una vegada acabada l'activitat amb el polil caldrà netejar amb alcohol el sensor de temperatura i si convé el tub d'assaig. Es pot demanar al grup que aboquin el líquid restant i que aclareixin el tub a l'aixeta: les parets del tub es tornaran blanques degut a que el polil no és soluble en aigua. Pot ser una ocasió per fer preguntes. Si es desitja recuperar el tub es pot netejar amb alcohol i l'escovilló.

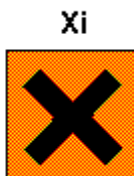
Després de l'activitat amb àcid cítric no han d'oblidar netejar el sensor: queda enganxós.

La perill dels productes utilitzats ve establert pels següents pictogrames:

Acetona: **Altament inflamable**

i

**Nociu (Xi)**



Metanol: **Altament inflamable**

i

**Tòxic**



Alcohol: **Altament inflamable**



**Altament inflamable:** S'indica als envasos que contenen productes que poden inflamar-se ràpidament després d'un breu contacte amb una font d'ignició, i continuen cremant després de retirar la font dita.

**Nociu:** S'indica en tots els envasos que continguin productes tòxics i/o irritants al contacte amb la pell

**Tòxic:** S'indica als envasos de tots els productes tòxics per ingestió, inhalació o contacte dèrmic.

## A1. Determinació de la massa molar d'un líquid volàtil (full per al professor/a)

### Nivell educatiu

L'activitat s'ha redactat per fer-se amb alumnat d'ensenyament secundari post-obligatori.

### Sensors

Sensor de temperatura. (-25°C – 110 °C) (opcional)

Sensor de pressió (0 – 700 kPa)

Velocitat de mesura: 1 cada segon

Nombre de mesures: 500 mesures (equivalen a 500 s, més de 8 minuts).

### Objectius

- Determinar la massa molar d'un líquid volàtil (acetona o metanol).
- Adonar-se de l'error propagat en càlculs que suposen restes amb nombres propers.
- Fer una revisió de les lleis dels gasos.

### Fonament teòric

Quan un líquid com l'acetona o el metanol, amb punt d'ebullició inferior a 70°C, s'escalfa a aquesta temperatura es vaporitza ràpidament i el seu vapor exerceix una pressió sobre les parets del recipient, pressió que s'afegeix a la de l'aire contingut. La pressió total interior serà la suma de la pressió de l'aire calent ( $p_{\text{aire}}$ ) i de la pressió del vapor ( $p_{\text{vapor}}$ ).

Si suposem vàlides per al vapor les lleis dels gasos ideals podem aplicar l'equació general  $pV = nRT$ , que es pot escriure com  $pV = (m/M)RT$ , d'on es dedueix  $M = mRT/pV$ , que permet determinar el valor de la massa molar del líquid vaporitzat. La pressió  $p$  és la pressió parcial del vapor dins el recipient i es determina per diferència entre la pressió total i la pressió de l'aire.

Si fem la determinació per a dos líquids volàtils i suposem coneguda la massa molar d'un d'ells, podem escriure per al primer  $M_1 = m_1 RT / p_1 V$  i per al segon  $M_2 = m_2 RT / p_2 V$  ja que el volum és el mateix (volum del matràs) i les temperatures es suposa que també seran iguals. Dividint ambdues expressions tenim:  $M_1 / M_2 = m_1 \cdot p_2 / m_2 \cdot p_1$ . Si, a més, introduïm al recipient la mateixa massa dels dos líquids volàtils, tindrem  $M_1 / M_2 = p_2 / p_1$ . Si suposem coneguda  $M_2$  tindrem  $M_1 = M_2 \cdot p_2 / p_1$ .

Dels resultats obtinguts podrem determinar quina de les dues maneres és l'adient per arribar a una massa molar correcta.

### Material i precaucions

#### Material

Sensor de pressió i sensor de temperatura (opcional)

Termòmetre, si no es vol usar el sensor de temperatura.

Pipeta graduada de 1 mL o comptagotes.

Matràs erlenmeyer amb tap foradat (1 forat) o kitasato amb tap sense forats.

Vas de 600 mL o de 1 litre amb 200 mL d'aigua (calenta a 75°C o freda si es pensa escalfar amb la placa).

10 cm de tub de goma de diàmetre adient per unir el matràs amb el sensor de pressió.

1 cm de tub de goma més petit per augmentar el diàmetre de l'extrem del sensor de pressió, si cal.

Cordills i filferros per abraçar les unions del tub de goma. Plastilina pot ser convenient.

Paper per eixugar estris i taula.

Placa calefactora amb agitació magnètica (amb l'imant) o sistema d'obtenir aigua calenta a més de 70°C

### Precaucions

Comproveu que el matràs es pot introduir amb folgança dins el vas i que no hi haurà problemes en treure'l.

Compte amb la placa calefactora, que pot assolir temperatures altes. Si heu de subjectar el matràs dins l'aigua calenta amb la mà, feu servir guants o un drap.

El sensor de pressió té un tub flexible de plàstic que s'ha de tractar de manera que no es trenqui ni es cremi.

### Productes químics

Uns pocs mil·lilitres de metanol i d'acetona en un vas petit o dins el comptagotes. Si es vessen gotes cal saber per endavant el volum de cada gota.

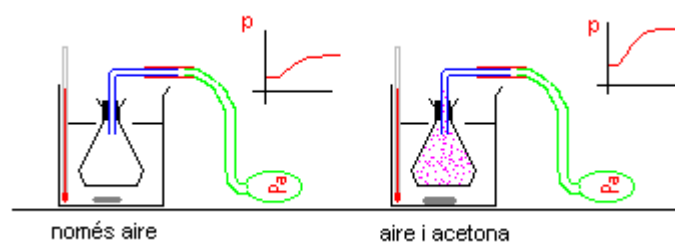
### Procediment

Si es fa servir la placa calefactora posaran a escalfar 200 mL d'aigua, afegint-hi l'imant agitador per afavorir la convecció.

Mentrestant poden fer les connexions del sensor de pressió al tap o a al bec lateral del kitasato. Si cal, hauran d'afegir plastilina a les juntes del tap.

Quan l'aigua arribi als 75°C, desconnectaran la calefacció però no l'agitació.

Posaran en marxa l'adquisició de dades i esperaran mig minut. A continuació introduiran el matràs dins el vas i el subjectaran amb cura mentre es capturen les dades de pressió



Dibuxos esquemàtics del muntatge

Quan s'observi que la pressió es manté constant (pot ser baixi si l'aigua es va refredant) és el moment de parar la presa de dades i de treure el matràs del vas. Destaparan el matràs i deixaran que es refredi. Si cal, el refredaran a l'aixeta amb la precaució de que no entri aigua. Si entra aigua dins el matràs caldrà agafar-ne un altre del mateix volum.

Posaran títol al gràfic (per exemple *Pressió de l'aire en escalfar-se a 70°C*), i la informació que considerin convenient. Desaran les dades amb el nom *MM\_aire*. Deixaran a la pantalla la nova finestra i tancaran l'anterior.

Mentre el matràs acaba de refredar-se connectaran el calor de la placa per escalfar l'aigua a la mateixa temperatura que abans (75°C)

Amb el matràs refredat posaran de nou en marxa la captació de dades.

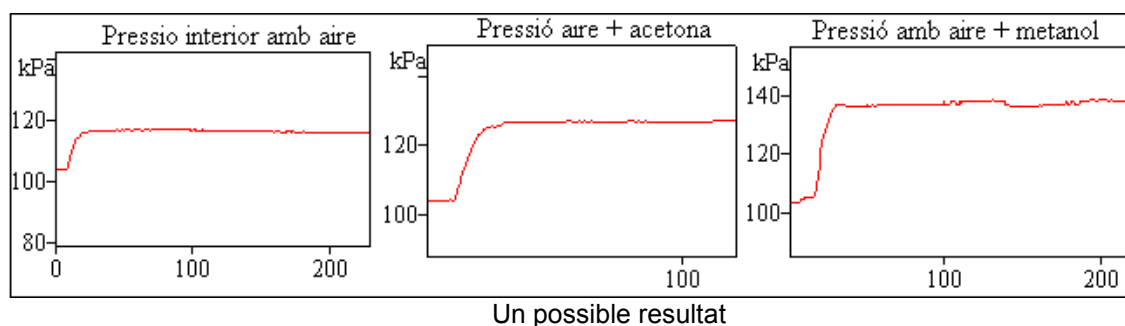
Vessaran les gotes necessàries per fer 0'25 mL d'acetona i, tot seguit, tapan el matràs i repartiran la plastilina per assegurar-se un bon tancament. Segurament ja es podrà observar que la pressió puja una mica. Tancaran la calefacció per evitar que l'aigua s'escalfi més del compte.

Introduiran el matràs dins l'aigua mantenint el tap ben premut i esperaran que la pressió s'estabilitzi. Quan això succeeixi, pararan la captació, trauran el matràs, l'eixugaran, el destapan (es notarà que surt gas a pressió), i el ventilaran per eliminar els vapors d'acetona. Deixaran que es refredi.

A les dades recollides, posaran un títol (per exemple *Pressió amb aire i acetona, a 70°C*), els comentaris adients i les desaran amb el nom *MM\_acet*.

Finalment, hauran de repetir el mateix amb el metanol. En aquest cas caldrà tenir més cura amb el tancament i amb la subjecció del matràs en l'aigua calenta, ja que la pressió que es produeix és més gran i hi ha risc de que salti el tap. Per tal d'aplicar el mètode indicat hauran d'introduir la mateixa massa de metanol, per tant, hauran de ser el més exactes possible.

A les noves dades recollides, posaran un títol (per exemple *Pressió amb aire i metanol, a 70°C*), els comentaris adients i les desaran amb el nom *MM\_meta*.



Es pot observar al gràfic corresponent al metanol que abans d'escalfar hi ha una petit augment de la pressió, la qual cosa vol dir que s'evapora fàcilment i que cal tapan ràpidament.

## A1. Determinació de la massa molar d'un líquid volàtil (full per a l'alumne/a)

### Sensors

Sensor de pressió (opcional el de temperatura). Mesures: 1 cada segon amb 500 punts.

### Fonament teòric

Quan un líquid com l'acetona o el metanol, amb punt d'ebullició inferior a 70°C s'escalfa a aquesta temperatura es vaporitza ràpidament i el seu vapor exerceix una pressió sobre les parets del recipient, pressió que s'afegeix a la de l'aire contingut. La pressió total interior serà la suma de la pressió de l'aire calent ( $p_{\text{aire}}$ ) i de la pressió del vapor ( $p_{\text{vapor}}$ ).

Si suposem vàlides per al vapor les lleis dels gasos ideals podem obtenir  $M = mRT/pV$  que es pot convertir en  $M_1/M_2 = p_2/p_1$ , si comparem dues substàncies i, a més, fem que  $V$  i  $m$  siguin iguals per a les dues. Si coneixem  $M_2$  tindrem  $M_1 = M_2 \cdot p_2/p_1$ .

### Objectius

- Determinar la massa molar d'un líquid volàtil (acetona o metanol).
- Adonar-se de l'error propagat en càlculs on hi ha restes de nombres propers.
- Fer una revisió de les lleis dels gasos.

És vàlid aquest mètode per fer mesures exactes de la massa molar del metanol?  
És vàlid per fer mesures aproximades de la massa molar de l'oli d'oliva?

### Material i precaucions

#### Material

Sensors indicats. Material de laboratori.

#### Precaucions

Comproveu que el matràs es pot introduir amb folgança dins el vas i que no hi haurà problemes en treure'l.

Compte amb la placa calefactora, que pot assolir temperatures altes. Si heu de subjectar el matràs dins l'aigua calenta amb la mà, feu servir guants o un drap.

Tracteu amb cura els sensors i sobretot el de pressió. No estireu ni cremeu amb la placa el tub de plàstic.

Si la pressió puja per sobre de 145 kPa el tap pot saltar.

#### Productes químics

Uns pocs mil·lilitres de metanol i d'acetona en un vas petit o dins el comptagotes. Convé conèixer el volum mitjà d'una gota de líquid.

### Procediment



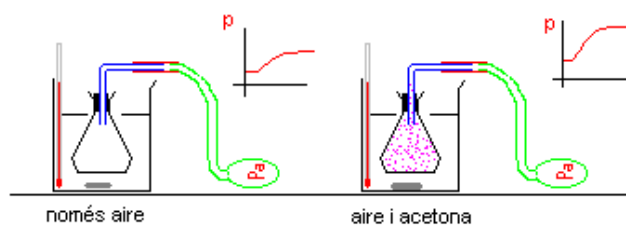
Haureu de mesurar la pressió interior del matràs en tres situacions: només aire, aire més acetona i aire més metanol. Les tres mesures es faran a la mateixa temperatura, la de l'aigua del vas (entre 70°C i 75°C).



#### Només Aire

Poseu a escalfar l'aigua del vas. Quan arribi als 70°C, desconnecteu la calefacció però no l'agitació. Tapeu ben tapat el matràs, que ja ha de ser connectat al sensor.

Poseu en marxa l'adquisició de dades i espereu mig minut. A continuació, introduïu el matràs dins el vas i subjecteu-lo amb cura mentre es capturen les dades de pressió.



Dibujos esquemàtics del muntatge

Quan observeu que la pressió es manté constant és el moment de parar la presa de dades i de treure el matràs del vas. Destapeu el matràs i deixeu que es refredi. Si cal, el podeu refredar a l'aixeta amb la precaució de que no hi entri aigua. Si entra aigua dins el matràs caldrà agafar-ne un altre del mateix volum.

Poseu títol al gràfic i afegiu la informació que considereu convenient. Deseu les dades amb el nom *MM\_aire*. Deixeu a la pantalla la nova finestra i tanqueu l'anterior.

Mentre el matràs acaba de refredar-se connecteu el calor de la placa per escalfar l'aigua a la mateixa temperatura que abans.

### Acetona

Amb el matràs refredat poseu de nou en marxa la captació de dades. Tanqueu la calefacció per evitar que l'aigua s'escalfi més del compte.

Vesseeu les gotes necessàries per fer 0'25 mL d'acetona i, tot seguit, tapeu el matràs i repartiu la plastilina del tap per assegurar-vos un bon tancament. Segurament ja es podrà observar que la pressió puja una mica.

Introduïu el matràs dins l'aigua mantenint el tap ben premut i espereu que la pressió s'estabilitzi. Quan això succeeixi, pareu la captació, tragueu el matràs, eixugueu-lo, destapeu-lo, i ventileu-lo per eliminar els vapors d'acetona. Deixeu que es refredi.

A les dades, posareu un títol, comentaris adients i les desareu amb el nom *MM\_acet*.

### Metanol

Finalment, haureu de repetir el mateix amb el metanol. En aquest cas caldrà tenir més cura amb el tancament i amb la subjecció del matràs en l'aigua calenta, ja que la pressió que es produeix és més gran i hi ha risc de que salti el tap. Per tal d'aplicar el mètode indicat haureu d'introduir la mateixa massa de metanol, per tant, haureu de ser el més exactes possible. Les dades les desareu amb el nom *MM\_meta*.

#### Tractament de les dades

Determineu l'augment de pressió corresponent a cada un dels líquids utilitzats.

Aire: Pressió inicial: ....	Pressió final: .....	Augment: $\Delta p = \dots$
Acetona: Pressió inicial: ....	Pressió final: .....	Augment: $\Delta p = \dots$
Metanol: Pressió inicial: ....	Pressió final: .....	Augment: $\Delta p = \dots$



## B1. Conclusions i preguntes finals

1. Calcula la pressió parcial de cada vapor en la mescla i anota la resta de dades

Acetona:  $p_{\text{vapor}} =$

Volum vessat:  $v =$                       Densitat :  $d =$

Massa vaporitzada:  $m =$

Metanol:  $p_{\text{vapor}} =$

Volum vessat:  $v =$                       Densitat :  $d =$

Massa vaporitzada:  $m =$

2. Aplica la fórmula adient per determinar la massa molar del metanol, suposant coneguda la de l'acetona ( $M = 58 \text{ g/mol}$ ) i per determinar la massa molar de l'acetona, suposant coneguda la del metanol ( $M = 32 \text{ g/mol}$ ).

Metanol:

Acetona:

Calcula l'error relatiu dels valors obtinguts.

3. Determina per als dos vapors la massa molar que s'obtingria aplicant la fórmula  $pV = (m/M)RT$  i fes una comparació amb els valors obtinguts abans.

4. És vàlid aquest mètode per fer mesures exactes de la massa molar del metanol?  
És vàlid per fer mesures aproximades de la massa molar de l'oli d'oliva?

## A2. Determinació de la massa molar d'un sòlid soluble en alcohol (full per al professor/a).

### Nivell educatiu

L'activitat s'ha redactat per fer-se amb alumnat d'ensenyament secundari post-obligatori.

### Sensors

Sensor de temperatura. (-25°C – 110 °C)

Termòmetre, opcional

Velocitat de mesura: 1 cada segon

Nombre de mesures: 1000 mesures (equivalen a 1000 s, més de 16 minuts). Si es comença amb l'aigua freda potser hagi de donar-se més temps.

### Objectius

- Determinar la massa molar d'un sòlid per ebulloscòpia.
- Adonar-se de l'error propagat en càlculs on es resten nombres propers.
- Revisar les propietats de les dissolucions.

### Fonament teòric

La temperatura d'ebullició d'una dissolució és superior a la del dissolvent corresponent. Aquest augment depèn de la quantitat de solut dissolt, o sigui, de la quantitat de partícules de solut mesclades amb les del dissolvent. Per a dissolucions diluïdes la relació existent és:

$$\Delta T = k_e \frac{n}{m} = k_e \frac{m_{\text{solut}}}{M \cdot m_{\text{dissolvent}}}$$

on  $n$  és la quantitat de substància de solut (mols),  $m$  és la massa de dissolvent (kg) i  $k_e$  és la constant ebulloscòpica de l'alcohol.

D'aquesta relació es pot aïllar la massa molar i tindrem:

$$M = k_e \cdot m_{\text{solut}} / (\Delta T \cdot m_{\text{diss}})$$

També podem utilitzar la fórmula comparant entre dues substàncies, una de les quals és coneguda i sabem la seva massa molar (per exemple,  $M_1$ ). Tindrem:

$$\Delta T_1 = k_e \cdot n_1 / m_1, \text{ per a la primera substància. I } \Delta T_2 = k_e \cdot n_2 / m_2, \text{ per a la segona.}$$

Dividint entre sí:

$$\Delta T_1 / \Delta T_2 = (n_1 / m_{\text{diss}1}) / (n_2 / m_{\text{diss}2}).$$

Si utilitzem la mateixa massa de dissolvent,  $m_{\text{diss}}$ :

$$\Delta T_1 / \Delta T_2 = n_1 / n_2 = (m_{\text{sol}1} / M_1) / (m_{\text{sol}2} / M_2).$$

Si, a més, utilitzem la mateixa massa de solut,  $m_{\text{sol}}$ :

$$\Delta T_1 / \Delta T_2 = M_2 / M_1.$$

Podem determinar la massa molar del sòlid estudiat:  $M_2 = M_1 \cdot \Delta T_1 / \Delta T_2$

### Material i precaucions

**Material**

Sensor de temperatura.

Termòmetre, si es vol controlar la temperatura del bany maria..

3 tubs d'assaig o dos si un s'utilitza dues vegades. Es considera que un dels tubs es podria rebutjar. Al menys un tap per als tubs, si són iguals.

Vas de 400 mL amb aigua (calenta a 50°C o freda si disposem de suficient temps).

Un vas petit (100 mL) que servirà per subjectar el tub d'assaig durant la pesada de solut i dissolvent.

Altre vas petit per l'alcohol.

Gradeta o altre vas per als tubs d'assaig.

Comptagotes o proveta petita per vessar l'alcohol al tub.

Suport amb pinça per subjectar el tub d'assaig.

Placa calefactors amb agitació magnètica (amb l'imant).

Paper per eixugar estris i taula.

**Precaucions**

Compte amb la placa calefactors, que pot assolir temperatures altes.

El sensor de temperatura és una vareta prima i llarga, cal tractar-la amb cura per tal de no doblegar-la.

L'aigua del bany maria pot cremar, cal anar amb compte en posar i treure els tubs.

**Productes químics**

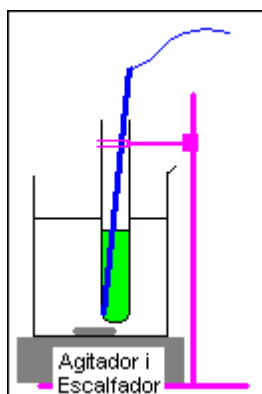
Paradiclorbenzè (*p*-diclorbenzè) comercialitzat amb el nom de *Polil*, una bola o 4 g per grup. Es pot tenir preparat i triturat en un morter.

Àcid cítric (normalment es disposa com a 1 hidrat), 4 g per grup. L'aigua d'hidratació és pot considerar com a una part de la causa de l'augment de temperatura d'ebullició.

Alcohol (96°), uns 50 mL per grup.

**Procediment**

El que s'ha de fer és mesurar la temperatura d'ebullició de l'alcohol, d'una dissolució alcohòlica de "polil" i de una altra d'àcid cítric. El treball es pot repartir en els diferents grups, uns poden fer la primera part i la segona i altres la primera i la tercera.

**Primera part: ebullició del dissolvent**

Hauran de preparar la placa calefactors, el vas amb aigua per al bany maria i l'imant agitador.

A continuació, prepararan un tub d'assaig amb alcohol fins la meitat, el subjectaran amb cura amb la pinça de bureta i el posaran dins l'aigua, de manera que el nivell del tub sigui per sota que el de l'aigua del vas. Connectaran l'agitació i la calefacció.

Després afegiran el sensor de temperatura dins l'alcohol i engegaran la captació de dades.

#### **Mentre l'aigua s'escalfa es pot fer:**

- Xafar la bola de polil dins un tros de paper, si encara no ho està.
- Agafar el vas petit, un tub d'assaig, el paper amb el polil, el comptagotes i el vas amb l'alcohol i anar a pesar el polil i l'alcohol. Han de pesar entre 3 i 4 g de polil i uns 13 mL d'alcohol amb precisió fins els cg.  $m(\text{polil}) = \dots\dots\dots m(\text{alcohol}) = \dots\dots\dots$   
Amb el tub buit dins el vas petit i tot sobre el plat de la balança, prémer la tecla de tara per aconseguir la indicació de 0.00 g. Amb cura, posar la massa adient de polil dins el tub.  
Premeu de nou la tecla de tara fins que indiqui de nou 0.00 g. Amb el comptagotes o pipeta afegiu alcohol fins arribar més que menys a la meitat del tub
- Tapar el tub d'assaig i agitar-lo per ajudar a dissoldre el solut. Es poden ajudar escalfant-lo a l'aigua calenta però, compte, fent-lo sense tap. El tapan i l'agitaran de nou. Un cop estigui dissolt, el deixaran tapat en un lloc segur.

#### **Continuem amb el primer tub.**

Han d'esperar que bulli l'alcohol. Quan comenci a bullir apagaran la placa calefactora o baixaran el nivell de calor. Continuaran amb l'ebullició fins que s'hagi vaporitzat la meitat. Aleshores tancaran la captació de dades.

Trauran el tub i el sensor amb cura de no cremar-se. La placa pot estar més calenta que l'aigua.

Posaran un títol a la finestra (per exemple, *Ebullició de l'alcohol*), afegiran alguna informació i desaran les dades amb el nom *TEAL\_00*.

#### **Segona part: ebullició de la dissolució de polil**

Agafaran el tub que conté el polil dissolt, el posaran dins l'aigua calenta, repetiran el muntatge anterior i hi introduiran el sensor de temperatura. Iniciarán l'adquisició de dades. No han d'agitar la dissolució, sobretot si no s'ha fet a la primera part.

Posaran en marxa l'agitació magnètica i la placa calefactora. L'aigua continuarà calenta i la dissolució no trigarà tant en bullir com a la primera part.

Mantindran bullint la dissolució uns minuts de manera que s'obtingui un tram més o menys horitzontal, suficient per fer un estudi posterior. S'ha de tenir en compte que el nivell del líquid al tub anirà baixant. Quan considerin oportú tancaran la calefacció i pararan la captació de dades.

Posaran un títol al gràfic, per exemple, *Ebullició d'una dissolució de polil en alcohol*. Afegiran la informació desitjada i desaran les dades amb el nom *TEAL\_po*.

Trauran el tub del bany maria, rebutjaran la dissolució i si es considera oportú, aclariran el tub amb aigua, observaran qualsevol canvi no esperat i l'anotaran: .....

Netejaran el sensor de temperatura amb un drap o paper mullats amb alcohol.

#### **Tercera part: ebullició de la dissolució d'àcid cítric.**

Operant de manera semblant a la feta amb el polil, prepararan una dissolució d'àcid cítric que contingui la mateixa massa que s'ha pesat de polil a la segona part en uns 13 mL d'alcohol, determinant les masses amb precisió fins al cg. Es pot fer servir el mateix tub de la primera part.

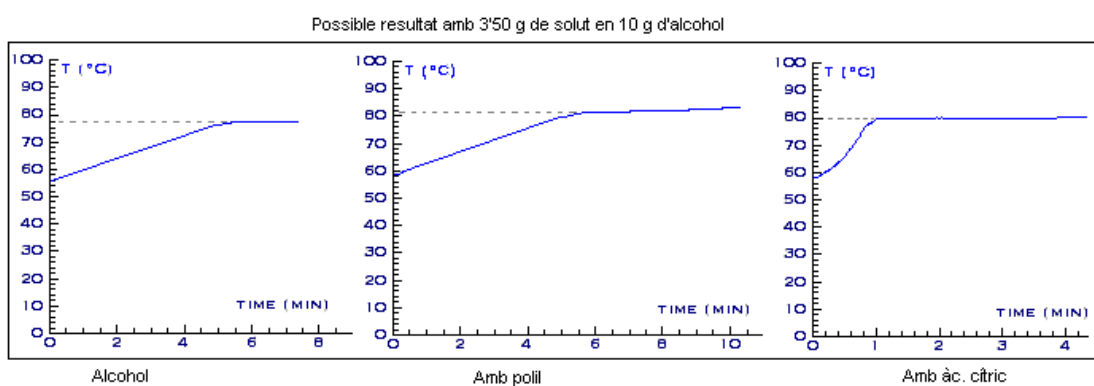
El càlcul es simplifica si les masses d'àcid cítric i d'alcohol utilitzades ara són les mateixes que s'han pres a la segona part, per al polil.

$$m(\text{cítric}) = \dots\dots\dots \quad m(\text{alcohol}) = \dots\dots\dots$$

Procediran com abans per escalfar el tub amb la nova dissolució. Posaran un títol al gràfic, per exemple *Ebullició d'una dissolució alcohòlica d'àcid cítric* i la informació que sigui convenient. Desaran les dades amb el nom *TEAL\_ci*.

En acabar, netejaran el sensor de temperatura amb un drap o paper mullats amb aigua.

Si tot ha anat bé tindran uns gràfics semblant als següents:



Els temps que tarda en començar l'ebullició dependrà de la potència de l'escalfador utilitzat o de la temperatura inicial de l'aigua.

## A2. Determinació de la massa molar d'un sòlid soluble en alcohol (full per a l'alumne/a)

### Sensors

Sensor de temperatura. Mesures: 1 mesura cada segon amb 1000 punts.

### Fonament teòric

La temperatura d'ebullició d'una dissolució és superior a la del dissolvent corresponent. Aquest augment depèn de la quantitat de partícules de solut mesclades amb les del

dissolvent. Per a dissolucions diluïdes la relació existent és  $\Delta T = k_e \frac{n}{m} = k_e \frac{m_{solut}}{M \cdot m}$  on  $n$  és

la quantitat de substància de solut (mols),  $m$  és la massa de dissolvent (kg),  $k_e$  és la constant ebulloscòpica de l'alcohol i  $M$  és la massa molar del solut. En determinades condicions (masses iguals de solut i dissolvent) es pot deduir que  $M_2 = M_1 \cdot \Delta T_1 / \Delta T_2$

### Objectius

- Determinar la massa molar d'un sòlid per ebulloscòpia.
- Adonar-se de l'error propagat en càlculs on es resten nombres propers.
- Revisar les propietats de les dissolucions.

És vàlid aquest mètode per fer mesures exactes de la massa molar del polil?

És vàlid per fer mesures aproximades de la massa molar del sucre (sacarosa)?

### Material i precaucions

#### MATERIAL

Sensor de temperatura. Termòmetre. Material de laboratori variat.

Paper per eixugar estris i taula.

#### PRECAUCIONS

Compte amb la placa calefactora, que pot assolir temperatures altes.

Tracteu amb cura el sensor i, en acabar, netegeu-lo.

L'aigua del bany maria pot cremar, aneu amb compte en posar i treure els tubs.

#### PRODUCTES QUÍMICS

Paradiclorbenzè (*p*-diclorbenzè) comercialitzat amb el nom de *Polil*

Àcid cítric (normalment es disposa com a 1 hidrat). Alcohol de 96°.

### Procediment



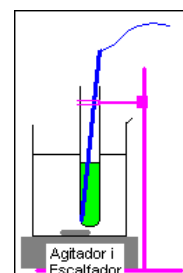
El que haureu de fer és mesurar la temperatura d'ebullició de l'alcohol i la d'una dissolució alcohòlica de "polil" o d'àcid cítric.

Haureu de preparar la placa calefactora, el vas amb aigua per al bany maria i l'imant agitador.



#### Primera part: alcohol

Prepareu un tub d'assaig amb alcohol fins la meitat, subjecteu-lo amb cura amb la pinça de bureta i poseu-lo dins l'aigua, de manera que el nivell del tub sigui per sota que el de l'aigua del vas. Connecteu l'agitació i la calefacció.



Afegiu el sensor de temperatura dins l'alcohol iengegueu la captació de dades.

#### Mentre l'aigua s'escalfa:

- peseu dins un tub d'assaig 4 g de polil (o d'àcid cítric) amb exactitud fins els centígrams.
  - afegiu al mateix tub 13 g d'alcohol pesats amb la mateixa precisió
  - anoteu les masses:  $m(\text{polil}) = \dots\dots$        $m(\text{cítric}) = \dots\dots$        $m(\text{alcohol}) = \dots\dots$
  - deixeu el tub, tapat, per a la segona part en un lloc segur

### Continueu amb el primer tub.

Heu d'esperar que bulli l'alcohol. Quan comenci a bullir apagueu la placa calefactora o baixeu el nivell de calor. Continueu amb l'ebullició fins que s'hagi vaporitzat la meitat. Aleshores tanqueu la captació de dades.

Tragueu el tub i el sensor amb cura de no cremar-vos. La placa pot estar més calenta que l'aigua.

Poseu un títol a la finestra (per exemple, *Ebullició de l'alcohol*), afegiu alguna informació i deseu les dades amb el nom *TEAL\_00*.

### Segona part: ebullició de la dissolució de polil/àcid cítric

Agafeu el tub que conté el solut dissolt, poseu-lo dins l'aigua calenta, repetiu el muntatge anterior i hi introduïu el sensor de temperatura. Inicieu l'adquisició de dades. No heu d'agitar la dissolució, sobretot si no ho heu fet a la primera part.

Poseu en marxa l'agitació magnètica i la placa calefactora. L'aigua continuarà calenta i la dissolució no trigarà tant en bullir com a la primera part.

Manteniu bullint la dissolució uns minuts de manera que s'obtingui un tram més o menys horitzontal, suficient per fer un estudi posterior. S'ha de tenir en compte que el nivell del líquid al tub anirà baixant. Quan considereu oportú tanqueu la calefacció i pareu la captació de dades.

Poseu un títol al gràfic, per exemple, *Ebullició d'una dissolució de ..... en alcohol*. Afegiu la informació desitjada i deseu les dades amb el nom *TEAL\_po* o *TEAL\_ci*.

Tragueu el tub del bany maria, aclariu el tub amb aigua, observeu qualsevol canvi no esperat que anotareu : .....

Netegeu el sensor de temperatura amb un drap o paper mullats amb alcohol.

### Tractament de les dades

Determineu les temperatures d'ebullició a part inicial del tram horitzontal (o quasi horitzontal). Anoteu els valors i els augments corresponents.

$$T_{\text{eb}}(\text{alcohol}) = \dots\dots$$

$$T_{\text{eb}}(\text{polil-alcohol}) = \dots\dots$$

$$T_{\text{eb}}(\text{cítric-alcohol}) = \dots\dots$$

$$\text{Increment: } \Delta T(\text{polil}) = \dots$$

$$\text{Increment: } \Delta T(\text{cítric}) = \dots$$

Anoteu la temperatura final del tram horitzontal en les tres gràfiques:

$$T_{\text{final}}(\text{alcohol}) = \dots\dots \quad T_{\text{final}}(\text{polil}) = \dots\dots$$

$$T_{\text{final}}(\text{cítric}) = \dots\dots$$

## B2. Conclusions i preguntes finals

1. Determineu les dues masses molars aplicant la relació  $M = k_e \cdot m_{\text{solut}} / (\Delta T \cdot m_{\text{diss}})$

$$k_e = 1,2 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Per al polil:

Per a l'àcid cítric:

2. Suposant coneguda la massa molar de l'àcid cítric ( $M = 210 \text{ g/mol}$ ), determineu la massa molar del polil a partir de la relació de proporcionalitat inversa deduïda als fonaments teòrics.

3. Doneu una explicació al fet que als tres casos el tram suposadament horitzontal no ho sigui exactament sinó que és una mica ascendent.

4. Doneu motius d'aparició d'errors en aquest procediment de determinació de les masses molars.

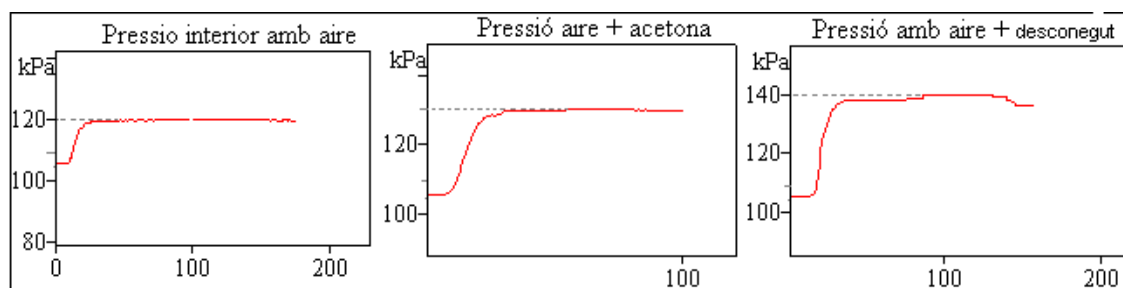
5. És vàlid aquest mètode per fer mesures exactes de la massa molar del polil?

És vàlid per fer mesures aproximades de la massa molar del sucre (sacarosa)?



## Avaluació del projecte Determinació de masses molars

1. S'ha volgut determinar la massa molar d'una substància pura desconeguda de la que sabem que és un líquid volàtil. S'ha procedit de la mateixa manera que a l'activitat A1, utilitzant l'acetona com a substància de referència. S'han fet servir matrassos iguals i masses iguals dels dos líquids. La temperatura final també ha estat la mateixa en les tres mesures. Els gràfics obtinguts han estat:



Determineu la massa molar del líquid. La pressió inicial ha estat de 106 kPa en tots tres casos.

2. Determineu l'augment en la temperatura d'ebullició de l'aigua que produiria teòricament una massa de 13'35 g de substància de massa molar 133'5 g/mol dissolta en 100 g d'aigua. La constant  $k_e$  per a l'aigua val 1'86 K·kg/mol. La determinació s'ha fet en recipient obert i a 1 atm de pressió ambient.

Si quan es fa la determinació experimental resulta un increment igual a doble del calculat abans, quina explicació pot hi haver?

Raons químiques:

Raons del mètode:

**Full de respostes i comentaris addicionals****B1**

- Acetona:  $p_{\text{vapor}} = 19'0 \text{ kPa} = 0'188 \text{ atm}$   
 Volum vessat:  $v = 0'25 \text{ mL}$       Densitat :  $d = 0'79 \text{ g/cm}^3$   
 Massa vaporitzada:  $m = 0'20 \text{ g}$

Metanol:  $p_{\text{vapor}} = 33'2 \text{ kPa} = 0'329 \text{ atm}$   
 Volum vessat:  $v = 0'25 \text{ mL}$       Densitat :  $d = 0'79 \text{ g/cm}^3$   
 Massa vaporitzada:  $m = 0'20 \text{ g}$
- Metanol:  $P_1 / P_2 = M_2 / M_1$ ;  $19/33'2 = M_2 / 58$ ;  $M_2 = 58 \cdot 19/33'3 = 33 \text{ g/mol}$   
 Acetona:  $P_1 / P_2 = M_2 / M_1$ ;  $19/33'2 = 32/M_1$ ;  $M_1 = 32 \cdot 33'2 / 19 = 56 \text{ g/mol}$   
 Errors. Per al metanol:  $1/32 \cdot 100 = 3'1 \%$ ;      Acetona:  $2/58 \cdot 100 = 3'4 \%$
- Acetona:  $P = 0'188 \text{ atm}$ ;  $V = 0'3 \text{ L}$ ;  $T = 344 \text{ K}$ ;  $0'188 \cdot 0'3 = 0'2/M \cdot 0'082 \cdot 344$   
 $M = 100 \text{ g/mol}$

Metanol:  $P = 0'329 \text{ atm}$ ;  $V = 0'3 \text{ L}$ ;  $T = 344 \text{ K}$ ;  $0'329 \cdot 0'3 = 0'2/M \cdot 0'082 \cdot 344$   
 $M = 57 \text{ g/mol}$
- No permet determinar masses molars exactes. Encara que les pressions mesurades siguin correctes, pot hi haver un error del 7%. L'oli no és líquid volàtil i no es pot aplicar aquest mètode.      Motius d'error:

Motius teòrics: apliquem a un vapor la lleis dels gasos ideals. Els vapors són molt allunyats de comportar-se com a gasos ideals.

Motius de càlcul: per determinar la pressió parcial del vapor hem de restar valors propers que augmenten l'error relatiu.

**B2**

- A l'exemple inclòs a l'explicació podem deduir un augment de  $2'7 \text{ }^\circ\text{C}$  per al polil i de  $2'0 \text{ }^\circ\text{C}$  per a l'àcid cítric. D'acord amb això tenim,

Per al polil:  $M = 1'2 \cdot 3'5 / (2'7 \cdot 0'010) = 155 \text{ g/mol}$   
 Per a l'àcid cítric:  $M = 1'2 \cdot 3'5 / (2 \cdot 0'010) = 210 \text{ g/mol}$
- Aplicarem  $\Delta T_1 / \Delta T_2 = M_2 / M_1$ ;  $2'7 / 2 = 210 / M$ ;  $M = 155'5$ , com abans ja que la massa molar de l'àcid cítric ens havia sortit correcta.
- L'augment de concentració de solut degut a la pèrdua de dissolvent.
- Motius teòrics: apliquem una fórmula vàlida per a dissolucions diluïdes a una dissolució del 35%. Si fem la determinació amb una dissolució més diluïda l'augment de temperatura encara serà més petit.

Motius de càlcul: per determinar l'increment de temperatura hem de restar valors propers que augmenten l'error relatiu.
- No es poden determinar masses molars exactes ja que hi ha un error alt  
 Si la sacarosa és soluble en alcohol si que es podria determinar.

**AB**

1. Dels gràfics es pot deduir que:

$$\Delta P_{\text{aire}} = 120 - 106 = 14 \text{ kPa};$$

$$\Delta P_{\text{acetona}} = 130 - 106 = 24 \text{ kPa}; \quad P_{\text{acetona}} = 24 - 14 = 10 \text{ kPa}$$

$$\Delta P_{\text{desconegut}} = 140 - 106 = 34 \text{ kPa}; \quad P_{\text{desconegut}} = 34 - 14 = 20 \text{ kPa}$$

Hem d'aplicar la relació:  $M_{\text{desconegut}} / M_{\text{acetona}} = p_{\text{acetona}} / p_{\text{desconegut}}$ ;

$$M = 58 \cdot 10 / 20 = 29 \text{ g/mol}$$

2. La temperatura d'ebullició de l'aigua en recipient obert és la corresponent a la pressió exterior d'1 atm, o sigui, 100°C. L'augment que es demana estarà referit a aquest valor.

$$\Delta T = 1'86 \cdot (13'35 / 133'5) / 0'1 = 1'86^\circ\text{C}$$

Raons químiques: el solut proporciona més partícules que les considerades amb el quocient  $m_{\text{solut}}/M$ , pot ser sigui un sòlid iònic i es disocia, de manera que 1 mol de solut proporcionari 2 mols de partícules.

Raons del mètode: apliquem una fórmula vàlida per a dissolucions diluïdes a una dissolució del 12%.

## **Calors de dissolució**

**A1. Determinació de l'equivalent en aigua del calorímetre**

**A2. Comportament de les substàncies en dissoldre's**

**A3. Determinació d'Entalpies molars de dissolució**

**Altres propostes**

**Fulls d'avaluació i de respostes**

## Projecte Calors de dissolució

Es pretén estudiar el comportament d'alguns sòlids quan es dissolen en aigua des del punt de vista de la calor absorbida o despresada. La gran varietat de comportaments dóna interès al disseny d'activitats per a nivell d'ESO i per a nivells superiors. Al primer cas es pot incidir en l'aspecte comparatiu amb conclusions generals o en la predicció de comportaments. Al segon cas es pot insistir en magnituds termodinàmiques com l'entalpia de dissolució fent comparacions amb valors teòrics coneguts incloent-hi determinacions d'entalpies d'hidratació de ions.

En aquest estudi només utilitzarem substàncies sòlides de fàcil manipulació i pesada. Es dissenyarà una activitat semblant tant per al nivell elemental com per al nivell superior però la demanda d'objectius serà diferent, en un cas es farà en funció de la massa (comparant per a 1 gram de solut) i en l'altre cas es farà en funció de la quantitat de substància comparant-les per 1 mol de solut dissolt.

El procediment establert serà ben simple: es dissol una quantitat coneguda del sòlid a estudiar en 100 mL d'aigua que hi són dins un recipient aïllat tèrmicament de l'exterior. La mesura de les temperatures del líquid abans i després ens permetrà fer comparacions qualitatives o calcular la calor absorbida o despresada. El mètode es pot fer extensiu a reaccions en fase líquida, per exemple de neutralització ja que necessitaran el mateix equip i sensors.

Caldrà tenir en compte en els resultats l'efecte del recipient on es facin les dissolucions, la qual cosa obligarà a determinar l'equivalent en aigua del calorímetre.

Quan la diferència de temperatures inicial i final sigui gran (per ex. 4 a 8°C) els possibles errors deguts al mètode seran petits, però als casos en què la temperatura inicial de l'aigua sigui semblant a la final (per exemple, una diferència de 0'5°C) les conclusions quantitatives podran tenir un error gran si no tenim en compte, a més del recipient, la temperatura del sòlid que es dissoldrà. Per tant seria idoni que tant les mostres de sòlids com el recipient i l'aigua siguin al mateix lloc un temps abans de començar l'activitat per tal d'assolir una mateixa temperatura inicial.

### ***Preparació general de les activitats***

A les activitats incloses s'ha fet servir com a calorímetre un termos de plàstic amb parets de "poliexpan", del tipus infantil, amb un tap foradat per introduir el sensor. La seva capacitat és de 200 cm<sup>3</sup>, però es faran servir només 100 cm<sup>3</sup>. Abans de tot haurem de determinar l'equivalent en aigua del termos per a un volum de líquid de 100 mL tot seguint un protocol que reproduceixi el que es farà quan es dissolguin els sòlids. Això formarà part de la primera activitat.

La segona activitat és destinada a l'alumnat d'ESO. La comparació entre els resultats obtinguts per als diferents sòlids es farà expressant les calors per gram de producte dissolt. I si no coneixen encara com calcular la calor a partir de l'increment de temperatura es pot fer una taula amb les variacions de temperatura observades a partir d'una mateixa massa de sòlids dissolts.

La tercera activitat està destinada a l'alumnat de Batxillerat o Cicles Formatius. En aquest cas el procediment serà el mateix, les masses de solut podran ser diferents, i els resultats es podran referir a 1 gram o a 1 mol de sòlid dissolt, la qual cosa suposa conèixer la fórmula del compost dissolt.

Com a sòlids per a l'estudi es poden triar seguint diferents alternatives:

- Que n'hi hagi d'exotèrmiques, d'endotèrmiques i de les que no produeixin canvis apreciables de temperatura. Aquesta elecció serà l'escollida per al nivell elemental.
- Que tinguin el mateix anió, si es vol fer un estudi comparatiu dels cations, per exemple, LiCl, NaCl, KCl,
- Que tinguin el mateix catió, si es vol fer un estudi comparatiu dels anions, per exemple, NaF, NaCl, NaBr, NaI.

La determinació exacta de la massa d'aigua del recipient s'hauria de fer mitjançant pesada abans i després d'abocar-la dins el termos. Dependent de les exigències quantitatives demanades es pot substituir per la mesura amb proveta de 100 mL, sempre que es faci amb la deguda correcció.

Els soluts que he fet servir en diferents proves han estat:

NaOH, LiCl han donat augment notable de temperatura

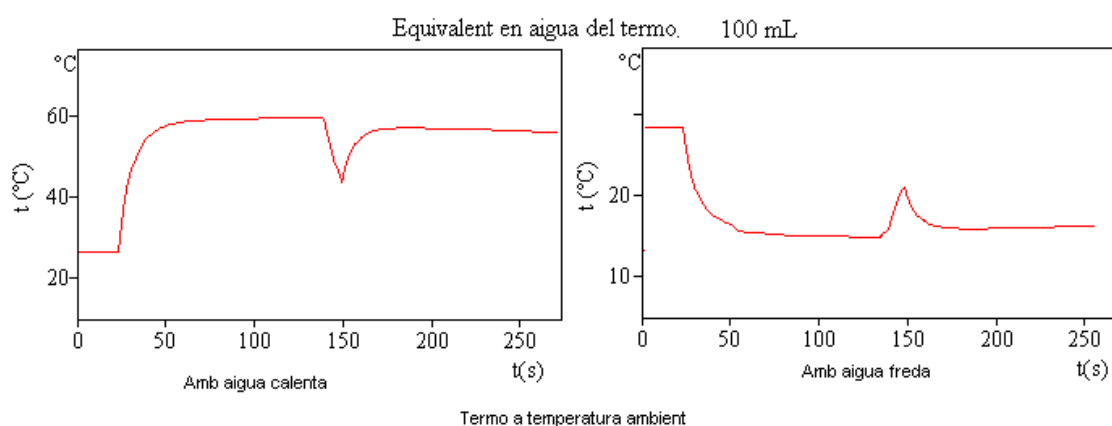
NaBr, NaI han donat petit augment de temperatura

NaF no ha donat canvi de temperatura

NaCl ha donat petita disminució de la temperatura

KCl, NH<sub>4</sub>Cl han donat disminució notable de temperatura

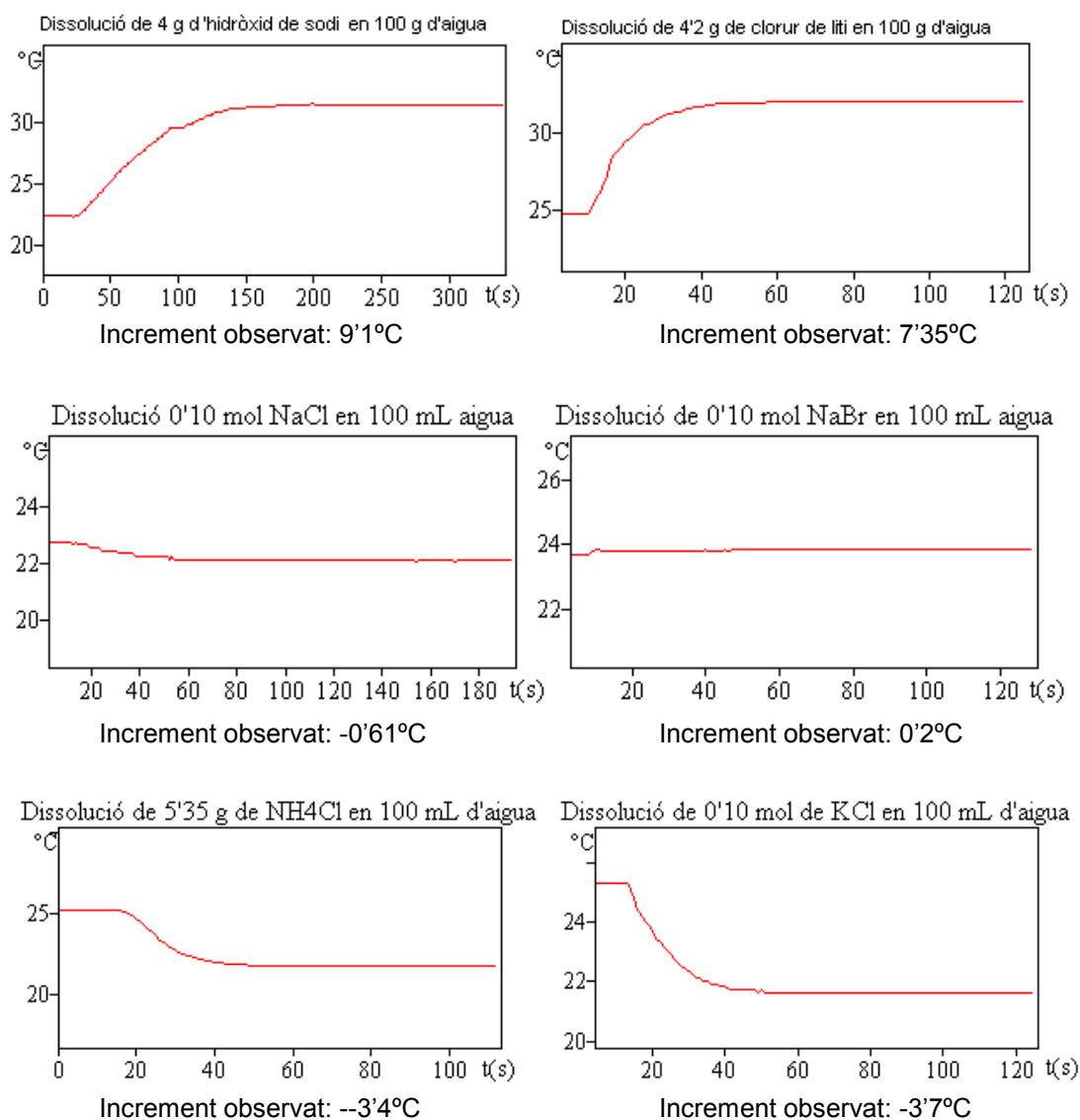
La determinació de l'equivalent en aigua del termos es pot fer mesurant la pèrdua de temperatura quan s'ha afegit aigua més calenta que el recipient o l'augment de temperatura si s'ha afegit aigua freda. Els gràfics obtinguts podrien ser com aquests:



Es pot veure el comportament del sensor de temperatura quan a l'assoliment del valor de la temperatura de l'aigua, no és immediat sinó que té un cert retard.

Els pics del mig es deuen al fet de treure el sensor de l'aigua al moment de vessar-la dins el calorímetre.

Els gràfics següents s'han obtingut en les diferents proves de dissolució dels sòlids indicats:



El càlculs de les calors de dissolució es farà mitjançant la fórmula  $Q = m \cdot c_e \cdot \Delta t$ . Als casos on la variació de temperatura sigui gran s'espera coincidència amb els valors teòrics obtinguts a partir de les entalpies de formació dels ions en dissolució aquosa. En el cas del clorur de sodi i semblants, si es vol fer un càlcul més rigorós s'hauria de tenir en compte la temperatura inicial del sòlid.

Ió	$\Delta H_f^0$	Ió	$\Delta H_f^0$	Ió	$\Delta H_f^0$
H <sup>1+</sup>	0'0	OH <sup>1-</sup>	-55'0	F <sup>1-</sup>	-78'7
Cl <sup>1-</sup>	-40'0	Br <sup>1-</sup>	-28'9	I <sup>1-</sup>	-13'4
CH <sub>3</sub> COO <sup>1-</sup>	-116'1	NH <sub>4</sub> <sup>1+</sup>	-31'7	Na <sup>1+</sup>	-57'3
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-217'0	NO <sub>3</sub> <sup>1-</sup>	-49'4	K <sup>1+</sup>	-60'0

Entalpies normals de formació dels ions en dissolució aquosa diluïda, a 25°C, en kcal/mol

## **A1. Determinació de l'equivalent en aigua del calorímetre (full per al professor/a)**

### **Nivell educatiu**

Aquesta activitat està redactada per fer-se amb alumnat de nivell superior al d'ESO.

### **Sensor**

Temperatura (-25°C - 110°C). No necessita calibratge.

Paràmetres de mesura: 1 mesura cada segon; 500 mesures.

### **Objectius:**

- Determinar el valor equivalent en aigua del calorímetre utilitzat.
- Revisar els conceptes relatius a les transferències de calor i a l'equilibri tèrmic.
- Interpretar els gràfics obtinguts.

### **Fonament teòric**

Dins del recipient que fa de calorímetre, al nostre cas un termos senzill, tindran lloc processos que transcorren amb cessió o absorció de calor. Quan hi ha despreniment de calor el líquid s'escalfa i també ho fa el material del termos, de manera que no tota l'energia transferida es queda en l'aigua i, per tant, l'augment de temperatura de l'aigua no és el que hauria de ser si el termos no intervingués.

Si el procés transcorre amb absorció de calor el líquid perd energia, es refreda, i també ho fa el material del termos que aporta una part de la calor transferida. La disminució de la temperatura de l'aigua no és la que hauria de ser si el termos no intervingués.

És, doncs, necessari saber quina participació té el recipient en aquestes transferències d'energia. El resultat s'expressa com la massa d'aigua equivalent que absorbeix o cedeix la mateixa calor que el calorímetre.

Com que a les següents activitats farem servir 100 g d'aigua i remourem el recipient per afavorir la dissolució i la uniformitat de temperatura, haurem de determinar aquest valor equivalent amb 100 g d'aigua de manera que la temperatura final sigui la mesurada en acabar de remenar el líquid.

### **Material i precaucions**

#### **Material i productes**

Sensor de temperatura.

Termos o recipient que es pugui considerar aïllat tèrmicament de l'exterior.

Vas de precipitats amb 100 mL d'aigua calenta (40°-60°C)

(Opcional) Vas de precipitats amb 100 mL d'aigua més freda (5 - 15°C).

Paper absorbent.

La temperatura de l'aigua (valors indicats entre parèntesi) dependrà de la temperatura de l'aula i, en concret, de la del termos. Els valors indicats s'han considerat per a un aula i un termos a 27°C

### **Precaucions**

El sensor és una vareta prima i llarga, cal tractar-la amb cura per tal de no doblegar-la.



En aquesta activitat és necessari agafar el sensor per l'extrem dels cables, on hi ha un plàstic negre.

### Procediment

Hauran de preparar l'equip necessari connectat i a punt de captar dades, amb els paràmetres de mesura adients. A la taula han de tenir el termos, un vas amb 100 mL d'aigua calenta i paper per eixugar eines i taula.

Posaran el sensor dins el termos buit, iniciaran la captació de dades i esperaran que el gràfic indiqui constància de temperatura (tindran una mesura acceptable de la temperatura del termos, potser sigui la mateixa que l'ambient, però no sempre serà així).

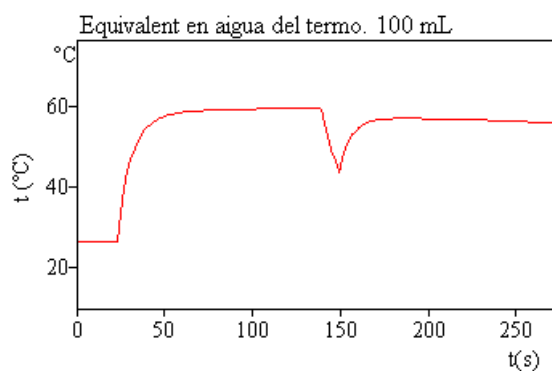
Tot seguit posaran el sensor dins l'aigua calenta del vas i esperaran que el gràfic indiqui temperatura constant.

A continuació abocaran l'aigua dins el termos, el tapan i introduiran el sensor pel forat del tap. Mouran una estona el termos fent girs suaus amb la mà con si volguessin ajudar a dissoldre un sòlid. Esperaran fins que el gràfic doni temperatura constant.

Tancaran la captació de dades si encara no ha acabat el temps. Posaran un títol (per exemple, *Equivalent en aigua del termos*), afegiran informació i desaran les dades amb el nom *Qdis\_Eq1*.

Si hi ha temps es pot repetir l'activitat amb aigua freda, operant de manera semblant. En aquest cas desaran les dades amb el nom *Qdis\_Eq2*.

Un possible resultat és aquest:



El pic intermedi correspon al moment en què es treu el sensor del vas, s'aboca l'aigua dins el termos i es torna a posar dins l'aigua.

Es pot observar que el sensor tarda un temps en assolir la temperatura de l'aigua calenta.

## A1. Determinació de l'equivalent en aigua del calorímetre (full per a l'alumne/a)

### Sensor

Sensor de temperatura. Paràmetres de mesura: 1 mesura cada segon; 500 punts.

### Fonament teòric

Dins del recipient que fa de calorímetre, tindran lloc processos que transcorren amb cessió o absorció de calor. És necessari saber quina participació té el recipient en aquestes transferències d'energia. El resultat s'expressarà com a la massa d'aigua equivalent que absorbeix o cedeix la mateixa calor que el calorímetre.

### Objectius:

- Determinar el valor equivalent en aigua del calorímetre utilitzat.
- Revisar els conceptes relatius a les transferències de calor i a l'equilibri tèrmic.
- Interpretar els gràfics obtinguts.

Podem prescindir de l'efecte del recipient, en càlculs aproximats (error < 5%)?

### Material i precaucions

#### Material i productes

Sensor de temperatura. Material de laboratori. Paper absorbent.

#### Precaucions

Tracteu amb cura el sensor per tal de no doblegar-lo. Agafeu-lo per l'extrem negre.

### Procediment



Haureu de mesurar la variació de temperatura de l'aigua deguda a la influència del material del termos que absorbeix o cedeix energia de l'aigua en forma de calor.



Mesureu amb el sensor la temperatura interior del termos buit. A continuació passeu el sensor a l'aigua del vas. Després, poseu l'aigua dins el termos i torneu a mesurar la temperatura de l'aigua. A cada mesura heu d'esperar fins que el gràfic doni temperatura constant.

En acabar, tanqueu la captació de dades si encara no ha acabat el temps. Poseu un títol (per exemple, *Equivalent en aigua del termos*), afegiu informació (per exemple, *ordre de les mesures*., *termos*, *aigua en vas*, *aigua en termos*) i deseu les dades amb el nom *Qdis\_Eq1*.

Si repetiu el mateix amb aigua freda, poseu com a nom del fitxer *Qdis\_Eq2*.

### Tractament de les dades

Temperatura inicial del termos:  $t = \dots\dots$

Temperatura final del termos:  $t = \dots\dots$

Temperatura inicial de l'aigua:  $t = \dots\dots$

Temperatura final de l'aigua:  $t = \dots\dots$

Variacions de temperatura:  $\Delta t_{\text{termos}} = \dots\dots$

:  $\Delta t_{\text{aigua}} = \dots\dots$

Anoteu (al darrera) també els valors corresponents, si heu fet mesures amb aigua freda.

## B1. Conclusions i preguntes finals

1. Quant temps triga el sensor en assolir l'equilibri tèrmic amb l'aigua del vas?

En  $Q_{dis\_Eq1}$ :

2. Dóna una explicació de la disminució de temperatura (si n'hi ha al teu gràfic) que es pot observar al final del procés de mesura en  $Q_{dis\_Eq1}$ . Pot ser hi hagi disminució encara que no es vegi al gràfic. Cal arrossegar un punter per adonar-se'n.

3. Explica quines transferències d'energia ha hagut i quins sistemes han estat implicats. Escriu una expressió matemàtica que permeti calcular el valor de l'energia transferida en forma de calor.

4. Calcula l'equivalent en aigua del termos per a les activitats amb 100 g d'aigua.

5. Podem prescindir de l'efecte del recipient, en càlculs aproximats (error < 5%)?

## **A2. Comportament de les substàncies en dissoldre's (Full del professor/a)**

### **Nivell educatiu**

Aquesta activitat està redactada per fer-se amb alumnat d'ESO.

### **Sensor**

Temperatura (-25°C - 110°C). No necessita calibratge.

Paràmetres de mesura: 1 mesura cada segon; 500 mesures.

### **Objectius:**

- Observar el comportament d'algunes substàncies en dissoldre's en aigua.
- Determinar la calor produïda en dissoldre 3 g de cada sòlid.
- Interpretar els gràfics obtinguts.

### **Fonament teòric**

Els sòlids estan formats per partícules molt petites unides entre sí amb unes forces anomenades enllaços. Quan un sòlid es mescla amb aigua a vegades les partícules segueixen unides i el sòlid no es dissol (per exemple, la sorra, el guix). Moltes vegades les partícules es separen ja que l'aigua és capaç de trencar els enllaços; aleshores, diem que el sòlid s'ha dissolt (com passa amb la sal comuna i el sucre).

Les partícules aïllades són tan petites que no es veuen.

El fet de que les partícules puguin estar rodejades de partícules d'aigua dona estabilitat i desprèn energia. El fet de trencar les partícules del sòlid necessita energia. Per tant, en aquest procés de dissolució pot sobrar energia en forma de calor (l'aigua s'escalfarà) i també pot necessitar energia que agafa de l'aigua (això ho sabrem perquè l'aigua es refredarà).

En aquesta activitat es comprovarà que això és cert ja que es mesurarà la temperatura de l'aigua abans i després de dissoldre les substàncies i es podrà observar com augmenta o disminueix o no canvia, segons el tipus de sòlid.

### **Material, productes químics i precaucions**

#### **Material**

Sensor de temperatura.

Termos o recipient que es pugui considerar aïllat tèrmicament de l'exterior, amb un forat al tap de diàmetre adient per introduir el sensor sense dificultat.

Vas o proveta de 100 mL.

Vareta de vidre, per si es necessita per ajudar a abocar els sòlids dins el termos.

Paper absorbent.

#### **Productes**

Es tindran preparats 3 g de cada producte en un petit flascó tapat. Si convé es podran pesar al moment.

#### **PRECAUCIONS**

Mai s'han de tastar les substàncies utilitzades al laboratori. No hi ha necessitat de tocar-les amb les mans però si això succeeix s'han de rentar les mans amb aigua.

El sensor és una vareta prima i llarga, cal tractar-la amb cura per tal de no doblegar-la. En aquesta activitat és convenient agafar el sensor per l'extrem dels cables, on hi ha un plàstic negre.

### Procediment

Prepararan l'equip necessari ben connectat i a punt de captar dades, amb els paràmetres de mesura adients. A la taula han de tenir, a més del sensor, el termos, un vas o proveta amb 100 mL d'aigua i paper per eixugar eines i taula. També els diferents productes que s'hagin de dissoldre. En aquest cas són:

1. Hidròxid de sodi (sosa càustica) o, en el seu defecte, clorur de liti.
2. Clorur de potassi
3. Clorur de sodi (sal comuna)

### Primera part

Vessaran l'aigua dins el termos, el taparan i hi afegiran el sensor a través del forat del tap. Iniciarán la captació de dades.

Convé que mirin el gràfic que es dibuixa a la pantalla. Quan vegin que la temperatura sembla constant (línia horitzontal) destaparan amb cura, afegiran el primer sòlid i tornaran a tapar. Hauran de comprovar que el sensor arriba al fons a través del forat del tap. Hauran de moure suaument el termos per tal d'ajudar a dissoldre el sòlid.

Quan es vegi que la temperatura torna a romandre constant durant un cert temps aturaran la captació de dades. Posaran un títol a la finestra (per exemple, *Dissolució de 3 g d'hidròxid de sodi en 100 g d'aigua*), afegiran la informació que es vulgui i desaran les dades amb el nom *Dis\_NaOH*.

A continuació han de deixar el tap del termos amb el sensor a la taula, eixugats amb el paper i han de netejar l'interior termos aclarint-lo amb aigua un parell de vegades. Tot seguit han d'agafar altres 100 mL d'aigua per a la segona part.

### Segona part

Han de repetir el mateix procediment amb el segon sòlid disponible, per exemple, el clorur de potassi. Llegiran el que s'ha dit a la primera part i operaran d'igual manera. En aquest cas el títol serà *Dissolució de 3 g de clorur de potassi en 100 g d'aigua*. I el fitxer amb les dades s'anomenarà *Dis\_KCl*.

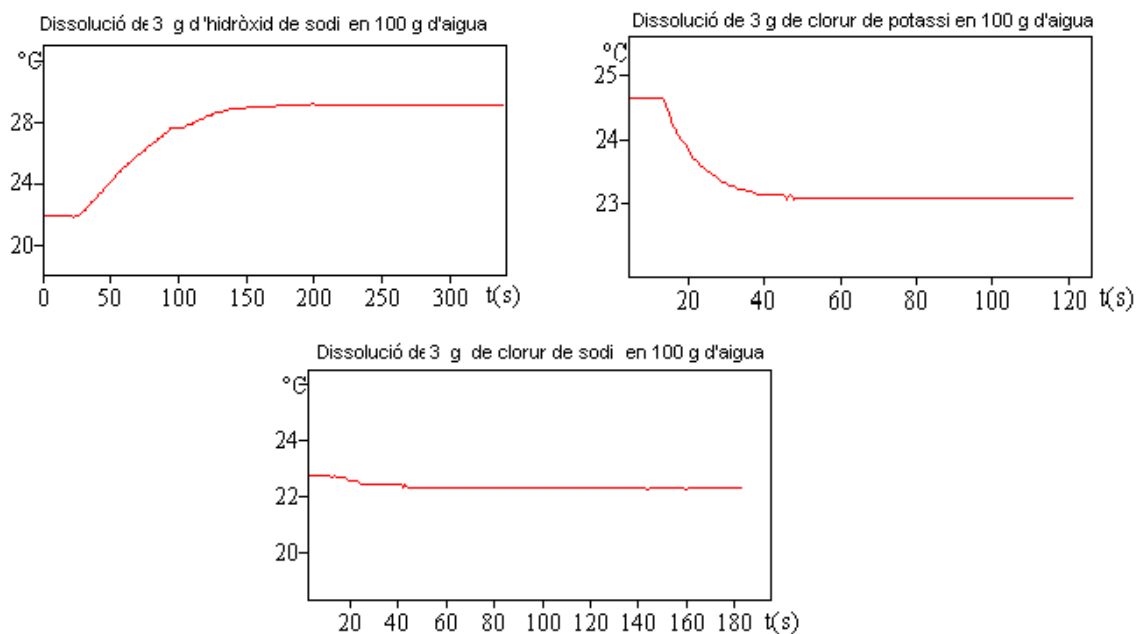
En acabar hauran d'eixugar el tap i el sensor amb el paper, hauran d'aclarir el termos com abans i mesurar altres 100 mL d'aigua.

### Tercera part

Han de repetir el mateix procediment amb el tercer sòlid disponible, per exemple, el clorur de sodi o sal comuna. Llegiran el que s'ha dit a la primera part i operan d'igual manera. En aquest cas el títol serà *Dissolució de 3 g de clorur de sodi en 100 g d'aigua*. I el fitxer amb les dades s'anomenarà *Dis\_NaCl*.

En acabar hauran d'eixugar el tap i el sensor amb el paper, aclarir el termos i deixar-lo a la safata. No s'ha d'oblidar netejar els sensors amb aigua o amb un drap o paper mullat.

El resultat pot ser semblant al d'aquests gràfics:




La determinació de la temperatura final es pot fer en acabar cada part, abans de tancar la finestra gràfica, o al final, tornant a carregar els fitxers corresponents.


El perill establert per als productes que s'utilitzen és:

Per al clorur de sodi i clorur de potassi, cap perill.



L'hidròxid de sodi sòlid es considera **irritant** amb pictograma , que s'inclou en tots els envasos que contenen substàncies que poden provocar cremades greus i destrucció de totes les capes de la pell per contacte directe.



El clorur de liti sòlid es considera **nociu**, amb pictograma  (Xn), corresponent a productes tòxics i/o irritants en contacte amb la pell.

## A2. Comportament de les substàncies en la dissolució (Full pera l'alumne/a)

### Sensor

Temperatura. Paràmetres de mesura: 1 mesura cada segon; 500 punts.

### Objectius:

- Observar el comportament d'algunes substàncies en dissoldre's en aigua.
- Determinar la calor produïda en dissoldre 3 g de cada sòlid.
- Interpretar els gràfics obtinguts.

L'aspecte del sòlid, ens dóna informació de la calor que és capaç de donar o rebre, en dissoldre's en aigua?

### Fonament teòric

Quan un sòlid es mescla amb aigua moltes vegades les partícules es separen ja que l'aigua és capaç de trencar els enllaços; aleshores, diem que el sòlid s'ha dissolt (com passa amb la sal comuna i el sucre). El fet de que les partícules puguin estar rodejades de partícules d'aigua dóna estabilitat i desprèn energia. El fet de trencar les partícules del sòlid necessita energia. Per tant, en aquest procés de dissolució pot sobrar energia en forma de calor (l'aigua s'escalfarà) i també pot necessitar energia que agafa de l'aigua (això ho sabrem perquè l'aigua es refredarà).

### Material, productes químics i precaucions

#### Material

Sensor de temperatura. Material de laboratori. Paper absorbent.

#### Productes

3 g de cada producte en un petit flascó tapat. Aigua de l'aixeta.

#### Precaucions

Mai s'han de tastar les substàncies utilitzades al laboratori. No hi ha necessitat de tocar-les amb les mans però si això succeeix us heu de rentar les mans amb aigua.

Tracteu amb cura el sensor per tal de no doblegar-lo.

### Procediment



El que haureu de fer és mesurar la temperatura de l'aigua abans i després de dissoldre el sòlid. Cada vegada seguireu les mateixes instruccions.



A la taula heu de tenir, a més del sensor, el termos, un vas o proveta amb 100 mL d'aigua i paper per eixugar eines i taula. També els diferents productes que s'hagin de dissoldre. En aquest cas són:

1. Hidròxid de sodi (sosa càustica).
2. Clorur de potassi.
3. Clorur de sodi (sal comuna).

### Primera part

Vesseeu l'aigua dins el termos, tapeu-lo i hi afegiu el sensor a través del forat del tap. Inicieu la captació de dades.

Quan vegeu que la temperatura sembla constant (línia horitzontal) destapeu amb cura, afegiu el primer sòlid i torneu a tancar. Comproveu que el sensor arriba al fons a través del forat del tap. Haureu de moure suaument el termos per ajudar a dissoldre el sòlid.

Quan vegeu que la temperatura torna a romandre constant durant un cert temps atureu la captació de dades. Poseu un títol a la finestra (per exemple, *Dissolució de 3 g d'hidròxid de sodi en 100 g d'aigua*), afegiu la informació que es vulgui i deseu les dades amb el nom *Dis\_NaOH*. Si cal, podeu mesurar ara l'increment de temperatura.  $\Delta t = \dots\dots\dots$  °C

A continuació heu de deixar el tap del termos amb el sensor a la taula, eixugats amb el paper i heu de netejar l'interior termos aclarint-lo amb aigua un parell de vegades. Tot seguit agafareu altres 100 mL d'aigua per a la segona part.

### Segona part

Hau de repetir el mateix procediment amb el segon sòlid disponible. En aquest cas el títol serà *Dissolució de 3 g de clorur de potassi en 100 g d'aigua*. I el fitxer amb les dades s'anomenarà *Dis\_KCl*. Aclareu i eixugareu el material com abans. Si cal, podeu mesurar ara l'increment de temperatura.  $\Delta t = \dots\dots\dots$  °C

### Tercera part

Heu de repetir el mateix procediment amb el tercer sòlid disponible. En aquest cas el títol serà *Dissolució de 3 g de clorur de sodi en 100 g d'aigua*. I el fitxer amb les dades s'anomenarà *Dis\_NaCl*. Si cal, podeu mesurar ara l'increment de temperatura.  $\Delta t = \dots\dots\dots$  °C

En acabar haureu d'eixugar el tap i el sensor amb el paper, aclarir el termos i deixar-lo a la safata.

### Tractament de les dades

Amb les eines del programa determineu la variació de temperatura que hi ha hagut en cada cas:

- |                    |                    |                                 |
|--------------------|--------------------|---------------------------------|
| 1. <i>Dis_NaOH</i> | Hidròxid de sodi:  | $\Delta t = \dots\dots\dots$ °C |
| 2. <i>Dis_KCl</i>  | Clorur de potassi: | $\Delta t = \dots\dots\dots$ °C |
| 3. <i>Dis_NaCl</i> | Clorur de sodi:    | $\Delta t = \dots\dots\dots$ °C |



## E1. Conclusions i preguntes finals

1. Fixa't al nom de cada substància utilitzada i el nom que s'ha posat al fitxer de dades. Per a aquest nom s'ha fet servir la fórmula que els científics donen a la substància (NaOH, KCl, NaCl). Comparant les parelles de noms dedueix com simbolitzen els científics de la substància anomenada **sodi**. I el **potassi**, com es simbolitza?
2. Tenint en compte que la paraula "clorur" deriva de la substància anomenada **clor** quina relació hi ha entre el clor, el sodi i el clorur de sodi?
3. D'on ha sortit l'energia que ha escalfat l'aigua a la primera part?
4. A on ha anat a parar l'energia que perdut l'aigua a la segona part?
5. Calcula la calor que ha guanyat o perdut l'aigua en els tres casos a partir de la fórmula:  
 $Q = m \cdot 4,18 \cdot \Delta t$  (la massa en grams, la calor el joules)  
Per al NaOH:  $Q =$   
Per al KCl:  $Q =$   
Per al NaCl:  $Q =$
6. L'aspecte del sòlid, ens dóna informació de la calor que és capaç de donar o rebre, en dissoldre's en aigua?

### **A3. Determinació d'Entalpies molars de dissolució (full per al professor/a).**

#### **Nivell educatiu**

Aquesta activitat està redactada per fer-se amb alumnat d'ensenyament secundari post-obligatori

#### **Sensor**

Temperatura (-25°C - 110°C). No necessita calibratge.

Paràmetres de mesura: 1 mesura cada segon; 500 mesures.

#### **Objectius:**

- Observar i interpretar la dissolució de determinats sòlids en aigua.
- Determinar la calor produïda en dissoldre 1 mol de cada sòlid.
- Interpretar els gràfics obtinguts.

#### **Fonament teòric**

Els sòlids estan formats per partícules (ions, molècules, àtoms) unides entre sí amb unes forces anomenades enllaços. Quan un sòlid es mescla amb aigua a vegades les partícules segueixen unides i el sòlid no es dissol (per exemple, la sorra i el guix). Moltes vegades les partícules es separen ja que l'aigua és capaç de trencar els enllaços; aleshores, diem que el sòlid s'ha dissolt (com passa amb la sal comuna i el sucre). En aquest procés de separació es pot originar calor i el notarem perquè l'aigua s'escalfarà; però també pot necessitar calor i ho sabrem perquè l'aigua es refredarà.

Les substàncies utilitzades en aquesta activitat estan formades per ions. Quan el sòlid es dissol els ions es rodegen de molècules d'aigua: els ions s'hidraten. Aquesta hidratació suposa, en molts casos, un guany d'estabilitat i proporciona l'energia necessària per trencar els enllaços entre els ions del sòlid. Si aquesta energia supera la necessària per trencar els enllaços l'excés escalfarà l'aigua. Si no la supera, el trencament dels enllaços pot necessitar energia tèrmica de l'aigua, i aquesta es refredarà.

En aquesta activitat es mesurarà la temperatura de l'aigua abans i després de dissoldre les substàncies i, a partir de l'increment existent, determinaran l'entalpia molar de dissolució.

#### **Material, productes químics i precaucions**

##### **MATERIAL**

Sensor de temperatura.

Termos o recipient que es pugui considerar aïllat tèrmicament de l'exterior, amb un forat al tap de diàmetre adient per introduir el sensor sense dificultat.

Vas o proveta de 100 mL.

Vareta de vidre, per si es necessita per ajudar a abocar els sòlids dins el termos.

Paper absorbent.

##### **PRODUCTES**

Es tindran preparats 0'10 mol (o menys, si convé, però igual per a tots) de cada producte en un petit flascó tapat. Millor si es pesa al moment.

## PRECAUCIONS

Mai s'han de tastar les substàncies utilitzades al laboratori. No hi ha necessitat de tocar-les amb les mans però si això succeeix han de rentar-se les mans amb aigua.

El sensor és una vareta prima i llarga, cal tractar-la amb cura per tal de no doblegar-la. En aquesta activitat és necessari agafar el sensor per l'extrem dels cables, on hi ha un plàstic negre.

## Procediment

Cada grup ha de mesurar l'augment de temperatura produït per la dissolució de la massa de sòlids rebuts, que poden ser tots o repartits de dos en dos entre els grups de treball.

Prepararan l'equip necessari ben connectat i a punt de captar dades, amb els paràmetres de mesura adients. A la taula han de tenir, a més del sensor, el termos, un vas o proveta de 100 mL i paper per eixugar eines i taula.

Els diferents productes que s'hagin de dissoldre poden ser el següents. Es pot estudiar un sòlid per grup d'alumnes i, en acabar, comparar resultats.

1. NaOH: 0'10 mol = ..... g
2. KCl: 0'10 mol = ..... g
3. NaCl: 0'10 mol = ..... g
4. NH<sub>4</sub>Cl: 0'10 mol = ..... g
5. LiCl: 0'10 mol = ..... g

## Primera part

Pesaran dins el termos 100 g d'aigua i, a part, pesaran la quantitat corresponent de substància que s'hagi de dissoldre. Taparan el termos i afegiran el sensor a través del forat del tap. Iniciarán la captació de la temperatura de l'aigua.

Miraran el gràfic que es dibuixa a la pantalla. Quan vegin que la temperatura sembla constant (línia horitzontal) destaparan amb cura, afegiran el sòlid i tornaran a tapar. Hauran de comprovar que el sensor arriba al fons a través del forat del tap. Mouran suaument el termos per tal d'ajudar a dissoldre el sòlid, la qual cosa s'haurà de comprovar abans de donar per acabada la fase de mesures.

Quan es vegi que la temperatura torna a romandre constant durant un cert temps aturaran la captació de dades. Posaran un títol a la finestra (per exemple, *Dissolució de 0'10 mol de ..... en 100 g d'aigua*), afegiran la informació que es vulgui i deseuen les dades amb el nom *Dis\_\*\*\*\**. Els asteriscs \*\*\*\* fan referència a la substància, per exemple *naoh, kcl, nacl, licl, nhcl*.

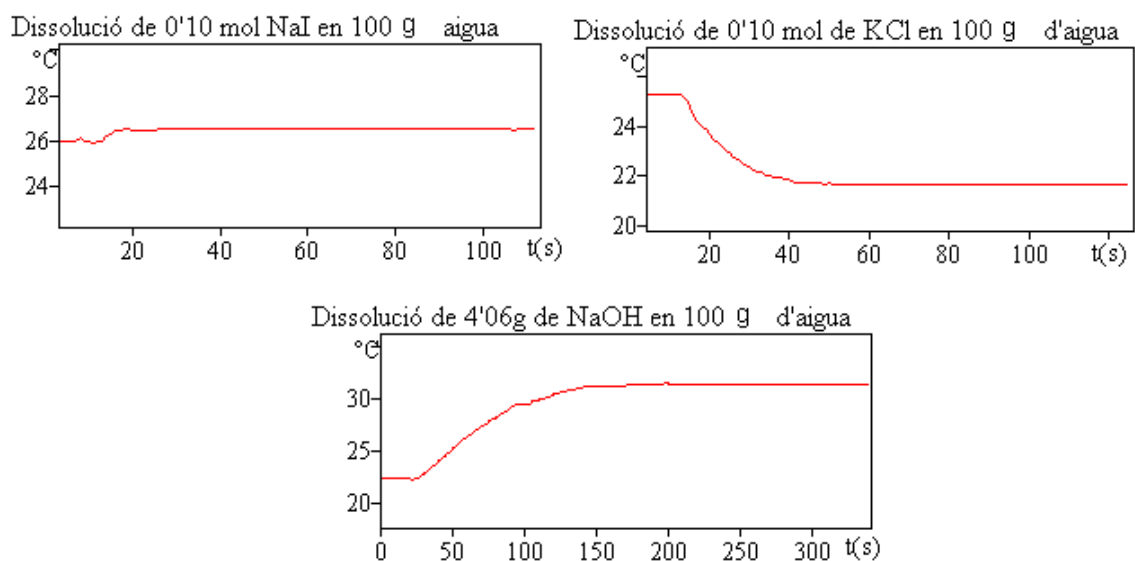
A continuació deixaran el tap del termos i el sensor a la taula, eixugats amb el paper, i netejaran l'interior termos aclarint-lo amb aigua un parell de vegades. Si han de fer altra mesura, hauran de pesar altres 100 g d'aigua per a la segona part.

## Segona part

Si fan altra mesura hauran de repetir el mateix procediment amb el segon sòlid disponible. Llegiran el que s'ha dit a la primera part i operaran d'igual manera. Posaran un títol al gràfic semblant a l'anterior (*Dissolució de 0'10 mol de ..... en 100 g d'aigua*). I el fitxer amb les dades s'anomenarà, també, *Dis\_\*\*\*\**.

En acabar hauran d'eixugar el tap i el sensor amb el paper, aclariran el termos com abans i deixaran el material a la safata.


El resultat pot ser semblant al d'aquests gràfics:



El perill establert per a les substàncies utilitzades és:

Per al clorur de sodi i el clorur de potassi, cap perill.



L'hidròxid de sodi sòlid es considera **irritant** amb pictograma , que s'inclou en tots els envasos que contenen substàncies que poden provocar cremades greus i destrucció de totes les capes de la pell per contacte directe.

El clorur de liti sòlid i el clorur d'amoní sòlid es consideren **nocius**, amb pictograma



(Xn), corresponent a productes tòxics i/o irritants en contacte amb la pell.

### A3. Determinació d'Entalpies molars de dissolució (full de l'alumne/a).

#### Sensor

Temperatura. Paràmetres de mesura: 1 mesura cada segon; 500 punts.

#### Fonament teòric

Les substàncies utilitzades en aquesta activitat estan formades per ions. Quan el sòlid es dissol els ions es rodegen de molècules d'aigua: els ions s'hidraten. Aquesta hidratació suposa, en molts casos, un guany d'estabilitat i proporciona energia per trencar els enllaços entre els ions del sòlid. Si aquesta energia supera la necessària per trencar els enllaços l'excés escalfarà l'aigua. Si no la supera, el trencament dels enllaços pot necessitar energia tèrmica de l'aigua, i aquesta es refredarà. Haureu de tenir en compte l'efecte del termos.

#### Objectius:

- Observar i interpretar la dissolució de determinats sòlids en aigua.
- Determinar la calor produïda en dissoldre 1 mol de cada sòlid.
- Interpretar els gràfics obtinguts.

Resulta difícil determinar l'entalpia molar de dissolució d'un sòlid iònic?

#### Material, productes químics i precaucions

##### MATERIAL

Sensor de temperatura. Material de laboratori. Paper absorbent.

##### PRODUCTES

Es tindran preparats ..... mols de cada producte en un petit flascó tapat. Aigua de l'aixeta.

##### PRECAUCIONS

Mai heu de tastar les substàncies utilitzades al laboratori. No hi ha necessitat de tocar amb les mans les substàncies que s'utilitzen però si això succeeix heu de rentar-vos les mans amb aigua.

Tracteu amb cura el sensor per tal de no doblegar-lo.

#### Procediment



El que heu de fer és determinar la temperatura de l'aigua dins el termos abans i després de dissoldre el sòlid. Tingueu en compte que:

- el sensor tarda un cert temps en assolir l'equilibri tèrmic amb l'aigua,
- el sòlid s'ha de dissoldre completament



Anoteu la massa corresponent a ..... mols de sòlid a dissoldre.  $m$  (.....) = ..... g  
La quantitat d'aigua (100'0 g) l'obtindreu, si és possible, mitjançant pesada.

En acabar les mesures parareu la captació de dades, posareu un títol a la finestra (per exemple, *Dissolució de ..... mol de ..... en 100 g d'aigua*), afegireu la informació que vulgueu i desareu les dades amb el nom *Dis\_\*\*\*\**. Els asteriscs \*\*\*\* fan referència a la substància, per exemple *naoh, kcl, nacl, licl, nhcl*.

Si heu de fer altra mesura, pesareu altres 100 g d'aigua per a la segona part.

**Tractament de les dades**

1. Amb les eines del programa determineu la variació de temperatura que hi ha hagut en cada cas i preneu nota de les variacions dels altres grups:

<u>Grup</u>	<u>Sòlid dissolt</u>	<u>Massa (g)</u>	<u><math>\Delta t(^{\circ}\text{C})</math></u>
-------------	----------------------	------------------	--

1

2

3

4

5

2. Anoteu l'equivalent en aigua del termos:

$$m_{\text{eq}} (\text{termos}) = \dots\dots\dots \text{ g}$$

## B2. Conclusions i preguntes finals.

1. A partir de les dades mesurades per tots els grups completa la següent taula, tenint en compte el valor de l'equivalent en aigua del termos.

Grup	Sòlid dissolt	Q (J)	n (mol)	$\Delta H^0$ (kJ/mol)
1				
2				
3				
4				
5				

2. A partir dels valors de la taula calcula el valor teòric de l'entalpia de dissolució de la substància estudiada pel grup i compara-la amb el valor experimental.

$$\Delta H_{\text{dissolució}} = \sum \Delta H_f(\text{ions}) - \sum \Delta H_f(\text{solut})$$

Entalpies estàndard de formació dels ions en dissolució aquosa diluïda, a 25°C, en kcal/mol						Entalpies estàndard de formació en kcal/mol			
Ió	$\Delta H_f^0$	Ió	$\Delta H_f^0$	Ió	$\Delta H_f^0$	Sal	$\Delta H_f^0$	Sal	$\Delta H_f^0$
H <sup>1+</sup>	0'0	OH <sup>1-</sup>	-55'0	F <sup>1-</sup>	-78'7	NaCl	-98'2	LiCl	-97'0
Cl <sup>1-</sup>	-40'0	Br <sup>1-</sup>	-28'9	I <sup>1-</sup>	-13'4	NaBr	-86'0	KCl	-104'2
CH <sub>3</sub> COO <sup>1-</sup>	-116'1	NH <sub>4</sub> <sup>1+</sup>	-31'7	Na <sup>1+</sup>	-57'3	NaI	-68'8	NaOH	-102'0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-217'0	NO <sub>3</sub> <sup>1-</sup>	-49'4	K <sup>1+</sup>	-60'0	NaF	-136'0	NH <sub>4</sub> Cl	-75'4

Entalpies normals de formació a 25°C, en kcal/mol. 1 kcal = 4'18 kJ

Sal dissolta:

Valor experimental:  $\Delta H_{\text{dis}} =$

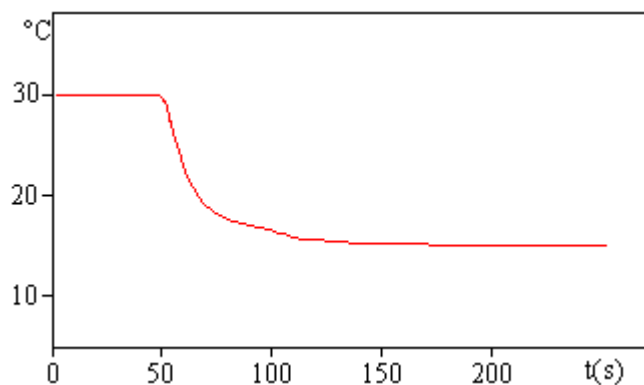
Valor teòric:  $\Delta H_{\text{dis}} =$

3. Observant la taula digues una regla de variació de l'entalpia estàndard de formació dels halurs de sodi, dels clorurs dels metalls alcalins i dels ions halurs.

4. Resulta difícil determinar l'entalpia molar de dissolució d'un sòlid iònic soluble en aigua?

**AE. Avaluació de l'activitat *Comportament de les substàncies en dissoldre's.***

1. Fes un dibuix i posa el nom corresponent al material que has fet servir en aquesta activitat. No cal considerar l'ordinador.
2. Per quina raó fem servir un termos? No es podria fer el mateix amb un vas de vidre? I amb un vas de metall? Explica-ho.
3. Aquest gràfic s'ha obtingut dissolent 5'0 g d'una substància en 200 g d'aigua. El sòlid s'ha abocat als 50 segons



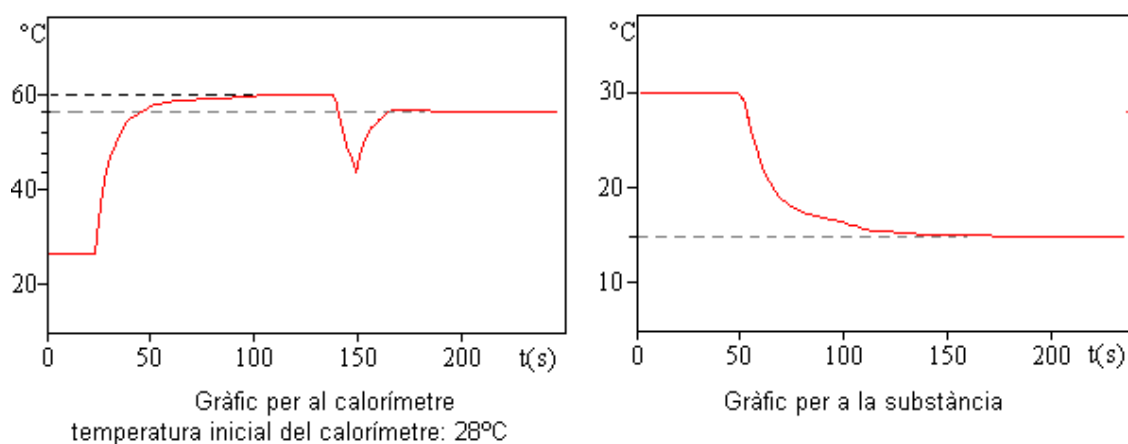
Calcula la calor que s'ha transferit.

4. Dóna una explicació científica al que ha passat a la dissolució indicada a la pregunta anterior.



**AB. Avaluació de l'activitat *Entalpies molars de dissolució***

1. Explica en què consisteix el procés de dissolució i raona d'on prové l'energia que les substàncies químiques desprenen o absorbeixen.
2. El segon gràfic s'ha obtingut dissolvent 6'67 g de sulfat d'amoni en 200'0 g d'aigua. El primer gràfic correspon a la determinació de l'equivalent en aigua del calorímetre amb 200 g d'aigua.



Determina l'entalpia de dissolució molar del sulfat d'amoni.

3. Determina l'entalpia estàndard de formació de l'ió zinc en dissolució sabent que quan s'afegeixen 0'100 mols de clorur de zinc a 200 g d'aigua la temperatura del líquid canvia 21'1°C a 28'2°C. L'equivalent en aigua del calorímetre és 20 g.  
Dades:  $\Delta H_f^0(\text{Cl}^{1-}) = -167'2 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H_f^0(\text{ZnCl}_2(\text{s})) = -415'5 \text{ kJ/mol}$ ;

## Altres propostes

1. El mateix procediment es pot aplicar a la determinació de calors de reacció, per exemple entre HCl i NaOH
2. Es pot ampliar l'anterior proposta a l'estudi de l'acompliment de la llei de Hess si es determinen les entalpies dels processos:
  - dissolució del NaOH
  - reacció  $\text{NaOH(aq)} + \text{HCl (aq)}$
  - reacció  $\text{NaOH(s)} + \text{HCl (aq)}$
3. Determinar la calor d'hidratació de sals anhidres, per exemple del sulfat de coure(II).
4. Determinació de calors específics de metalls i altres materials per l'augment de temperatura produït en afegir a una massa d'aigua una massa determinada del material que es troba a una temperatura coneguda.
5. La mesura de la calor de reacció entre HCl i NaOH (tots dos dissolts) permet estudiar el cas d'un reactiu en excés i veure com, efectivament, no reacciona.

S'ha estudiat la reacció  $\text{HCl(aq)} + \text{NaOH (aq)}$ , exotèrmica, fent intervenir els reactius en les diferents proporcions, mantenint sempre la mateixa quantitat de líquid:

1. 50 mL NaOH 0'5 mol/L + 50 mL HCl 1 mol/L (1 g NaOH + 1'82 g HCl)
2. 50 mL NaOH 1'0 mol/L + 50 mL HCl 1 mol/L (2 g NaOH + 1'82 g HCl)
3. 50 mL NaOH 2'0 mol/L + 50 mL HCl 1 mol/L (4 g NaOH + 1'82 g HCl)

Les mesures de temperatura han estat:

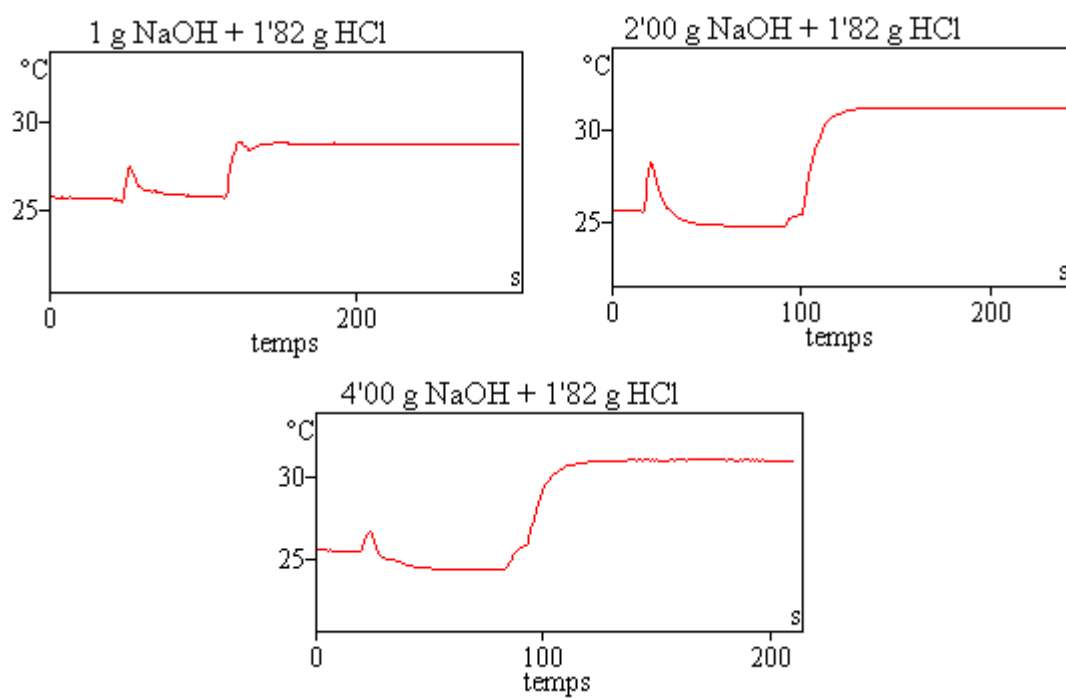
Cas 1.	$T_{\text{àcid}} = 25'6^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{base}} = 25'8^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{final}} = 28'8^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 3'1^{\circ}\text{C}$
Cas 2: .	$T_{\text{àcid}} = 25'6^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{base}} = 24'8^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{final}} = 31'4^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 6'2^{\circ}\text{C}$
Cas 3: .	$T_{\text{àcid}} = 25'6^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{base}} = 24'4^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{final}} = 31'3^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 6'4^{\circ}\text{C}$

L'àcid es va tenir al laboratori i al moment de l'experiència la seva temperatura va ser  $25'6^{\circ}\text{C}$ . La base es vessava al termos i com aquest es rentava després de cada mesura la temperatura inicial era diferent en cada cas. Com s'ha pogut deduir, l'àcid s'afegia a la base.

Els increments s'han calculat a partir de la temperatura mitjana de l'àcid i de la base, ja que partíem del mateix volum (50 mL).

Es pot veure comparant els casos 2 i 3 que, encara que la massa de NaOH hagi estat el doble (4 g), la calor produïda ha estat la mateixa. O sigui només han reaccionat 2 g, la resta sobra. Entre el cas 1 i el 2 es pot veure que la calor s'ha duplicat, degut a que ha reaccionat el doble.

El càlcul de la calor de reacció hauria de tenir en compte l'equivalent en aigua del termos.



**Full de respostes i comentaris addicionals****B1.**

1. Dependrà de cada cas. Per als gràfics inclosos a l'explicació,  
En *Qdis\_Eq1*: uns 90 s, depèn del punt on es consideri assolida la temperatura final.  
En *Qdis\_Eq2*: també uns 90 s.
2. Pot ser deguda al refredament produït en remenar quan l'aigua mulla la paret superior més freda. També que el sistema va transferint calor cap a la resta del material o cap a l'exterior.
3. En *Qdis\_Eq1* l'aigua ha perdut energia. El termos l'ha guanyat. En *Qdis\_Eq2* és l'aigua qui guanya energia i el termos qui la perd. Haurem de suposar que totes dues variacions són iguals però de signe contrari.

$$\text{Aigua : } Q = m \cdot c_e \cdot \Delta t_{\text{aigua}} \qquad \text{Termos: } Q = m_{\text{eq}} \cdot c_e \cdot \Delta t_{\text{termo}}$$

$m_{\text{eq}}$  és l'equivalent en aigua del termos. I  $c_e$  és la capacitat calorífica específica de l'aigua (a vegades anomenada calor específica),

$$c_e = 1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} = 4'18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 4'18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 4'18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Convé recordar que el adjectiu "específic/a" fa referència al gram o al quilogram.

4. Suposarem variacions de l'exemple anterior:  $\Delta t_{\text{aigua}} = 2'9^\circ\text{C}$      $\Delta t_{\text{termo}} = 30'5^\circ\text{C}$

Igualant les dues expressions anteriors tenim:  $m \cdot c_e \cdot \Delta t_{\text{aigua}} = m_{\text{eq}} \cdot c_e \cdot \Delta t_{\text{termo}}$

$$\text{Simplificant: } m \cdot \Delta t_{\text{aigua}} = m_{\text{eq}} \cdot \Delta t_{\text{termo}} ; \quad 100 \cdot 2'9 = m_{\text{eq}} \cdot 30'5; \quad m_{\text{eq}} = 9'5 \text{ g}$$

Per a *Qdis\_Eq2*:  $\Delta t_{\text{aigua}} = 1'1^\circ\text{C}$      $\Delta t_{\text{termo}} = 12^\circ\text{C}$

$$100 \cdot 1'1 = m_{\text{eq}} \cdot 12; \quad m_{\text{eq}} = 9'2 \text{ g, més o menys el mateix valor}$$

Es pot agafar un valor de 9'4 g.

5. Per a 100 g d'aigua calenta el material del termos es comporta com si fossin 9'5 g d'aigua, és com si perdéssim la calor absorbida per 9'5 g en un total de 109'5 g d'aigua, lo qual suposa menys d'un 9%. NO podem prescindir de l'efecte del termos.

**E1.**

1. Es pot deduir que sodi correspon a Na, ja que el la part comú del dos noms i de les dues fórmules. Per tant potassi correspon a K
2. El clorur de sodi és una substància que està composta de partícules de sodi i partícules de clor en la proporció 1:1 . Encara que tinguin semblança pel nom el clorur de sodi és totalment diferent a les partícules de les que procedeix. La sal comuna la utilitzem tots els dies a la cuina. En canvi tant el sodi com el clor, tot sols, són verinosos. En unir-se han perdut la capacitat de ser perillosos, El seu caràcter perillós s'ha compensat mútuament.
3. Aquestes partícules són més estables dissoltes que unides i això l'han manifestat perdent energia que ha passat a l'aigua. Si trobessin altra situació més estable tornaria a passar el mateix, perdrien energia i seria absorbida per l'aigua.

- En aquest cas la substància és més estable amb les partícules unides però l'aigua les obliga a separar-se i això ho pot fer si les dona una part de la seva pròpia energia. Per aguantar separades les partícules han hagut de rebre energia de l'aigua.
- Dependrà de cada cas els valors de la variació de temperatura. Si prenen com a resultats els dels gràfics inclosos tindrem:

Hidròxid de sodi:  $\Delta t = 7^\circ\text{C}$

Clorur de potassi:  $\Delta t = -1'5^\circ\text{C}$

Clorur de sodi:  $\Delta t = 0'3^\circ\text{C}$

Per al NaOH:  $Q = 100 \cdot 4'18 \cdot 7 = 2926 \text{ J}$  (l'aigua ha guanyat 2'9 kJ)

Per al KCl:  $Q = 100 \cdot 4'18 \cdot (-1'5) = -627 \text{ J}$  (l'aigua ha perdut 0'6 kJ)

Per al NaCl:  $Q = 100 \cdot 4'18 \cdot 0'3 = 125 \text{ J}$  (l'aigua ha guanyat 0'1 kJ)

- No té res a veure l'aspecte exterior. Els tres productes són blancs. El segon i tercer els tenim en forma de petits cristalls.

## B2.

- Considerarem els resultats corresponents als gràfics inclosos a l'activitat. I com a equivalent en aigua prendrem el valor de 9'4 g. Així doncs la calor absorbida o donada per l'aigua es calcularà segons:  $Q = m \cdot c_e \cdot \Delta t = 109'4 \cdot 4'18 \cdot \Delta t = 457 \cdot \Delta t$ .

La variació d'entalpia tindrà signe contrari ja que es refereix a variació del sistema químic. Si l'aigua s'escalfa, el valor calculat de  $Q$  és positiu però per al sistema serà una pèrdua i, per tant,  $\Delta H$  serà negatiu. Un raonament semblant es pot fer quan l'aigua es refreda.

Grup	Sòlid	$n$ (mol)	$\Delta t$ ( $^\circ\text{C}$ )	$Q$ (J)	$\Delta H_{\text{dis}}$ (kJ/mol)
1	NaOH	0'1	+9'1	+4159	-41'6
2	LiCl	0'1	+7'35	+3359	-33'6
3	NaCl	0'1	-0'61	-279	+2'8
4	NaBr	0'1	+0'2	+91	-0'9
5	NH <sub>4</sub> Cl	0'1	-3'4	-1554	+15'5
6	KCl	0'1	-3'7	-1691	+16'9

- NaOH :  $(-57'3 - 55) - (-102) = 10'3 \text{ kcal/mol} = -43 \text{ kJ/mol}$
  - NaCl :  $(-57'3 - 40) - (-98'2) = +0'9 \text{ kcal/mol} = +3'7 \text{ kJ/mol}$
  - NaBr :  $(-57'3 - 28'9) - (-86) = -0'2 \text{ kcal/mol} = -0'8 \text{ kJ/mol}$
  - NH<sub>4</sub>Cl :  $(-31'7 - 40) - (-75'5) = +3'8 \text{ kcal/mol} = 15'9 \text{ kJ/mol}$
  - KCl :  $(-60 - 40) - (-104'2) = +4'2 \text{ kcal/mol} = 17'6 \text{ kJ/mol}$

El cas del LiCl ens permet determinar el valor no disponible de  $\Delta H_{\text{Li}^+}$  aplicant la mateixa fórmula però sabent que  $\Delta H_{\text{dis}} = -33'6 \text{ kJ/mol} = -33'6 \text{ kJ/mol} \cdot 1 \text{ kcal}/4'18 \text{ kJ} = -8'0 \text{ kcal/mol}$

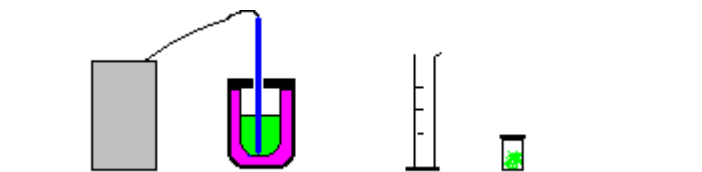
LiCl:  $(\Delta H_{\text{Li}^+} - 40) - (-97) = -8$ ;  $\Delta H_{\text{Li}^+} = -8'0 - 97 + 40 = -65 \text{ kcal/mol} = -272 \text{ kJ/mol}$

Encara que aquests valors termoquímics varien segons la seva procedència, apareix tabulat per a l'entalpia estàndard de dissolució del ió liti el valor de  $-66'6 \text{ kcal/mol}$ .

- S'observa per a les sals del sodi que l'entalpia de formació disminueix en valor absolut a mesura que es baixa pel grup (NaF: 136; NaI: 69). Per als clorur dels alcalins augmenta en valors absolut en baixar pel grup (LiCl: 96; KCl: 104).
- No resulta complicat. La mesures (temperatura, massa) són fàcils de fer

## AE

- S'ha utilitzat: termos, sensor de temperatura, un vas de precipitats o una proveta, un flascó o més per als productes, vareta de vidre, a més de la interfície i els cables de connexió.



- Amb el termos s'intenta evitar que passi calor de l'aigua a la taula o a l'aire o de la taula o l'aire a l'aigua. És a dir, volem un recipient aïllat de l'exterior. El metall és més conductor de la calor que el vidre i es perdria o guanyaria calor amb més rapidesa, la lectura de la temperatura de l'aigua no seria vàlida ja que no sabríem quanta calor s'ha transferit cap a l'aigua o des de l'aigua. La mà podria rebre o proporcionar calor amb més facilitat.
- Podem veure que la temperatura ha baixat. Per tant l'aigua ha perdut energia tèrmica, s'ha refredat. El descens ha estat d'uns 15'0°C. Per tant,

$Q = 200 \cdot 4'18 \cdot 15 = 12540 \text{ J}$ , que podem escriure com 12'5 kJ ja que podem assegurar que totes les xifres que ens dona la calculadora siguin certes.

O sigui, han passat 12'5 milers de jous de l'aigua als productes químics que l'han convertit en energia química.

- Els sòlids estan formats per partícules molt petites unides entre sí amb unes forces anomenades enllaços. Quan un sòlid es mescla amb aigua moltes vegades les partícules es separen ja que l'aigua és capaç de trencar els enllaços; aleshores, diem que el sòlid s'ha dissolt (com passa amb la sal comuna i el sucre).

Les partícules aïllades són tan petites que no es veuen i estan rodejades de partícules d'aigua, la qual cosa dóna estabilitat i desprèn energia. El fet de trencar les partícules del sòlid necessita energia. Per tant, en aquest procés de dissolució pot sobrar energia i el notarem en forma de calor ja que l'aigua s'escalfa; però també pot necessitar energia i l'agafa de l'aigua; això ho sabrem perquè l'aigua es refreda.

## AB

- Les substàncies utilitzades en aquesta activitat estan formades per ions. Quan el sòlid es dissol els ions es rodegen de molècules d'aigua: els ions s'hidraten. Aquesta hidratació suposa un guany d'estabilitat i proporciona l'energia necessària per trencar els enllaços entre els ions del sòlid. Si aquesta energia supera la necessària per trencar els enllaços l'excés escalfarà l'aigua. Si no la supera, el trencament dels enllaços pot necessitar energia tèrmica de l'aigua, i aquesta es refredarà.

## 2. Equivalent del calorímetre:

$$Q \text{ cedit per l'aigua} = Q \text{ agafat pel termos}; \quad m \cdot c_e \cdot \Delta t = m' \cdot c_e \cdot \Delta t'$$

$$200 \cdot 4'18 \cdot 4 = m' \cdot 4'18 \cdot 28; \quad m' = 800/28 = 28'6 \text{ g}$$

Dissolució:  $Q = 228'6 \cdot 4'18 \cdot (-15) = -14.333 \text{ J}$ , cedits per l'aigua, l'aigua es refreda.

$$6'67 \text{ g de } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ són: } 6'67 \text{ g} \cdot 1 \text{ mol}/132 \text{ g} = 0'0505 \text{ mols.}$$

$$\Delta H_{\text{dissolució}} = 14333 \text{ J} / 0'0505 \text{ mols} = 283821 \text{ J/mol} = 284 \text{ kJ/mol}$$

3. Calor de dissolució:  $Q = m \cdot c_e \cdot \Delta t = 220 \cdot 4'18 \cdot 7'1 = 6529 \text{ J}$ , amb 0'1 mol

$$\text{Per a 1 mol: } Q = 65290 \text{ J} = 65'3 \text{ kJ}; \text{ per tant, } \Delta H_{\text{dissolució}} = -65'3 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Aplicant } \Delta H_{\text{dissolució}} = \sum \Delta H_f(\text{ions}) - \sum \Delta H_f(\text{solut}),$$

$$\text{tenim: } -65'3 = (-2 \cdot 167'2 - x) - (-415'5); \quad -65'3 = -334'4 + 415'5 - x;$$

$$x = -334'4 + 415'5 + 65'3 = 146'4 \text{ kJ}; \quad \Delta H_f^0(\text{Zn}^{2+}) = 146 \text{ kJ/mol}$$

## **Potencials de reducció**

**A1. Potencials de reducció referits a l'elèctrode  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$**

**A2. Són additius els potencials de reducció?**

**Fulls d'avaluació i de respostes**



## Projecte: potencials de reducció dels metalls

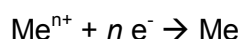
Aquest projecte l'he desenvolupat a partir del disseny de l'*Experiment 28: Reducction Potencials* de **PASCO scientific**, existent a la *Chemistry Experiment Library:06020*.

La determinació de diferències de potencial entre elèctrodes de piles químiques no és cap novetat; el que he considerat interessant, per la seva senzillesa, ha estat el muntatge del conjunt de semi-piles sobre un disc de paper de filtre.

Per fer les activitats que es proposen no seria necessari l'equip de captació automàtica de dades; bastaria amb un voltímetre però, l'ús de l'equip *Multilog* dona més comoditat a l'obtenció de les dades i més facilitats a la interpretació dels resultats.

### Fonament teòric general

Si s'introdueix una barra de metall Me en una dissolució que contingui els ions  $Me^{n+}$  s'estableix un equilibri entre la tendència dels ions de la barra a passar al líquid i la dels ions dissolts a passar a la barra, de manera que la barra metàl·lica fa de donadora o d'acceptora d'electrons:



Si la barra ha perdut ions queda amb càrrega negativa i la dissolució, amb càrrega positiva. Si la barra ha guanyat ions, procedents de la solució, es carregarà positivament i la solució tindrà un excés de càrrega negativa. Aquest equilibri determina, doncs, l'aparició d'una diferència de potencial local, de contacte, entre la dissolució i la barra.

El valor d'aquesta ddp depèn del tipus de metall i no es pot determinar directament. La tendència dels ions a passar a la barra o a passar a la dissolució es pot conèixer si s'estableix un altre elèctrode semblant al qual es doni un valor determinat, per exemple zero. Aleshores es pot mesurar la ddp entre tots dos elèctrodes i conèixer el de l'elèctrode que ens interessa.

Aquesta associació dels dos elèctrodes amb la necessària unió iònica entre les dissolucions (pont salí) s'anomena **pila electroquímica**.

L'elèctrode que es pren com a patró de referència és el de gas hidrogen a la pressió de 1 atm en contacte amb els seus ions,  $H^{1+}$ , a concentració 1 mol/L. El gas es manté adsorbit en una làmina de platí tractat especialment per a això. En aquest elèctrode es considera que la d.d.p. local entre dissolució i metall, (platí amb gas  $H_2$ ), és nul·la.

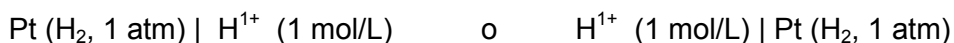
Quan l'elèctrode no és part implicada en el procés electroquímic i només serveix com a conductor dels electrons es diu elèctrode inert i normalment és de platí. Tot això té una simbologia determinada.

Elèctrode de metall actiu introduït en una dissolució dels seus ions:



La barra vertical representa la separació entre el metall i la dissolució.

Elèctrode de platí ( $H_2$ ) introduït en una dissolució 1 M de ions  $H^{1+}$  (elèctrode normal d'hidrogen):



Elèctrode de platí en una dissolució que conté ions del mateix metall en diferent estat d'oxidació i entre els quals s'estableix el procés electroquímic:



L'espècie iònica més reduïda seria, en aquest cas,  $\text{Me}^{\text{a}^+}$ , que es posa al costat del metall inert.  $\text{c}_1$  i  $\text{c}_2$  són les concentracions dels respectius ions, en mol/L.

La pila completa es representa mitjançant la unió dels dos elèctrodes, de manera que a l'esquerra s'escriu el símbol de l'elèctrode on tingui lloc el procés d'oxidació (pèrdua d'electrons) i, per tant, actua com a pol negatiu de la pila. Els electrons circulen de l'esquerra cap a la dreta, pel circuit exterior, naturalment. La d.d.p. mesurada segons aquest conveni ha de donar valor positiu. Si donés negatiu voldria dir que el flux d'electrons circula en sentit contrari i, per tant, s'hauria d'escriure al revés.

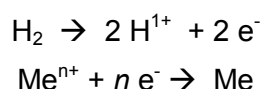
Pila d'un metall amb l'elèctrode normal d'hidrogen:



Aquesta pila suposa un procés total:  $\text{Me}^{\text{n}^+} + n/2 \text{H}_2 \rightarrow \text{Me} + n \text{H}^{1+}$

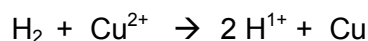
La doble barra vertical representa el pont salí que uneix les dues solucions.

La d.d.p. d'aquesta pila serà positiva o negativa depenent del tipus de metall i aquest valor s'anomena **potencial normal de reducció del metall,  $E^0$** , ja que suposa, segons l'ordre considerat, aquestes reaccions parcials:

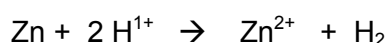


o sigui, un procés de reducció per al metall.

Si el valor d'aquest potencial és negatiu vol dir que el procés espontani serà el contrari al establert en la simbologia anterior de la pila. Per exemple, si el metall és el coure el valor de  $E^0_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = + 0,34 \text{ V}$  i això suposa que a la pila succeix que:



Però si el metall fos el zinc, com que el valor que mesuraríem és  $E^0_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = - 0,76 \text{ V}$ , negatiu, el procés de la pila seria:



Com que l'elèctrode d'hidrogen no resulta pràctic com a referència per a la mesura de d.d.p. s'han establert altres elèctrodes molt estables.

A les activitats que es proposen es mesurarà la d.d.p. entre elèctrodes del tipus metall/ió metàl·lic i en la primera d'elles es prendrà com a referència el format per coure i l'ió coure(II), que es representa com a  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ .

A la segona de les activitats es prendrà com a elèctrode de referència qualsevol dels existents i es comprovarà l'additivitat dels potencials obtinguts.

La mesura correcta d'aquestes diferències de potencial no es sol fer amb un voltímetre sinó amb un potenciòmetre, per tal d'evitar pas de corrent a través de l'instrument. Nosaltres, com és evident, farem servir el sensor de voltatge de l'equip *Multilog*.

### Material necessari

Sensor de voltatge.

Disc de paper de filtre d'uns 11 cm de diàmetre.

Tisores, llapis, regle, per donar la forma adient al disc de paper.

Peces d' 1 cm de costat o de diàmetre dels metalls que es vulguin fer servir.

Solució aquosa de concentració 1'0 mol/L dels sulfats o nitrats solubles corresponents als metalls que es pensen utilitzar.

Solució aquosa 1'0 mol/L de  $\text{KNO}_3$ , que farà de pont salí.

Flascons comptagotes per a cada dissolució.

Paper de vidre o llima per netejar la superfície dels metalls.

Pinça, per posar i treure les peces de metall.

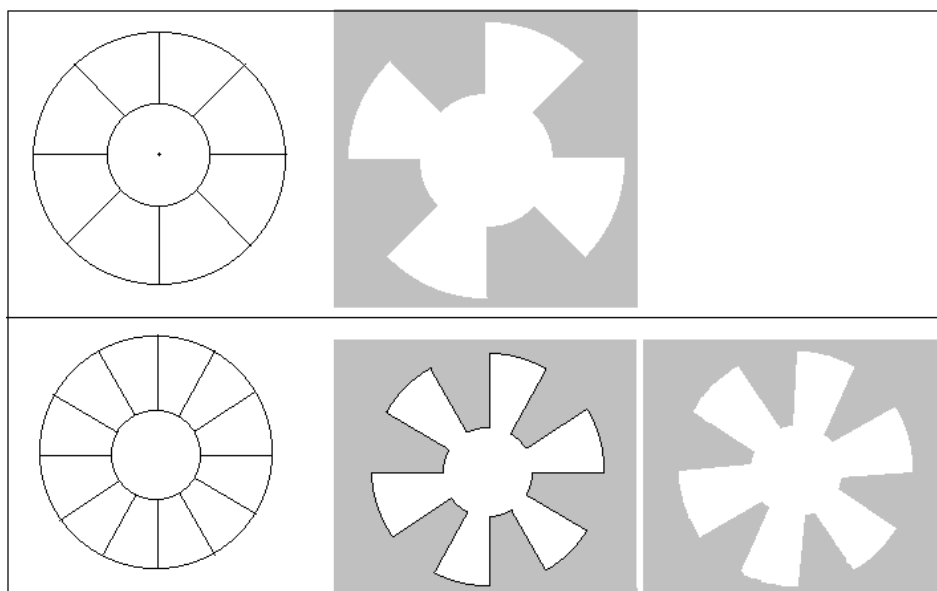
Base de vidre o plàstic on es col·locarà el paper de filtre.

Paper absorbent.

### Preparació del paper de filtre

En un disc de paper de filtre es fa un cercle de diàmetre aproximat a la meitat del diàmetre de disc. Es dibuixen tants diàmetres com siguin necessaris per donar cabuda a les peces de metall i es retallen el sectors que no serveixin.

El següent dibuix correspon a una proposta per a 4 metalls en què s'han traçat 8 diàmetres i s'han retallat 4 sectors. I també per a sis metalls amb una retallada que dóna una mica més d'amplada al costat estret dels sectors.



Cada sector correspondrà a un dels metalls i es numeren a partir de l'1, per a identificar al llarg de l'activitat cada metall amb un subíndex, per exemple  $M_1$  podria ser el coure,  $M_2$ , el plom, etc. Aquesta correspondència farà més senzilla la unificació de l'ordenació relativa i la comparació entre diferents grups.

### Preparació de les dissolucions

Suposant que a cada grup es fan servir 5 gotes de cada dissolució de catió metàl·lic i 10 gotes de la dissolució del pont salí, es pot veure que necessitarem un volum reduït, encara que siguin 5 els grups de treball. Omplint un únic flascó de 50 mL n'hi hauria suficient per a tots. Per comoditat es poden disposar de flascons per a cada grup, amb 25 mL de cada dissolució.

Així doncs, amb 100 mL en tindriem bastant per a 4 o 5 grups, i sobraria per a altres tandes d'alumnes.

Com que la concentració ha de ser  $1'0 \text{ mol/dm}^3$  necessitaríem  $0'10 \text{ mols}$  de cada solut.

De  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  : 24'95 g

De  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ : 28'74 g

De  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ : 27'78 g

De  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ : 33'11 g

De  $\text{KNO}_3$  : 10'01 g

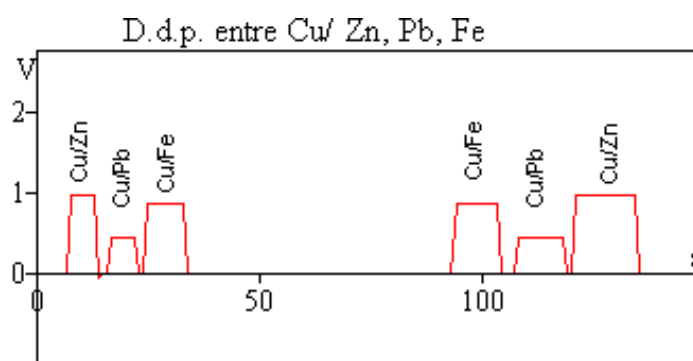
### Procediment

Les peces de metall han d'estar ben netes; si cal, s'han de raspar amb paper de vidre o equivalent per treure l'òxid o la brutícia.

Es col·loca el disc de paper de filtre, retallat segons sigui i numerat, sobre el suport de vidre o plàstic, per exemple una placa Petri. S'afegeixen les gotes necessàries de cada dissolució per mullar el sector corresponent i es posa al damunt cada peça de metall. A continuació es mulla la part central amb nitrat de potassi. Depenent de la temperatura ambient i del que es tardi en fer l'activitat s'hauria de mullar un altra vegada per mantenir el pont salí ben humit.

Les mesures de diferència de potencial es fan posant els extrems del cables del sensor de voltatge sobre un parell de metalls i mantenint uns segons la pressió per donar temps al programa de que capti el valor i es vegi un tram horitzontal al gràfic. A continuació es passa a un cable a un altre parell. En acabar les mesures demanades es repeteixen una altra vegada. Si hem de treure conclusions quantitatives ens hem d'assegurar que hi hagi constància de potencial, al menys, durant el temps de duració de l'activitat.

El següent gràfic és un resultat possible amb el cable vermell sobre el coure



## Activitat: Potencials de reducció referits a l'elèctrode $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ (full per al professor/a)

### Nivell educatiu

Activitat indicada per a l'alumnat de Batxillerat i Cicles Formatius

### Sensor

Sensor de voltatge

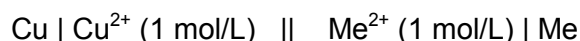
Paràmetres de mesura: 1 cada segon i 500 punts

### Objectius

- Establir l'ordre relatiu del potencial de reducció de quatre metalls coneguts.
- Conèixer i practicar la simbologia de representació de les piles.
- Relacionar el signe del potencial mesurat amb el sentit del procés de la pila.

### Fonament teòric

Al muntatge que es fa hi ha quatre elèctrodes del tipus **ió metall/metall**, un dels quals és de coure, el qual es pren com a referència. Com que donem per suposat que no sabem el comportament dels altres metalls s'establiran els parells d'acord amb la següent simbologia



que correspon a la suposició que el flux d'electrons va des del coure fins al metall. La d.d.p. obtinguda ens dirà el valor del potencial normal de reducció referit al coure i, el seu signe, si el sentit suposat correspon al real.

Com que els altres metalls utilitzats són plom, ferro i zinc, i si el cable negre del sensor toca el coure, haurem d'obtenir valors negatius en els tres casos:  $-0'47 \text{ V}$ ,  $-0'84 \text{ V}$  i  $-0'10 \text{ V}$ , respectivament. No esperarem obtenir valors exactes, però si coincidència en l'ordre relatiu: Cu, Pb, Fe, Zn. Si el coure fa contacte amb el cable vermell, els valors serien positius.

### Material, reactius i precaucions

Sensor de voltatge.

Disc de paper de filtre d'uns 11 cm de diàmetre.

Tisores, llapis, regle, per donar la forma adient al disc de paper.

Peces d' 1 cm de costat o de diàmetre dels metalls: coure, plom, ferro i zinc.

Flascons comptagotes per a cada dissolució.

Paper de vidre o lima per netejar la superfície dels metalls.

Pinça, per posar i treure les peces de metall.

Base de vidre o plàstic on es col·locarà el paper de filtre.

Paper absorbent.

Solució aquosa de concentració  $1'0 \text{ mol/L}$  de: sulfat de coure(II), sulfat de zinc, sulfat de ferro(II) i nitrat de plom(II).

Solució aquosa  $1'0 \text{ mol/L}$  de  $\text{KNO}_3$ , que farà de pont salí.

No hi ha necessitat de tocar els líquids amb la mà, però si això succeeix cal rentar-se-les tot seguit. L'ió coure(II) és nociu i l'ió plom(II) és tòxic.

**Massa necessària per a la preparació de les solucions** (100 mL de concentració 1'0 mol/dm<sup>3</sup>)

De CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O : 24'95 g  
 De ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O: 28'74 g  
 De FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O: 27'78 g  
 De Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>: 33'11 g  
 De KNO<sub>3</sub> : 10'01 g

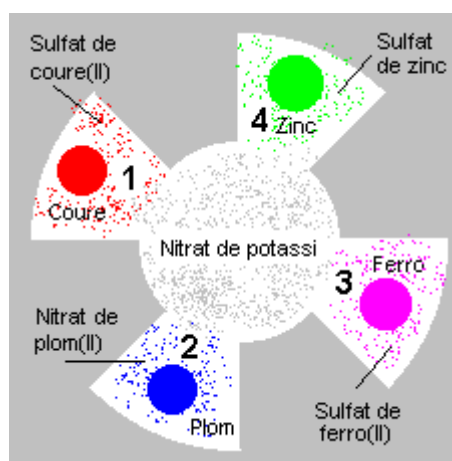
**Procediment**

Es retalla el paper de filtre fent quatre sectors, tal com s'ha dit abans, i es numeren de l'1 al 4. En aquesta activitat s'han fet correspondre l'1 al coure; el 2, al plom; el 3, al ferro; i el 4, al zinc.

Es preparen les 4 peces de metall per grup, ben netes. Si cal, raspades amb paper de vidre o equivalent.

Les solucions necessàries es tenen preparades en flascons petits amb comptagotes.

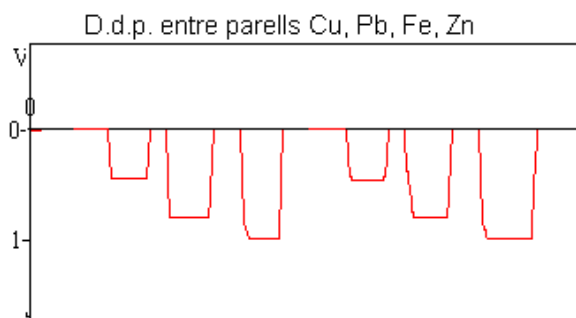
Es mulla cada sector amb la dissolució corresponent del nitrat o sulfat (1 mol/L) corresponent i, el cercle central es mulla amb solució de nitrat de sodi 1 M. A sobre de cada sector es posa el tros de metall netejat.



Es posa l'extrem del cable negre del sensor sobre el coure (d'acord amb el sentit de la pila a estudiar) i es manté durant totes les mesures. Amb l'altre extrem, el vermell, es fa el següent:

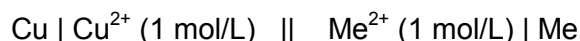
- es posa sobre el mateix coure, és de suposar que doni valor zero, i s'aguanta uns segons per tenir un tram de gràfic horitzontal.
- es posa sobre el plom i s'aguanta uns segons per tenir un tram de gràfic horitzontal.
- es repeteix el mateix amb els altres dos metalls.
- es torna a repetir el conjunt de mesures (les quatre) per assegurar-nos que no hi ha variacions i que els valors mesurats són fiables.

El gràfic obtingut podria ser semblant a aquest:

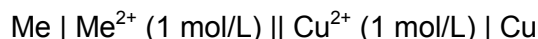


Una vegada acabades les mesures pondran un títol al gràfic (per exemple *D.d.p. entre parells de metalls: fem de piles*, afegiran alguna informació, com ara, l'ordre dels metalls, i desaran les dades amb el nom *FEM\_1*.

Els valors negatius ens indiquen que el sentit espontani de la pila és el contrari al suposat quan hem simbolitzat la pila



Per tant, en els tres casos mesurats la pila real s'hauria d'escriure



i el procés d'oxidació correspon al metall Me:  $\text{Me} \rightarrow \text{Me}^{2+} + 2\text{e}^-$  i no al coure.

La mesura a partir del gràfic dels valors de la *fem* de les piles formades és, fent el canvi de signe,:

$$E_{\text{Cu/Zn}} = 0'98 \text{ V}; \quad E_{\text{Cu/Pb}} = 0'43 \text{ V}; \quad E_{\text{Cu/Fe}} = 0'78 \text{ V}$$

Els valors teòrics són:  $E_{\text{Cu/Zn}} = 1'1 \text{ V}$ ;  $E_{\text{Cu/Pb}} = 0'47 \text{ V}$ ;  $E_{\text{Cu/Fe}} = 0'78 \text{ V}$

Si no es vol fer l'altra activitat es pot demanar a l'alumnat que faci el següent:

Posar dues gotes de  $\text{CuSO}_4$  als llocs del plom, del ferro i del zinc, sota les peces de metall, i tornar a mesurar els valors de potencial. El que importa és interpretar el què s'observa en el costat del metall que ha estat en contacte amb el paper de filtre (els costats han canviat de color per haver-se dipositat coure) i la taca blanca que apareix al paper, on hi és el plom ( $\text{PbSO}_4$ ). No és necessari incidir en els nous valors mesurats.

Nota:

El perill establert per als productes utilitzats és (perill en estat sòlid), no en dissolució:

Per al nitrat de potassi sòlid: **comburent**.



, que s'indica en envasos que contenen substàncies oxidants que reaccionen ràpida i fàcilment, encara que no siguin en contacte amb altres materials combustibles

Per al sulfat de coure pentahidrat, sòlid: **nociu (Xn)** i **perill per al medi ambient**.

Per al sulfat de zinc heptahidrat, sòlid: **nociu (Xi)** i **perill per al medi ambient**.



Productes tòxics i/o  
irritants al contacte amb  
la pell



Productes que representen o  
poden representar un perill per  
al medi ambient

Per al sulfat de ferro(II) heptahidrat, sòlid: **nociu (Xn)**.



Productes tòxics i/o  
irritants al contacte amb  
la pell

Per al nitrat de plom(II) sòlid: **tòxic** i **perill per al medi ambient**.



Productes tòxics per  
ingestió, inhalació o  
contacte dèrmic



Productes que representen o  
poden representar un perill per  
al medi ambient



## Activitat: Potencials de reducció referits a l'elèctrode $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ (full per a l'alumne/a)

### Sensor

Sensor de voltatge. Paràmetres de mesura: 1 cada segon i 500 punts

### Objectius

- Establir l'ordre relatiu del potencial de reducció de quatre metalls coneguts.
- Conèixer i practicar la simbologia de representació de les piles.
- Relacionar el signe del potencial mesurat amb el sentit del procés de la pila.

Quin metall, dels quatre estudiats, és el més reductor?

### Fonament teòric

Si establim una pila entre el coure i un altre metall tal com s'indica a continuació



i mesurem la d.d.p. entre el dos pols obtindrem un valor que ens dona informació de la *fem* de la pila formada (valor absolut del voltatge) i del sentit del corrent (signe del potencial). D'aquesta informació es pot saber l'ordre relatiu de capacitat reductora dels 4 metalls, la simbologia correcta de la pila formada i el valor de  $E^0_{\text{Me}^{2+} / \text{Me}}$  referent al coure.

Segons el signe del potencial mesurat el procés espontani serà el suposat (signe positiu) o contrari al suposat (signe negatiu). La combinació de parells coure-metall que doni un valor més negatiu ens informará del metall més reductor.

### Material, reactius i precaucions

Sensor de voltatge.

Disc de paper de filtre d'uns 11 cm de diàmetre, retallat de la manera adient.

Peces d' 1 cm de costat o de diàmetre dels metalls: coure, plom, ferro i zinc, netes.

Flascons comptagotes per a cada dissolució.

Pinça, per posar i treure les peces de metall.

Base de vidre o plàstic on es col·locarà el paper de filtre.

Paper absorbent.

Solució aquosa de concentració 1'0 mol/L de: sulfat de coure(II), sulfat de zinc, sulfat de ferro(II) i nitrat de plom(II).

Solució aquosa 1'0 mol/L de  $\text{KNO}_3$ , que farà de pont salí.

No hi ha necessitat de tocar els líquids amb la mà, però si això succeeix cal rentar-se-les tot seguit. L'ió coure(II) és nociu i l'ió plom(II) és tòxic.

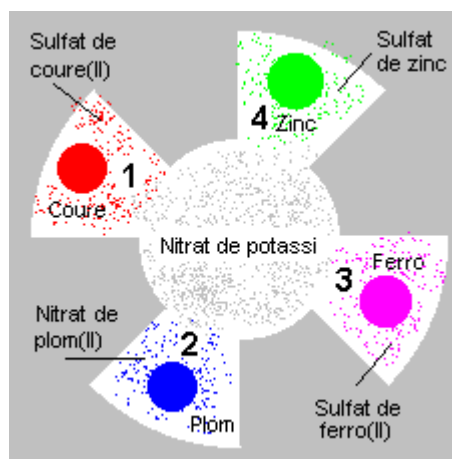
### Procediment



Haureu de mesurar la diferència de potencial entre el coure (unit al pol negatiu del sensor) i cada un dels altres metalls (pol positiu del sensor)



Heu de tenir: a) el paper de filtre retallat i numerat com s'indica a la figura; b) les 4 peces de metall, ben netes, raspades amb paper de vidre; c) les solucions necessàries, en flascons petits amb comptagotes.



Mulleu cada sector amb la dissolució corresponent del nitrat o sulfat (1 mol/L) corresponent i el cercle central, amb solució de nitrat de sodi 1 M.

A sobre de cada sector poseu el tros de metall netejat.

Poseu en marxa el programa de captació de dades.

Situeu l'extrem del cable negre del sensor sobre el coure (d'acord amb el sentit de la pila a estudiar) i manteniu-lo així durant totes les mesures, fent una mica de pressió. Amb l'altre extrem, el vermell, feu:

- poseu-lo sobre el mateix coure, i aguanteu uns segons per tenir un tram de gràfic horitzontal, evidentment amb valor nul.
- poseu-lo sobre el plom i aguanteu uns segons per tenir un tram de gràfic horitzontal.
- repetiu el mateix amb els altres dos metalls.
- torneu a repetir el conjunt de mesures (les quatre) per assegurar-vos que no hi ha variacions i que els valors mesurats són fiables.

Una vegada acabades les mesures poseu un títol al gràfic (per exemple *D.d.p. entre parells de metalls: fem de piles*, afegiu alguna informació, com pot ser l'ordre dels metalls, i deseueu les dades amb el nom *FEM\_1*.

### Tractament de les dades

1. Determineu el valor de la d.d.p. de cada parell de piles estudiades.

Parell Cu/Zn:  $V = \dots\dots\dots V$

Parell Cu/Pb:  $V = \dots\dots\dots V$

Parell Cu/Fe:  $V = \dots\dots\dots V$

**B1. Conclusions i preguntes finals**

1. Escriviu el valor del potencial normal de cada elèctrode referit al de coure:

$$E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}} = \dots\dots\dots \text{ V} \quad E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = \dots\dots\dots \text{ V} \quad E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} = \dots\dots\dots \text{ V}$$

2. Escriviu el símbol de cada pila estudiada tenint en compte el sentit real del procés:

Parell Cu-Pb

Parell Cu-Zn

Parell Cu-Fe

3. Per a cada pila anterior, escriviu les equacions químiques de cada elèctrode i la del procés total.

Pila 1:

Pila 2:

Pila 3:

4. Quin metall, dels quatre estudiats, és el més reductor? Perquè?

## Activitat: Són additius els potencials de reducció? (full per al professor/a)

### Nivell educatiu

Activitat indicada per a l'alumnat de Batxillerat i Cicles Formatius

### Sensor

Sensor de voltatge

Paràmetres de mesura: 1 cada segon i 1000 punts

### Objectius

- Deduir si els potencials de reducció són additius.
- Conèixer i practicar la simbologia de representació de les piles.
- Determinar el potencial normal de cada elèctrode preparat.

### Fonament teòric

Al muntatge que es fa hi ha quatre elèctrodes del tipus **ió metall/metall**. S'establiran els parells d'acord amb la següent simbologia



que correspon a la suposició que el flux d'electrons va des del metall *i* fins al metall *j*. La d.d.p. obtinguda ens permetrà conèixer el valor del potencial normal de la pila i el sentit correcte amb el què hem de representar la pila.

Comparant el valor d'aquesta d.d.p. i sabent que per a l'elèctrode de coure la  $E^0 = + 0'34 \text{ V}$ , podrem deduir el valor del potencial normal de reducció per als altres elèctrodes metàl·lics considerats.

### Material, reactius i precaucions

Sensor de voltatge.

Disc de paper de filtre d'uns 11 cm de diàmetre.

Tisores, llapis, regle, per donar la forma adient al disc de paper.

Peces d' 1 cm de costat o de diàmetre dels metalls: coure, plom, ferro, zinc.

Flascons comptagotes per a cada dissolució.

Paper de vidre o lima per netejar la superfície dels metalls.

Pinça, per posar i treure les peces de metall.

Base de vidre o plàstic on es col·locarà el paper de filtre.

Paper absorbent.

Solució aquosa de concentració 1'0 mol/L de: sulfat de coure(II), sulfat de zinc, sulfat de ferro(II), nitrat de plom(II).

Solució aquosa 1'0 mol/L de  $\text{KNO}_3$ , que farà de pont salí.

No hi ha necessitat de tocar els líquids amb la mà, però si això succeeix cal rentar-se-les tot seguit. L'ió coure(II) és nociu i l'ió plom(II) és tòxic.

**Per a la preparació de les solucions** (100 mL de concentració 1 mol/dm<sup>3</sup>)

De  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  : 24'95 g

De  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ : 28'74 g  
De  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ : 27'78 g  
De  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ : 33'11 g  
De  $\text{KNO}_3$ : 10'01 g

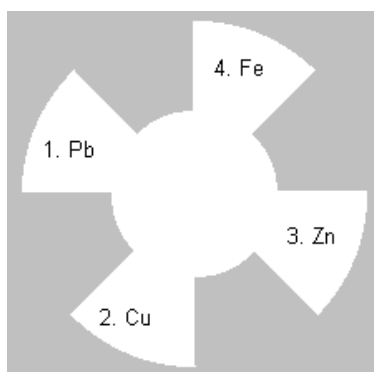
### Procediment

Es retalla el paper de filtre fent 4 sectors, i es numeren de l'1 al 4. En aquesta activitat s'han fet correspondre l'1 al plom; el 2, al coure; el 3 al zinc; i el 4, al ferro.

Es preparen les 4 peces de metall per grup, ben netes. Si cal, raspades amb paper de vidre o equivalent.

Les solucions necessàries es tenen preparades en flascons petits amb comptagotes.

Es mulla cada sector amb la dissolució corresponent del nitrat o sulfat (1 mol/L) corresponent i, el cercle central es mulla amb solució de nitrat de sodi 1 M. A continuació sobre cada sector es posa el tros de metall netejat.

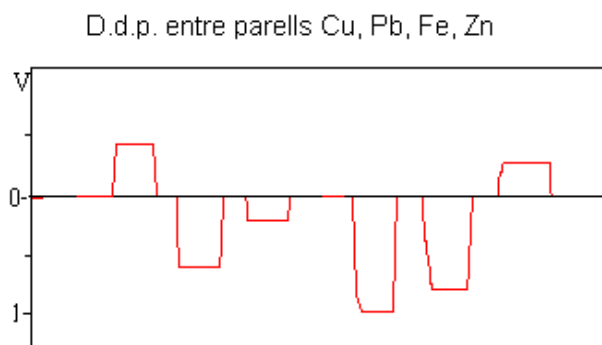


Es posa l'extrem del cable negre del sensor sobre el metall 1. Amb l'altre extrem, el vermell, es toca en tots i cada un dels metalls restants, mantenint premut uns segons per tenir un gràfic adequat per fer mesures.

A continuació es posa l'extrem negatiu del sensor sobre el metall 2 i el fa el mateix amb el 3 i el 4. Es repeteix la mesura per al parell 3-4

D'aquesta manera tindrem 3 + 2 + 1 valors de d.d.p. amb els quals podrem obtenir resposta a la pregunta de l'activitat: són additius el potencials de reducció?

El resultat seria semblant a aquest:



Una vegada acabades les mesures pondran un títol al gràfic (per exemple *D.d.p. entre parells de metalls: fem de piles2*, afegiran alguna informació, com ara, l'ordre dels metalls, i desaran les dades amb el nom *FEM\_2*.

Del gràfic es poden obtenir els valors

Sectors	Parell	d.d.p. (V)
1-2	Pb/Cu	+0'45
1-3	Pb/Zn	-0'65
1-4	Pb/Fe	-0'35
2-3	Cu/Zn	-1'08
2-4	Cu/Fe	-0'85
3-4	Zn/Fe	+0'35

Dels parells 1-2 i el 2-3 podem deduir el valor del parell 1-3:

$$E_{1-3} = E_{1-2} + E_{2-3} = +0'45 \text{ V} + (-1'08 \text{ V}) = -0'63 \text{ V} \text{ (obtingut } 0'65 \text{ V)}$$

Fent el mateix per a altres parells:

$$E_{1-4} = E_{1-2} + E_{2-4} = +0'45 \text{ V} + (-0'85 \text{ V}) = -0'40 \text{ V} \text{ (obtingut } 0'35 \text{ V)}$$

$$E_{2-4} = E_{1-4} - E_{1-2} = -0'35 \text{ V} - 0'45 \text{ V} = -0'80 \text{ V} \text{ (obtingut } 0'85 \text{ V)}$$

Més o menys podem afirmar que són additius. Hem de tenir en compte que si restem valors molt propers l'error es dispara.

## Activitat: Són additius els potencials de reducció? (full per a l'alumne/a)

### Sensor

Sensor de voltatge. Paràmetres de mesura: 1 cada segon i 1000 punts

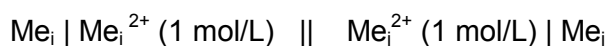
### Objectius

- Deducir si els potencials de reducció són additius.
- Conèixer i practicar la simbologia de representació de les piles.
- Determinar el potencial normal de cada elèctrode preparat.

Seria aquest un mètode vàlid per determinar el potencial de reducció del níquel?  
I per determinar el potencial de reducció del sistema  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ ?

### Fonament teòric

Tenim 4 elèctrodes del tipus **ió metall/metall**. S'estableixen parells d'acord amb la següent simbologia



que correspon a la suposició que el flux d'electrons va des del metall *i* fins al metall *j*. La d.d.p. obtinguda ens permetrà conèixer el valor del potencial normal de la pila i el sentit correcte amb el què hem de representar la pila.

Comparant el valor d'aquesta d.d.p. i sabent que per a l'elèctrode de coure la  $E^0 = + 0,34 \text{ V}$ , podem deduir el valor del potencial normal de reducció per als altres elèctrodes metàl·lics considerats.

### Material, reactius i precaucions

Sensor de voltatge.

Disc de paper de filtre d'uns 11 cm de diàmetre, retallat convenientment.

Peces netes d' 1 cm de costat o de diàmetre dels metalls: coure, plom, ferro, zinc.

Flascons comptagotes per a cada dissolució.

Pinça, per posar i treure les peces de metall.

Base de vidre o plàstic on es col·locarà el paper de filtre.

Paper absorbent.

Solució aquosa de concentració 1'0 mol/L de: sulfat de coure(II), sulfat de zinc, sulfat de ferro(II), nitrat de plom(II).

Solució aquosa 1'0 mol/L de  $\text{KNO}_3$ , que farà de pont salí.

No hi ha necessitat de tocar els líquids amb la mà, però si això succeeix cal rentar-se-les tot seguit. L'ió coure(II) és nociu i l'ió plom(II) és tòxic.

### Procediment

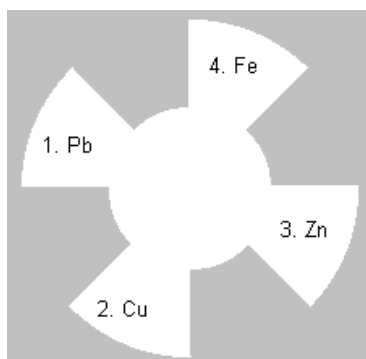


Haureu de mesurar la d.d.p. entre els parells 1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 2-4, 3-4.

En aquesta activitat s'han fet correspondre l'1 al Pb; el 2, al Cu; el 3 al Zn; i el 4, al Fe.

Les solucions necessàries es tenen preparades en flascons petits amb comptagotes.

- ◇ Mulleu cada sector amb unes gotes de la dissolució corresponent del nitrat o sulfat (1 mol/L) i el cercle central es mulla amb solució de nitrat de sodi 1 M. A continuació sobre cada sector poseu el tros de metall netejat.



Premeu l'extrem del cable negre del sensor sobre el metall 1. Amb l'altre extrem, el vermell, es toca en tots i cada un dels metalls restants, mantenint premut uns segons per tenir un gràfic adequat per una bona interpretació. Opereu de manera semblant per tenir dades suficients de cada parell.

Una vegada acabades les mesures poseu un títol al gràfic (per exemple *D.d.p. entre parells de metalls: fem de piles2*, afegiu alguna informació, com ara, l'ordre dels metalls, i deseu les dades amb el nom *FEM\_2*.

#### Tractament de les dades

Determineu el valor de la d.d.p. de cada parell i anoteu-la a la taula

Sectors	Parell	d.d.p. (V)
1-2	Pb/Cu	
1-3	Pb/Zn	
1-4	Pb/Fe	
2-3	Cu/Zn	
2-4	Cu/Fe	
3-4	Zn/Fe	

Anoteu el valor de  $E^0$  de l'elèctrode de coure ( $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ ) = V



## B2. Conclusions i preguntes finals

1. Determineu el valor del potencial de reducció cada elèctrode ( $\text{Me}^{2+}/\text{Me}$ ), referit al normal d'hidrogen,  $E_{\text{H}^+/\text{H}_2} = 0$ , a partir del valor conegut de  $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0,34 \text{ V}$ .

$$E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}} = \dots\dots\dots \text{ V} \quad E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = \dots\dots\dots \text{ V} \quad E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} = \dots\dots\dots \text{ V}$$

2. Feu tres combinacions de valors dels potencials mesurats per demostrar o rebutjar la hipòtesi de que són additius.

Dels parells 1-2 i 2-3 es pot deduir el valor del parell 1-3:

$$E_{1-3} = E_{1-2} + E_{2-3} =$$

Fent el mateix per a altres parells:

$$E_{1-4} =$$

$$E_{2-4} =$$

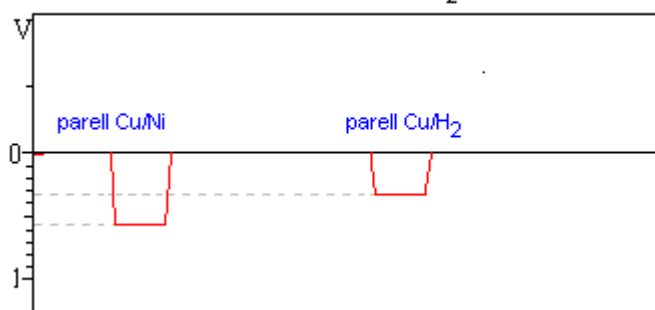
Conclusió:

3. És aquest un mètode vàlid per determinar el potencial de reducció del níquel? Raona-ho

I per determinar el potencial de reducció del sistema  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ ? Raona-ho

4. El gràfic representa la d.d.p. mesurada en els parells Cu/Ni i Cu/H<sub>2</sub>, quan el pol negatiu del sensor s'ha unit al coure. Determineu a partir del gràfic el valor del potencial normal de reducció del níquel. Totes les concentracions iòniques són 1,0 mol/L.

D.d.p. entre parells Cu, H<sub>2</sub> i Ni



Per a un càlcul rigorós, ens falta conèixer alguna dada més?

## Avaluació del projecte de potencials de reducció

1. Fes un disseny d'activitat experimental per determinar el potencial normal de reducció del magnesi suposant conegut el valor de  $E^0$  per al coure.

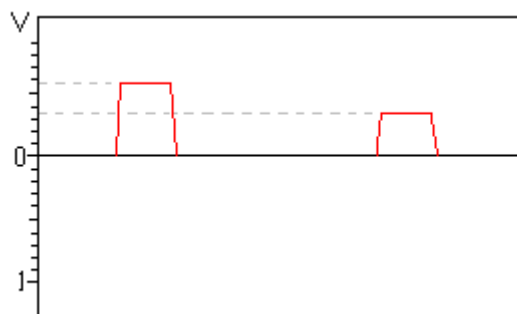
Material:

Dissolucions:

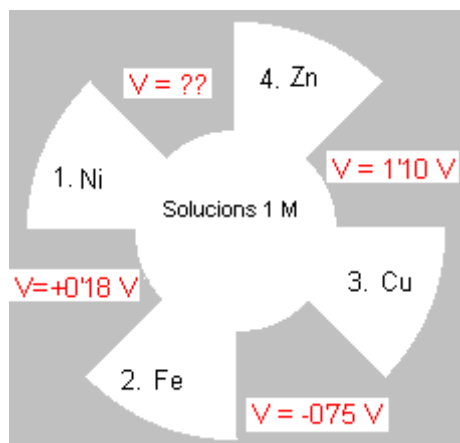
Altres supòsits:

Escriu l'explicació al darrera

2. El gràfic representa la d.d.p. mesurada en els parells Ni/Cu i H<sub>2</sub>/Cu, quan el pol positiu del sensor s'ha unit al coure. Determineu a partir del gràfic el valor del potencial normal de reducció del níquel. Totes les concentracions iòniques són 1'0 mol/L. Per a un càlcul rigorós, ens falta conèixer alguna dada més?



3. Al dibuix s'indica la distribució de metalls sobre el paper de filtre i el valor de la d.d.p. mesurada quan el pol positiu es posa així: al parell 1-2, a l'1; al parell 2-3, al 2; al parell 3-4, al 3; i al parell 4-1, al 4. Quin valor ha de marcar el sensor al parell 4-1?



**Full de respostes i comentaris addicionals****B1.**

- $E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}} = -0'43 \text{ V}$     $E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = -1'10 \text{ V}$     $E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} = -0'78 \text{ V}$
- $\text{Pb} \mid \text{Pb}^{2+} (1 \text{ M}) \parallel \text{Cu}^{2+} (1 \text{ M}) \mid \text{Cu}$     $E = 0'43 \text{ V}$   
 $\text{Zn} \mid \text{Zn}^{2+} (1 \text{ M}) \parallel \text{Cu}^{2+} (1 \text{ M}) \mid \text{Cu}$     $E = 1'10 \text{ V}$   
 $\text{Fe} \mid \text{Fe}^{2+} (1 \text{ M}) \parallel \text{Cu}^{2+} (1 \text{ M}) \mid \text{Cu}$     $E = 0'78 \text{ V}$
- Pila 1:    Ànode:  $\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^-$  ,    procés d'oxidació  
              Càtode:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$         procés de reducció

Pila 2:    Ànode:  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$  ,    procés d'oxidació  
              Càtode:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$         procés de reducció

Pila 3:    Ànode:  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$  ,    procés d'oxidació  
              Càtode:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$         procés de reducció

- El zinc, ja que ha donat un valor de d.d.p. més negatiu

**B2**

- $E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}} = -0'43 + 0'34 = -0'09 \text{ V}$  (valor tabulat:  $-0'13 \text{ V}$ )  
 $E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = -1'10 + 0'34 = -0'76 \text{ V}$  (valor tabulat:  $-0'76 \text{ V}$ )  
 $E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} = -0'78 + 0'34 = -0'44 \text{ V}$  (Valor tabulat:  $-0'41 \text{ V}$ )
- $E_{1-3} = E_{1-2} + E_{2-3} = +0'45 \text{ V} + (-1'08 \text{ V}) = -0'63 \text{ V}$     (obtingut  $0'65 \text{ V}$ )  
 Fent el mateix per a altres parells:  
 $E_{1-4} = E_{1-2} + E_{2-4} = +0'45 \text{ V} + (-0'85 \text{ V}) = -0'40 \text{ V}$     (obtingut  $0'35 \text{ V}$ )  
 $E_{2-4} = E_{1-4} - E_{1-2} = -0'35 \text{ V} - 0'45 \text{ V} = -0'80 \text{ V}$     (obtingut  $0'85 \text{ V}$ )
- Aquest mètode l'hem fet servir per a elèctrodes del tipus metall/ió metàl·lic. Es podria substituir, per exemple, el plom pel níquel i podríem determinar el potencial normal d'aquest elèctrode.

Aquest mètode, en principi, no serveix; però es podria mullar el paper amb una mescla de ions  $\text{Fe}^{2+}$  i ions  $\text{Fe}^{3+}$ , a concentració 1 M en cadascú i posar un tros de platí com a conductor.
- Si al coure s'hagués unit el pol positiu del sensor els valors serien positius.

 $E_{\text{Cu}^+}^0 - E_{\text{Ni}}^0 = 0'57 \text{ V}; \quad E_{\text{Cu}^+}^0 - E_{\text{H}_2}^0 = 0'34 \text{ V}; \quad \text{Busquem } E_{\text{Ni}}^0 - E_{\text{H}_2}^0$   
 $E_{\text{Ni}}^0 - E_{\text{H}_2}^0 = (E_{\text{Cu}^+}^0 - E_{\text{H}_2}^0) - (E_{\text{Cu}^+}^0 - E_{\text{Ni}}^0) = -0'34 - 0'57 = -0'13 \text{ V}$   
 Es necessita saber si la pressió del gas  $\text{H}_2$  és de 1 atm.

**AV**

1. Material: es pot veure tot el què s'ha dit a la preparació de les dos activitats. Al menys es necessiten dos sectors al paper, es pot retallar com a una corbata de llaç. L'altre metall ha de ser el coure del que sabem el potencial normal. Dissolucions de sulfat de magnesi, de sulfat de coure(II) i de nitrat de potassi. Altres supòsits: que les concentracions siguin 1'0 mol/L i la temperatura de 25°C.

Mesura: si el pol positiu es posa sobre el coure, la d.d.p. serà positiva. Es resta 0'34 del valor d'aquesta d.d.p., es canvia de signe i tindrem el potencial de l'elèctrode de magnesi.

2.  $E^0_{\text{Cu}} - E^0_{\text{Ni}} = 0'57 \text{ V}$ ;  $E^0_{\text{Cu}} - E^0_{\text{H}_2} = 0'34 \text{ V}$ ; Busquem  $E^0_{\text{Ni}} - E^0_{\text{H}_2}$   
 $E^0_{\text{Ni}} - E^0_{\text{H}_2} = (E^0_{\text{Cu}} - E^0_{\text{H}_2}) - (E^0_{\text{Cu}} - E^0_{\text{Ni}}) = -0'34 - 0'57 = -0'13 \text{ V}$

Es necessita saber si la pressió del gas  $\text{H}_2$  és de 1 atm.

3. Respectant exactament la polaritat indicada resulta que donem la volta completa. Si sumen els 4 potencials, la suma ha de donar zero, seria com mesurar la d.d.p. entre el níquel i el níquel. Per tant,

$$0'18 - 0'75 + 1'10 + V = 0 ; 0'53 + V = 0 ; V = -0'53 \text{ V}$$