

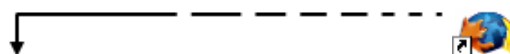
[Sumari](#)



OBSERVACIÓ I ESTUDI DE PARTÍCULES SUBATÒMIQUES AMB UNA CAMBRA DE BOIRA

Eduard Hernández Estrada

Es presenta un treball de recerca de batxillerat realitzat per l'alumne Mohammad Younus Begum "Faruk" durant el curs 2013-2014 a l'Institut Milà i Fontanals de Barcelona.



Introducció

La realització d'aquest treball permet aprofundir en un dels temes que sovint, per manca de temps en els cursos de física de 2n de batxillerat, no aconseguim explicar, com és la física de partícules. A partir de la construcció d'una cambra de boira de baix pressupost (menys de 100 euros), es fa un recompte de les partícules elementals observades en diferents moments d'un dia i es relaciona amb la radiació solar incident a la Terra. El treball es pot complementar, com es va fer en el nostre cas, amb una visita al Síncrotró ALBA de Cerdanyola del Vallès, que tot i no tenir el mateix objectiu que un accelerador de partícules, sí que permet fer-se una idea de com es duu a terme l'estudi del món subatòmic.

Guia per al professorat

Model estàndard de partícules

Des de la primera teoria atòmica formulada per J. Dalton el 1807, fins a l'any 2012 amb la troballa de l'esperat bosó de Higgs al CERN, la física del segle XX ens ha llegat una gran quantitat de partícules subatòmiques que ens han ajudat a millorar la comprensió de la matèria i l'univers.

A partir del descobriment de l'electró a finals del segle XIX, les diferents partícules subatòmiques, moltes de les quals havien estat teoritzades prèviament, anaren essent descobertes una rere l'altra, de manera que es va anar construint el que anys més tard s'anomenaria model estàndard de partícules. Aquest model presenta una gran quantitat de partícules, que classifica en partícules de matèria, partícules mediadores d'interacció i bosó de Higgs.

Segons aquest model, pràcticament la totalitat de la matèria de l'univers està formada per partícules amb una propietat intrínseca anomenada *spin* que té un valor igual a $1/2$. Aquestes partícules s'anomenen *fermions* i n'hi ha dotze de diferents, a més dels antifermions¹ corresponents.

Els fermions es classifiquen en leptons i quarks, i aquests darrers s'agrupen de diferents maneres per formar hadrons, els més coneguts dels quals són el protó i el neutró.

La física explica l'existència de quatre forces o interaccions fonamentals en la naturalesa: la força electromagnètica, les forces nuclears forta i feble i la força gravitatòria. El model estàndard proposa que aquestes forces es transmeten a partir de partícules mediadores de massa nul·la anomenades *bosons*, que tenen un *spin* igual a 1. Un dels més coneguts és el fotó, com a mediador de la interacció electromagnètica.

El bosó de Higgs és, com el seu nom indica, un bosó, però té un *spin* 0, i va ser descobert l'any 2012 al CERN després de ser-ne predita l'existència cinquanta anys abans. L'estudi d'aquesta partícula haurà de permetre conèixer l'origen de la massa en les altres partícules elementals.

Rajos còsmics i muons

La majoria dels protons que arriben a la Terra provenen del Sol i constitueixen l'anomenat *vent solar* o *rajos còsmics de baixa energia*. Aquests protons interaccionen a les capes altes de l'atmosfera i produeixen una gran

quantitat de partícules que alhora interaccionen entre elles i generen el que s'anomenen *cascades electromagnètiques* i *hadròniques* o *rajos còsmics secundaris*. Entre les partícules que arriben a la superfície terrestre, trobem els muons [1], que, amb unes 200 vegades la massa de l'electró, són fàcilment observables amb cambres de boira senzilles. D'altra banda, l'observació d'aquestes partícules constitueix una prova de la dilatació del temps enunciada per A. Einstein en la teoria de la relativitat especial.

Cambra de boira

Existeix una gran quantitat d'informació respecte a la construcció de cambres de boira amb materials quotidians. En el nostre cas hem utilitzat la proposta de J. M. Valls i M. Segura al curs Física Popular, a l'aula que imparteixen des de fa uns quants anys [2]. En aquestes cambres s'observen sobretot muons, però també hi podem observar altres partícules. A grans trets, el seu funcionament consisteix en una atmosfera sobresaturada d'isopropanol i un elevat gradient de temperatura que s'aconsegueix amb gel sec², dins una cambra transparent. En el nostre cas vam utilitzar un aquari de $15 \times 30 \times 30$ cm (vegeu la figura 1). Quan la cambra arriba a la temperatura necessària i amb la il·luminació adequada, el pas d'una partícula produeix una pertorbació en l'atmosfera que trenca l'estat de sotarefredament en què es troba el vapor d'alcohol proper a la base, i produeix la condensació de petites gotetes d'isopropanol, observables fàcilment (vegeu la figura 2). Nosaltres vam utilitzar un llum de LED, que en ser freda no produeix variacions de temperatura.



Fig. 1: Cambra de boira (Autor: M. Younus)

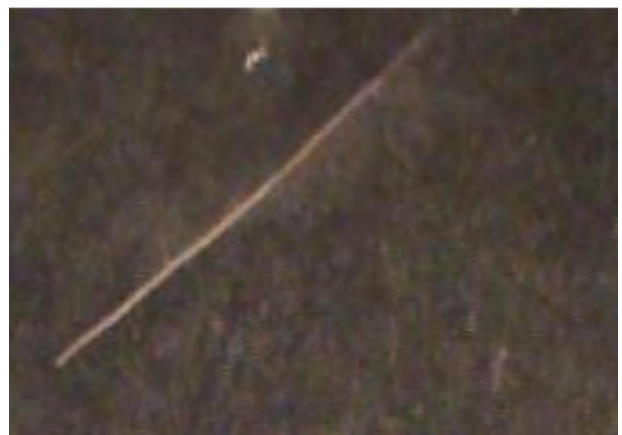


Fig. 2: Traça d'una partícula (Autor: M. Younus)

Hipòtesi

El nostre treball experimental partia de la proposta de J. Barrio Gómez de Agüero [3]. La qüestió que s'investigava fou la següent: si la majoria de muons que arriben a la Terra es produeixen a les capes altes de l'atmosfera a causa de la interacció amb els protons provinents del Sol, és previsible, i en això es basa la nostra hipòtesi, que a les hores centrals del dia, amb un gruix d'atmosfera més petit per travessar, arribin més muons a la superfície terrestre que no al matí o al capvespre, quan el Sol és més baix a l'horitzó i els muons haurien de travessar una atmosfera més gruixuda.

Disseny experimental

Per comprovar la hipòtesi, en el nostre cas vam gravar en vídeo l'interior de la cambra a les 8h, les 11h, les 15h i les 17:40h³. Gravàvem durant uns quants minuts al voltant de l'hora que volíem estudiar i després calia visionar a l'ordinador fraccions d'un minut, recomptar totes les partícules de forma visual a velocitat de visionament lenta i ponderar-les per segon i centímetre quadrat, tenint en compte la superfície de la cambra. De cada vídeo es prenen fraccions d'un minut i es calculava la mitjana del nombre de partícules. Davant la dificultat d'identificar exactament quines eren muons i quines no, vam optar per fer un recompte de totes les partícules. De totes formes es pot intentar esbrinar quines partícules s'observen seguint les recomanacions de [4] i [5]. Ponderar les partícules observades per segon i per centímetre quadrat permetia fer estimacions en períodes de temps més llargs i per a superfícies més grans.

Resultats

Els resultats en termes absoluts i ponderats van ser els següents:

| HORA | Nombre de partícules / minut | Nombre de partícules / segon · cm ² |
|--------|------------------------------|--|
| 8:00h | 41 | $2,1 \cdot 10^{-3}$ |
| 11:00h | 68 | $3,5 \cdot 10^{-3}$ |
| 15:00h | 99 | $5,1 \cdot 10^{-3}$ |
| 17:40h | 62 | $3,2 \cdot 10^{-3}$ |

Taula. 1: (Autor: M. Younus)

En el gràfic següent es poden veure els resultats obtinguts:

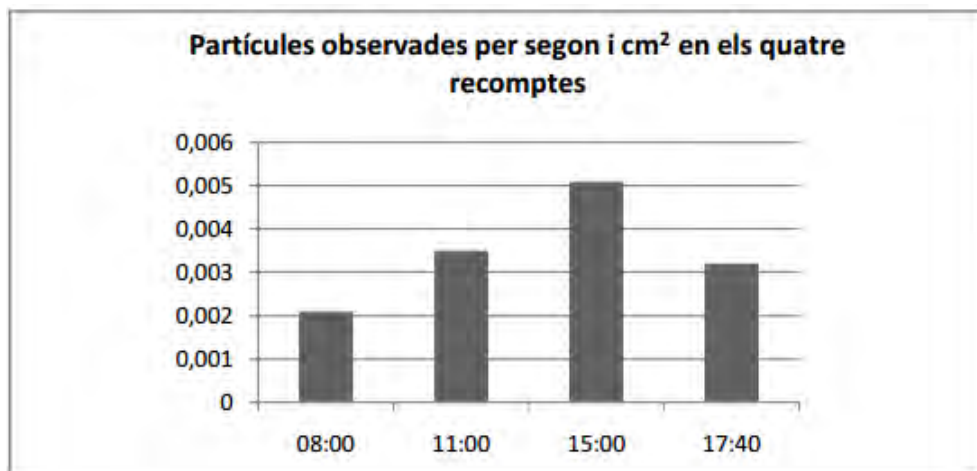


Fig. 3: (Autor: M. Younus)

Veiem que s'observen més partícules a les hores centrals del dia que no al matí i a la tarda.

Conclusions

Tal com volíem demostrar, la quantitat de partícules observades varia durant el dia i és superior a les hores centrals i inferior al matí i a la tarda. Els muons, en haver de travessar un gruix més gran d'atmosfera al matí o a la tarda, interaccionen més i n'arriben menys quantitat. Passa a l'inrevés quan el Sol guanya alçada. Alguns estudis demostren que la variació de la taxa de muons entre dia i nit no supera el 2%. No és així en el nostre perquè, com hem dit, davant la dificultat d'identificar exactament els muons, hem optat per comptar totes les partícules observades

Una possibilitat per seguir investigant seria, per exemple, fer la mateixa observació a diferents estacions de l'any i fer hipòtesis sobre com variarà la corba de partícules observades.

Des d'un punt de vista pedagògic, el treball és un perfecte exemple d'aplicació del mètode científic i, en aquest sentit, creiem que pot ser molt útil com a treball de recerca al batxillerat.

Referències

- [1] **Arqueros, F.** "Las partículas más energéticas de la naturaleza". 100cias@uned [en línia] 2009. Núm. 2, nueva época. [Consulta 5 de novembre de 2015]. Disponible a <http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:revista100cias-2009-2ne-1021/Documento.pdf> ISSN 1989-7189.
- [2] **Valls, J. M. i Segura, M.** "La clau de volta". 1a edició. Barcelona: Escola Pia de Catalunya, 2014. ISBN 978-84-616-9817-2.
- [3] **Barrio, J. et al.** "Cooking muons". I Concurso de Divulgación Científica del CPAN [en línia] 2010. [Consulta 5 de novembre de 2015]. Disponible a <https://www.icpan.es/concurso/ganadores/73CookingMuons.pdf>.
- [4] Laboratori de Física Nuclear i de Partícules. Departament de Física Atòmica, Molecular i Nuclear. Facultat de Física, Universitat de València. "La cámara de niebla de difusión". [en línia] 2011. [Consulta 5 de novembre de 2015]. Disponible a http://mural.uv.es/ferhue/4o/fnp/labfnp_p3.pdf.
- [5] **Folland, A.** "How to build a Cloud Chamber". Cornell University. Wilson Lab. Community Environmental Monitoring Program. Workshop 2006 [en línia] [Consulta 5 de novembre de 2015]. Disponible a <http://www.cemp.dri.edu/cemp/workshop2006/presentations/How to Build a Cloud Chamber.pdf>.

Notes

¹L'antimatèria va ser predita per P. Dirac el 1928 i uns quants anys més tard s'aconseguí trobar les primeres antipartícules.

²Una opció per aconseguir gel sec a prop de Barcelona és <http://www.hielo-seco.net>

³Per qüestions horàries del centre no fou possible fer l'observació a les 18h com hauria estat més adequat per seguir una regularitat entre les observacions.



Sumari

◀ 5/8 ▶

[Inici](#)

[Com podeu col·laborar?](#)

[Subscripció](#)

ISSN: 1988-7930 **DL:** B-31773-2012 **Adreça a la xarxa:** www.RRFisica.cat **Adreça electrònica:** redaccio@rrfisica.cat difusio@rrfisica.cat

Comitè de redacció : Josep Ametlla, Octavi Casellas, Xavier Jaén, Gemma Montanyà, Octavi Plana, Jaume Pont.

Treballem conjuntament : Societat Catalana de Física, Associació de Professores i Professors de Física i Química de Catalunya, XTEC, Universitat Politècnica de Catalunya, Universitat de Barcelona



Aquesta obra està subjecta a una [Llicència de Creative Commons](#)



Programació web: Xavier Jaén i Daniel Zaragoza.

Correcció lingüística: Serveis Lingüístics de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Recursos de Física col·labora amb [la baldufa](#) i també amb [ciències](#) Revista del Professorat de Ciències de Primària i Secundària (Edita: CRECIM-UAB)