

# Construcció d'una cambra de boira a l'aula

En aquesta activitat, desenvolupada a la S'cool LAB del CERN, es planteja la creació d'una cambra de boira per tal d'observar les traces dels muons procedents dels rajos còsmics, utilitzant isopropanol i gel sec. Malgrat que la realització no és especialment difícil, cal tenir cura dels petits detalls, ja que l'activitat pot sortir malament i aleshores no s'aconsegueix realitzar cap observació. En aquest cas, es faciliten alguns enllaços per veure vídeos de cambres de boira en funcionament.

En primer lloc trobareu una llista amb els materials que hem utilitzat, amb el preu aproximat i possibles llocs de compra.

A continuació s'explica el procediment detallat de construcció de la cambra de boira i, tot seguit, com utilitzar-la i què s'hi pot observar.

En els punts següents s'explica la història i l'evolució de les cambres de boira, el seu principi de funcionament i una introducció als raigs còsmics.

## 1 Els materials

### 1.1 La cambra

La cambra és l'element més crític de tot el dispositiu. En ell es disposa l'element més important (l'alcohol) i és on, si tot va bé, es produeix l'observació. És molt important que la cambra sigui estanca i que s'hi pugui acumular una quantitat de boira d'alcohol suficient, al mateix temps que ens permet la visió de les traces.

Per a complir aquest objectiu, la cambra consta de diferents elements:

## Contenedor



Ha de ser un recipient transparent (per permetre la visibilitat), de vora regular (per a que sigui estanc) i obert per la part superior, que posarem cap abaix. Pot ser de plàstic o de vidre, però el 1r és més fàcil de manipular, lleuger, resistent i econòmic. En la imatge es pot veure un comprat en un basar de la llar de la marca USE-FAMILY (model ORGANIZER nº 11 per 3 €)

Al CERN fan servir una peixera de plàstic de 11 L, que donen molt bona visibilitat, però són més cares. Hi ha gent que fa servir gots, tupperes,... penseu però que quan més petit el recipient, menys probable és l'observació.

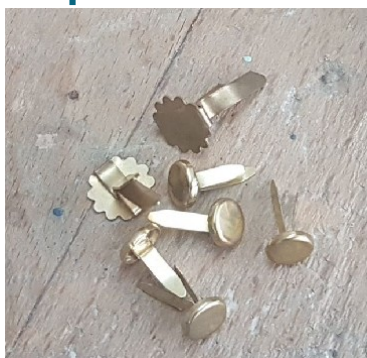
## Feltre



Per a posar l'alcohol al contenidor, es necessita una làmina de feltre gruixut (uns pocs mm). És convenient que sigui dens, per tal que pugui absorbir una bona quantitat d'alcohol abans de gotejar.

En la imatge podeu veure el que tenen a ABACUS (*Feltre per picar 20x30 per 1,05 €*)

## Enquadernadors



Per a subjectar el feltre a l'interior del contenidor, una opció és fer uns forats i subjectar-ho amb enquadernadors metàl·lics (ABACUS 100 U per 2 €)

Una altra opció -la única, si el contenidor és de vidre- és utilitzar imants.

No es recomana la utilització de coles i adhesius, ja que poden interaccionar amb l'alcohol i fer malbé l'experiment. Utilitzeu-les només si sabeu bé què esteu fent.

## Llums



Per ajudar a visualitzar les traces, cal situar un sistema d'il·luminació, amb llum blanca, intensa i uniforme. En el nostre cas es va optar per una tira de llums LEDs.

## 1.2 La superfície inferior

La superfície inferior ha de complir diferents funcions. Per una part ha de segellar el contenidor per a que s'acumuli el vapor d'alcohol, per l'altre ha de refredar-lo amb el gel sec.

### Safata metàl·lica



Aquesta serà la base de la cambra i la tapa que la segella, per tant ha de ser una mica més gran que el contenidor i completament llisa. Per facilitar l'observació va bé que sigui negra. En el nostre cas es va optar per una safata de forn (6€) amb les parets baixes per no bloquejar la visió.

Al CERN fan servir una safata especial amb una vora rebaixada per encaixar el recipient de la cambra. Amb una mica d'alcohol a l'interior de la vora, garanteixen que la cambra sigui estanca.

### Caixa per al gel



Aquesta caixa ha de contenir el gel sec en contacte amb la safata metàl·lica. Es important que tingueu en compte això a l'hora de triar les dimensions de la caixa per al gel, la safata metàl·lica i el contenidor de la cambra. En el nostre cas es van utilitzar safates de plàstic del laboratori de química. Se'n poden comprar per menys de 10 € per internet o als basars de la llar.

Vigileu que les parets no sigui gaire altes. Poden entorpir la visió i/o obligar-vos a utilitzar molt més gel sec del necessari.

## 1.3 El gel sec i l'alcohol

El gel sec (dioxid de carboni sòlid) i l'alcohol Isopropílic són els dos components químics que faran que succeeixi la màgia. Són els més difícils de trobar, els més cars i els que requereixen més cura a l'hora de ser manipulats.

Aquests són els únics materials fungibles i que no es poden reutilitzar. De tota manera, dona per a fer moltes cambres!

### Alcohol Isopropílic/ Isopropanol (90%)



Per a que vagi bé, ha de tindre una puresa superior al 90 %. Altres alcohols no funcionen correctament.

Es pot comprar en botigues de química, drogueries especialitzades o per internet.

El de la imatge és de Ecosoluciones Químicas (1 L per 15 €)

Llegiu les instruccions de seguretat!

### Gel sec



El gel sec (o neu carbònica) és diòxid de carboni en estat sòlid a  $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

La seva manipulació és delicada i cal utilitzar-lo en llocs ventilats.

Es pot comprar per internet a diferents subministradors.

A casa nostra hi ha l'empresa Friobox a Gavà que en subministra 5 kg per 40 €.

Cal tenir en compte que el gel sec es va evaporant i per tant no es pot guardar per períodes gaire llargs.

Llegiu les instruccions de seguretat!

## 1.4 Mesures de protecció

Per tal de portar a terme aquesta pràctica, especialment amb alumnes, cal tenir una sèrie de materials que ens permetin treballar amb seguretat amb el gel sec i amb l'alcohol:

### Ulleres de protecció



Com les que s'utilitzen als laboratoris de química o aules de tecnologia.

### Guants de plàstic



per manipular l'alcohol i evitar possibles reaccions al·lèrgiques en contacte amb la pell.

### Guants de protecció per al fred / Pala de jardiner



Els guants per a treballar amb gel sec i nitrogen líquid es troben a partir de 25 €.

De tota manera la manipulació del gel sec no l'haurien de portar a terme els alumnes i per tant, si no hi ha contacte amb el gel, no cal portar una protecció tant extrema. Amb uns guants pel fred n'hi ha prou.

Si el gel sec es presenta en pallets, amb uns guants pel fred i una pala de jardiner o recollidor metàl·lic el docent pot omplir les safates amb seguretat.



## 2 Construcció i utilització

### 2.1 Instruccions pas a pas

A continuació teniu les instruccions pas a pas per a muntar i utilitzar la cambra de boira.

#### Prepara el feltre dispensador d'alcohol

Mesura i talla el feltre de manera que cobreixi tota la base del contenidor de la cambra. Fes 4 o 5 forats a la base -si el recipient es molt gran, potser en calen més- i disposa la làmina de feltre a l'interior. Subjecta-la amb els enquadernadors. Si vols, pots posar una mica de cinta aïllant o de silicona per segellar i evitar que l'alcohol gotegi pels forats.

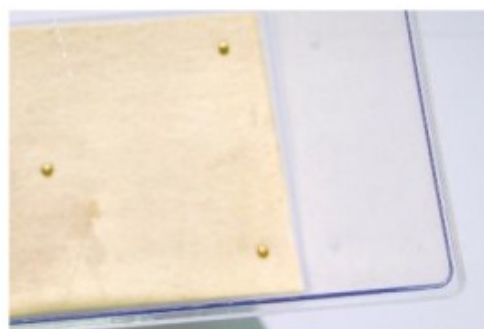
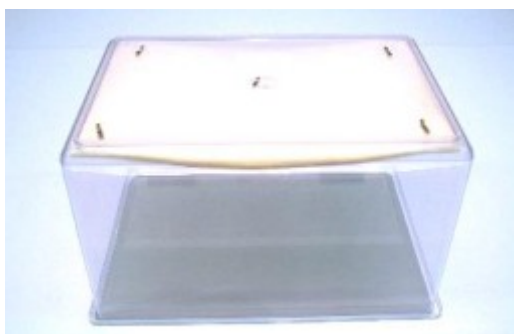


Figura 1: Font: S'Cool Lab

#### Omple la caixa amb el gel

Un cop muntat el contenidor, cal omplir la caixa amb el gel sec. No poseu la base metal·lica encara, ja que això podria fer que s'acumulés vapor d'aigua gelat a la superfície.



Figura 2: Font: S'Cool Lab

### Prepara la cambra

A continuació anem a posar l'isopropanol al recipient. Cal posar-ne tant com es pugui sense que gotegi massa, per tal d'aconseguir una atmosfera molt saturada. Per a fer-ho, mentre un membre aguanta el contenidor en posició inclinada, l'altre comença a ruixar amb alcohol la base del contenidor (que es troba en posició vertical) per la part de dalt. L'alcohol anirà xopant el feltre cap avall. Sabreu que està xop quan aparegui un petit bassal d'alcohol a la part inferior. Si es vol es pot donar la volta al contenidor i repetir al revés per assegurar que està tot ben xop.

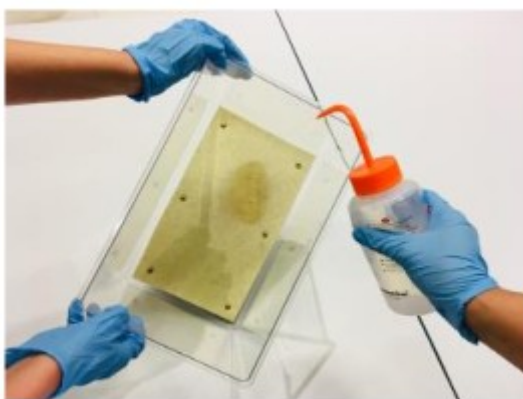


Figura 3: Font: S'cool Lab



### Col·loca la base

Un cop xop el contenidor amb l'isopropanol, col·loca la base metàl·lica sobre el gel sec. Cal que la base estigui en contacte amb el gel per a que condueixi el fred adequadament.



Figura 4: Font: S'Cool Lab



## Posa el contenidor

Situa el contenidor cara abaix sobre la placa metàl·lica. Cal que el contenidor quedi segellat per a que el vapor d'alcohol no marxi. Si el contenidor té una vora regular i la base metàl·lica és ben plana, n'hi ha prou amb situar un o dos llibres ben pesats sobre el contenidor per a que el mantinguin pressionat contra la base.

Si amb això no és suficient, es pot fer servir un rivet de goma o cinta aïllant, sempre vigilat que no es cobreixi la zona de visualització.

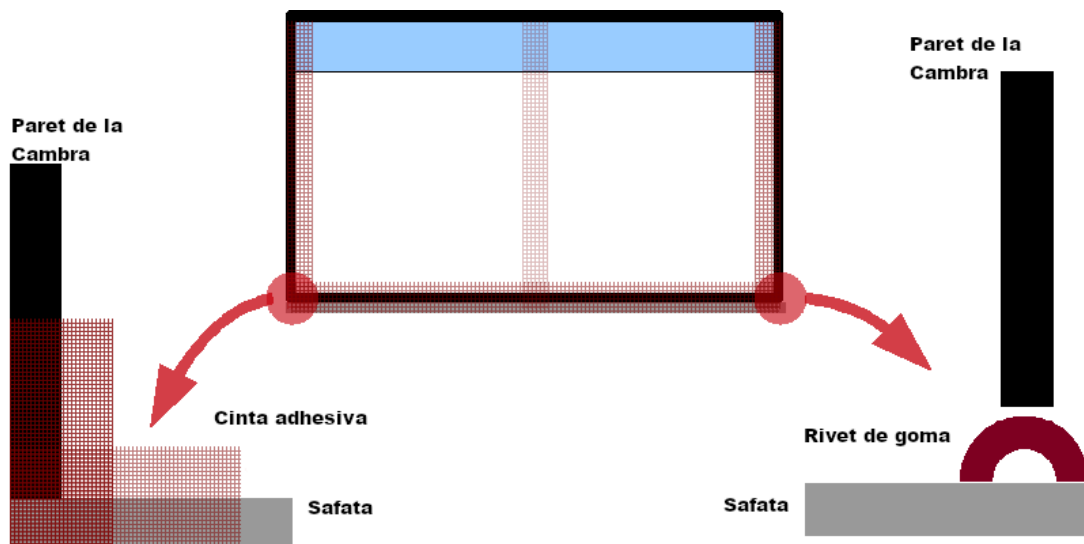


Figura 5: Font: El rincón de la ciencia


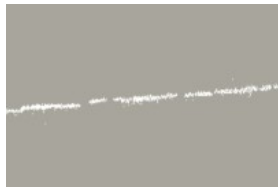
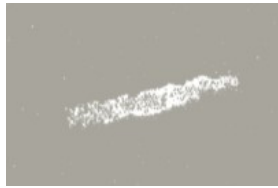
Després d'uns minuts, la cambra s'haurà refredat el suficient per a que es produeixi sobre la safata una zona amb una acumulació estable de boira d'alcohol.


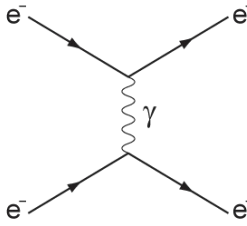

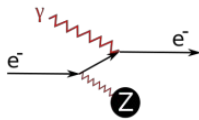
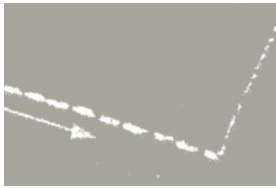
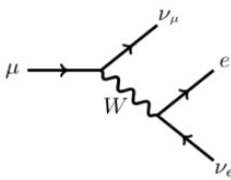
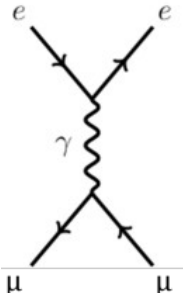
És el moment d'apagar els llums i de encendre els leds. S'haurien de començar a veure trajectòries de partícules creuant a través de la boira. Aquestes trajectòries tenen un aspecte semblant a fils de teranyina que es desfan en poc més d'un segon.



## 2.2 Observació

Veureu diferents tipus de trajectòries, que difereixen en longitud, gruix i forma i són produïdes per diferents tipus de partícules.

Imatge	Partícula	Descripció
© Karlsruher Institut für Technologie (KIT)		
	muó o antimuó	<p>Trajectòries rectes primes i llargues</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- partícules ràpides amb alta energia cinètica</li> <li>- ionitzen molècules sense dispersar-se</li> <li>- muons d'alta energia, electrons o les seves antipartícules corresponents</li> </ul>
	electró o positró d'alta energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- font: partícules còsmiques secundàries</li> </ul> <p>Són les més comunes.</p>
	Sistema de partícula $\alpha$	<p>Trajectòries rectes gruixudes i curtes (aprox. 5 cm):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sistemes de partícules alfa (2p2n)</li> <li>- sistemes de partícules massives amb alta "ionització" densitat "(per alfa: 1 MeV / cm)</li> <li>- font: gas Radon-222, radiació natural</li> </ul> <p>Són força rares.</p>

<p><b>Imatge</b></p> <p>© Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</p>	<p><b>Partícula</b></p>	<p><b>Descripció</b></p>
	<p>Electró</p> 	<p>Pistes arrissades / corbes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Els electrons lents es dispersen amb altres electrons mitjançant la interacció electromagnètica. Com més baix sigui l'impuls d'una partícula, més fàcil es dispersa</li> <li>- Els fotoelectrons són electrons de baixa energia alliberats per fotons d'alta energia (mitjançant l'efecte fotoelèctric)</li> </ul>
	<p>fotoelectró</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Font: transformació de muons, emissors beta, efecte fotoelèctric</li> </ul>
	<p>Transformació muònica</p> 	<p>Enganxaments:</p> <p>Això podria ser una transformació de muons (o anti-muons) en un electró (o positró), un neutrí i un antineutrí.</p>
<p>Y</p>		<p>Forma de Y:</p> <p>Podria ser un muó que arranqui un electró (unit a un àtom) mitjançant la dispersió electromagnètica.</p>

## 2.3 Problemes

Malgrat que la cambra de boira no presenta gaire dificultat en si, es possible que les coses no surtin com esperàvem. A continuació teniu alguns dels problemes més comuns i algunes possibles solucions, així com algunes qüestions habituals.

Problema/ Pregunta	Solució
No veig cap traça!	Poden haver diversos motius. Assegureu-vos que la superfície activa de la cambra (1 cm per sobre de la planxa metàl·lica) està ben il·luminada. Comproveu que la cambra està ben aïllada i saturada de isopropanol. Cal que el gel sec entri en contacte amb la planxa. Si feu servir blocs de gel sec, assegureu-vos que no tenen aigua gelada a la seva superfície.
Veig bé la boira, però cap traça	Paciència. Es triga uns 5 minuts a tenir la cambra a ple rendiment. Si ja ha passat el temps, assegureu-vos que teniu el tipus correcte d'alcohol: altres alcohols diferents poden tenir energies d'activació més grans que no permetin la ionització
Veig núvols grans al marges de la cambra	Possiblement hi ha una fuga d'aire. Comproveu l'estanqueitat.
La plata metàl·lica té una capa de neu	A vegades l'humitat de l'aigua es condensa i fa aparèixer una grebrada sobre la placa i dificulta l'observació de traces. Cal tornar a començar. Netejar la superfície metàl·lica, assecar-la, preparar la cambra amb isopropanol i tancar-la ràpidament, passant la planxa a l'últim moment.

### 3 Història

La cambra de boira és un dels detectors de partícules més antics i va permetre uns quants descobriments importants fins a la seva substitució per les cambres de bombolles.

La primera cambra de boira fou dissenyada i construïda pel físic escocès Charles Wilson el 1912, quan investigava al Cavendish Laboratory de la Universitat de Cambridge, i contenia aire saturat de vapor d'aigua com a gas ionitzable. Per aquest invent rebé el Premi Nobel de Física el 1927.

Alguns dels descobriments més importants fets gràcies a la cambra de boira, inclouen el descobriment del positró i del muó per part de Carl Anderson, pels que va rebre el premi Nobel de Física el 1936.

### 4 Funcionament

El funcionament de la cambra de boira es basa en la sobresaturació de vapor d'alcohol a l'interior de la cambra.

A la part superior, l'isopropanol s'evapora del feltre i cau lentament cap a la part inferior de la cambra, ja que és un gas més pesat que l'aire.

El gel sec manté la part inferior a una temperatura extremadament baixa, per tant el isopropanol es refreda molt ràpidament a mesura que cau. El resultat és allò que anomenem un ambient supersaturat d'alcohol. Es a dir, l'alcohol és en estat gasós, però a una temperatura en la que normalment el vapor d'isopropanol no pot existir. Així doncs, es condensarà en estat líquid si qualsevol pertorbació afecta a aquest delicat equilibri.

Així, quan una partícula carregada elèctricament travessa la cambra, ionitza el vapor, arrossegant els electrons d'algunes de les

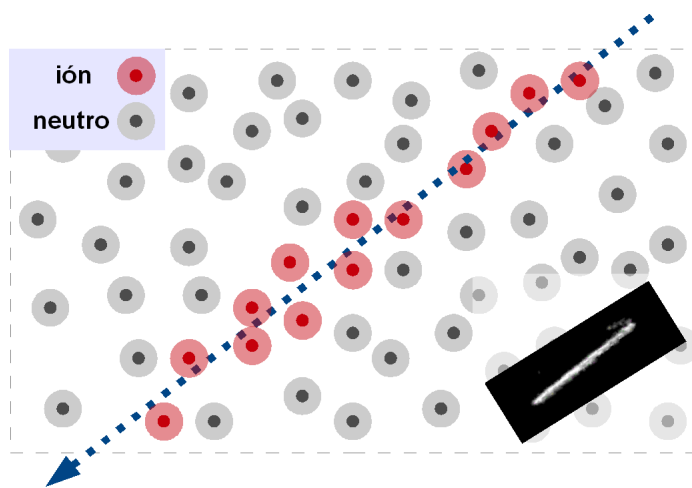


Figura 6: Font: El rincón de la ciencia

molècules de gas que troba al seu camí. Això fa que aquestes molècules de vapor de alcohol quedin carregades positivament, i és suficient per a començar el procés de condensació: gotetes d'alcohol es formen al llarg del camí seguit per la partícula inicial a través de la cambra. L'acumulació d'aquestes gotes formen les traces que veieu aparèixer.

## 5 Agraïments

A tota la gent del S'Cool LAB, i en especial a Jeff Wiener, per acostar aquesta activitat a tants i tants professors i alumnes.

A en Paco Barradas per la seva passió, i per obrir camins que els altres recorrerem darrera seu amb ulls meravellats.

## 6 Referències

Woithe, J. (2016). CLOUD CHAMBER. S'Cool LAB - Do-it-yourself manual.

Barradas, F. (2009). Cámara de niebla. [online] Available at: <http://rincondelaciencia.educa.madrid.org/practica2/pr-78/pr-78.html>

Wikipedia Contributors (2021). Cloud chamber. [online] Wikipedia. Available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud\\_chamber](https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_chamber)