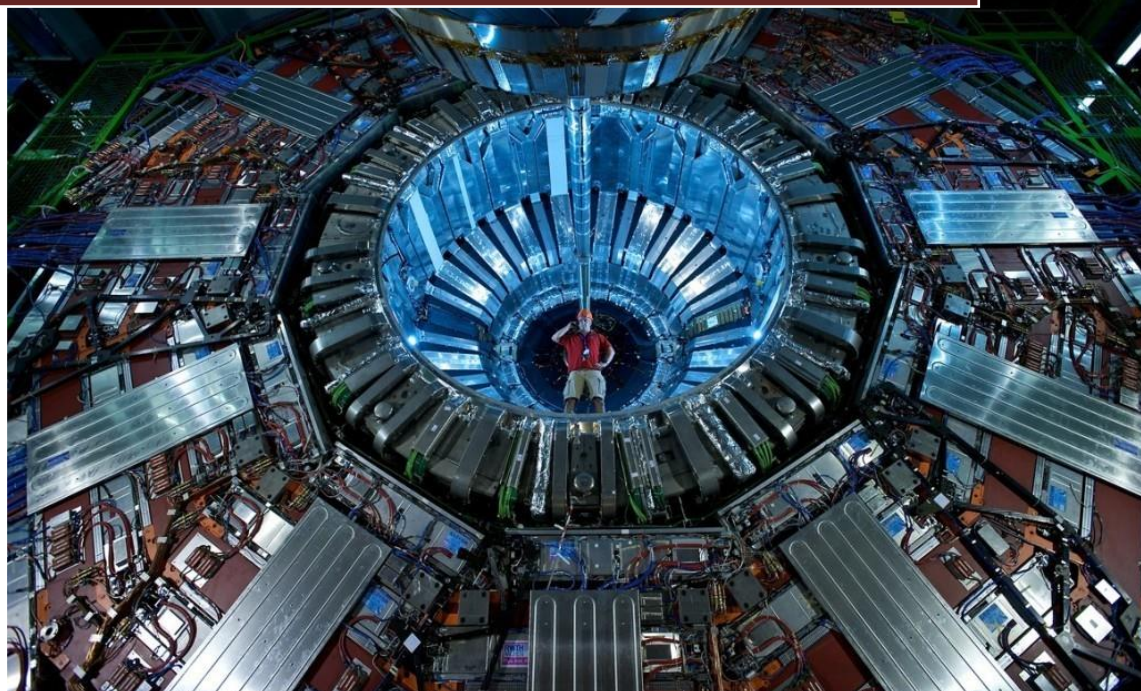


# Estructura de la matèria. De Rutherford a l'ALBA



Publicacions CRECIM  
Col·lecció REVIR 2016



“Estructura de la matèria. De Rutherford a l’ALBA”, seqüència didàctica per a l’estudi de l’estructura atòmica. Creada per Digna Couso, Lluïsa Herreras i Josep Olivella.

Maquetació i revisió: Maria Navarro i Maria Dalmases

Es distribueix sota una llicència Creative Commons Atribució-NoComercial-SenseDerivar 4.0 Internacional

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

totes les imatges utilitzades són pròpies o d’ús lliure

Citar com:

Couso, D., Herreras, Ll. i Olivella, J. (2016). *Estructura de la matèria. De Rutherford a l’ALBA. Seqüència didàctica per a l’estudi de l’estructura atòmica*. Barcelona: Publicacions CRECIM

El projecte REVIR és un projecte del CRECIM, amb el suport de l’Obra Social “La Caixa” i la Universitat Autònoma de Barcelona.

## Indicacions per al professorat

---

### Objectius didàctics de la seqüència

---

La seqüència pretén que l'alumnat de 2n de Batxillerat entengui com es pot estudiar l'estructura interna de la matèria; com podem conèixer la forma i l'estructura d'una cosa que no podem veure. Conèixer l'estructura interna dels materials ha estat sempre un dels objectius de la ciència per la importància que té a l'hora de, per exemple, dissenyar fàrmacs, nous materials, etc.

L'alumnat utilitzarà un model analògic (similar als utilitzats històricament en el descobriment de l'estructura interna de l'àtom) en el qual haurà d'esbrinar la forma d'un objecte a partir de les trajectòries degudes als xocs de bales amb la mateixa. En aquest apartat es tractaran algunes lleis d'òptica (angle de sortida igual al angle d'entrada, la tangent com a solució de xocs amb superfícies corbades).

A continuació, s'utilitzarà una simulació digital en la qual es reproduïx l'experiment de Rutherford que va portar al descobriment del nucli de l'àtom i a la revisió del model de Thomson, que era el vigent i considerat com a vàlid a l'època.

De manera menys profunda, es tracta també la naturalesa de les ciències experimentals. S'incideix, per exemple, en que la ciència no explica veritats absolutes, ja que la ciència està en constant revisió i evolució. També es planteja el fet que un model que no explica els nous descobriments no és un model no vàlid, en tot cas, és un model que no és complet, ja que s'ha de completar amb les explicacions de les noves evidències.

Finalment, s'espera que l'alumnat entengui, tot i que no de manera específica, el funcionament dels diferents tipus d'acceleradors existents i, en particular, el que tenim més a prop: l'ALBA, ja que utilitzen estratègies similars per conèixer l'estructura de diferents substàncies.

### Material, muntatge experimental i eines digitals que es fan servir

---

Per a la realització de la seqüència serà necessari el següent material:

- Diferents taulells amb diferents formes amagades tal i com s'indica a la imatge :



- Bales de mida diferent

També caldrà l'eina digital següent:

- Simulació de l'experiment de Rutherford que podeu trobar al següent [link](#).

## Estructura de la seqüència

---

La sessió es divideix en 3 parts principals amb una durada de 2 hores la primera, 1 hora i mitja la segona i mitja hora la tercera:

**Primera part:** Exploració de l'ús dels raigs X, disseny de l'experiment analògic.

1. Els raigs X ajuden a guanyar la batalla contra les malalties coronàries
2. Una "fotografia especial"
3. Una altra manera de "veure"

**Segona part:** Anàlisi del model de Thompson, simulació del experiment de Rutherford, generació d'un nou model basat en les noves dades.

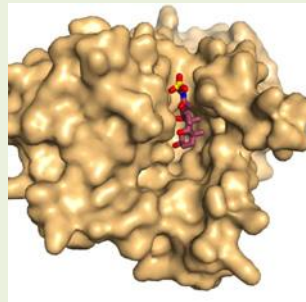
4. Estructura de l'àtom. L'anàlisi del model de Thomson
5. L'Experiment de Rutherford

**Tercera Part:** Comparació de les formes de treballar de Rutherford, l'ALBA, i el LHC.

6. El LHC i l'ALBA

## 1. Els raigs X ajuden a guanyar la batalla contra les malalties coronàries

Un grup de científics de l'**Imperial College de Londres** ha revelat l'estructura de la proteïna ASBT, un dels components dels medicaments que lluiten contra l'excés de colesterol. Això ha estat possible gràcies als raigs X obtinguts en el **sincrotró europeu ESRF** situat a Grenoble.



*Fig1. Model de l'estructura de la proteïna ASBT.*

La determinació de l'estructura d'aquesta proteïna és essencial per a dissenyar medicaments que siguin més efectius en la lluita contra els alts nivells de colesterol, nivells que tenen una influència directa en l'aparició de malalties coronàries. Perquè el medicament sigui més efectiu és necessari que la proteïna ASBT tingui la "forma" més adequada per poder interactuar amb els greixos que ingerim en menjar i d'aquesta manera reduir els nivells de colesterol a la sang.

Discuteix en grup:



Per què penses que és important "veure" l'interior d'un objecte? De quines maneres creus que es pot "veure" l'interior d'un objecte?

## 2. Una “fotografia especial”



*Fig. 2. Imatge d'una mà presa amb una càmera de fotos i la imatge de la mateixa captada per rajos X.*

Discuteix en grup:



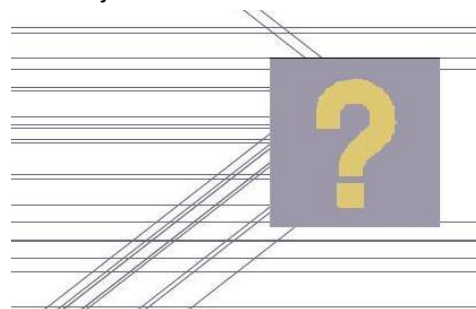
Quina penses que és la diferència que hi ha entre la manera d'obtenir cadascuna de les imatges? Com es podrien aconseguir radiografies amb més detalls?

### Què diu la ciència?

**Wilhem Konrad Röntgen** va descobrir l'any 1894 els raigs X de manera accidental. Amb aquesta radiació, Röntgen podia veure el que havia sota de la pell d'una persona. Amb els raigs X podem "observar" l'interior del cos humà mitjançant radiografies. La pell és opaca a la llum visible i l'aire és transparent a ella. Els teixits ossis són opacs als raigs X i els teixits tous són transparents a aquests. Els raigs X ens permeten veure fractures dels ossos, objectes situats a l'interior del cos humà, etc.

## 3. Una altra manera de “veure”

Els raigs X també permeten observar l'estructura de diferents objectes. Ara bé, els científics també utilitzen un altre mètode per veure l'estructura de, per exemple, els components elementals de la matèria, que consisteix a disparar partícules contra l'objecte a estudiar. Les partícules interactuen amb l'objecte donant lloc a un "mapa" que mostra les trajectòries seguides per elles. A partir de l'estudi de les trajectòries, els científics són capaços d'analitzar la forma i l'estructura de l'objecte.



*Fig. 3. Esquema de la taula de fusta amb l'objecte amagat i les trajectòries de les bales.*

A la taula trobaràs un tauler gran de fusta sota el qual s'ha amagat un objecte. La teva tasca consistirà en descobrir la forma i la mida d'aquest sense veure'l. Per aconseguir-ho, disposes d'unes bales de mida diferent.

## Discuteix en grup:



Dissenya un mètode experimental per poder esbrinar la forma i la mida de l'objecte desconegut.

## Completa al teu dossier:



**3.a.** Com determinaràs la mida de l'objecte?

**3.b.** Com descobriràs la forma de l'objecte?

**3.c.** Com detectaràs si els objectes tenen detalls més petits?

**3.d.** Com podries confirmar les teves conclusions sobre la forma i la mida de l'objecte desconegut sense mirar-lo?

Amb ajuda de bales de mides diferents i d'un full de paper situat a la part superior del tauler fes un esbós de les trajectòries que segueixen les bales a l'anada i a la tornada. Analitza les trajectòries obtingudes i fes un dibuix de la forma de cada objecte.

Quan hagis descobert la forma del teu objecte, et proposem que esbrinis la forma d'altres.



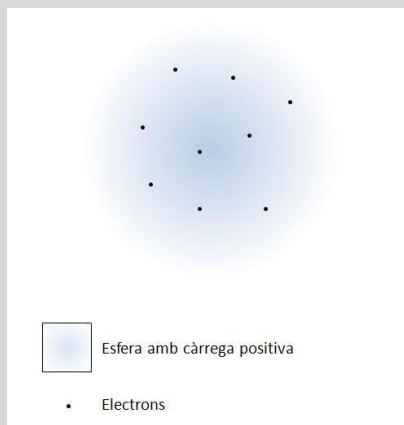
## 4. Estructura de l'àtom. L'anàlisi del model de Thomson

En els apartats anteriors hem vist algunes estratègies que podem utilitzar per a conèixer la forma, la mida o l'estructura de l'interior d'un objecte, d'una substància o, en general, de la matèria.

Una de les aventures més apassionants que podem trobar en la història de la ciència és la d'esbrinar com és l'interior de la matèria. Aquesta recerca ha estat paral·lela a altres descobriments que van fer poder trobar models cada vegada més explícits de les evidències que es van anar trobant.

### Què diu l'història de la ciència?

Röntgen va descobrir els raigs X mentre estudiava els "raigs catòdics" que, a finals del segle XIX, constituïen un dels camps principals d'estudi en la física. Experiments detallats mostraven de manera clara que els "raigs catòdics" eren en realitat un feix de partícules de càrrega negativa. J.J. Thomson va demostrar que aquestes es trobaven a l'interior de tots els àtoms, fos l'àtom que fos, i els va anomenar **corpúscles**. Més endavant aquestes partícules van ser batejades amb el nom **d'electrons**.



**Fig. 4.** Model de l'àtom de J.J. Thomson.

Si l'àtom, indivisible fins llavors, contenia al seu interior unes partícules més petites (els electrons) es podia plantejar la pregunta de com estaven col·locats aquests electrons en l'interior de l'àtom. J.J. Thomson va proposar l'any 1904 un model teòric que donava resposta a la pregunta sobre quin era l'estructura de l'àtom.

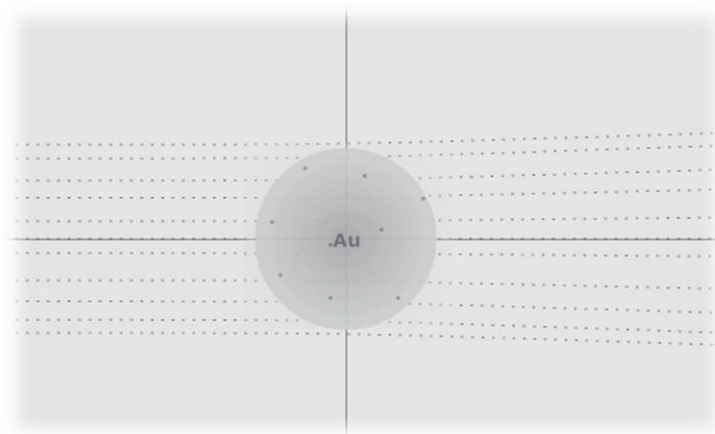
Paral·lelament, a principis del segle XX havia fet aparició un altre importantíssim camp d'investigació: la radioactivitat. **Rutherford** i els seus col·legues **Geiger** i **Marsden** estaven estudiant la radiació alfa quan van donar amb uns resultats, per a ells, sorprenents. La comprensió d'aquestes dades feia necessari estudiar quin era l'**estructura de l'àtom**.





*L'objectiu d'aquest apartat és analitzar el que Rutherford esperava trobar basant-se en el model d'àtom de Thomson.*

Rutherford va dissenyar un experiment consistent a bombardejar amb partícules alfa unes làmines molt primes d'un determinat metall, com per exemple l'or. Per fer les seves prediccions es basà en el model atòmic acceptat aleshores: el model atòmic de Thomson. Rutherford va suposar que obtindria el següent mapa de trajectòries:



*Fig. 5. Predicció de Rutherford de les trajectòries de les partícules alfa quan travessaven un àtom d'or.*

Completa al teu dossier:



**4.a.** Com creus que Rutherford, amb el mapa de trajectòries que havia predit i que podeu observar a la figura anterior, podia explicar:

- a) que les partícules alfa travessen l'àtom
- b) que quan travessen l'àtom es desvien una mica
- c) que les que no travessen l'àtom també es desvien

Així, a partir de l'estudi de les trajectòries seguides per aquests projectils es podria tenir evidències del model teòric d'àtom suposat o refutar-ho i proposar un altre model, si calgués, per tal d'explicar els resultats que s'obtinguessin al fer l'experiment.

## 5. L'Experiment de Rutherford

Per dur a terme aquest experiment, Rutherford va treballar amb una placa metàl·lica ja que no podia treballar només amb un àtom. A més a més, com que no podia treballar tampoc amb partícules alfa individuals va treballar amb una font radioactiva que emetia moltes partícules alfa. Per altra banda, quan Rutherford va dur a terme aquest experiment, no podia visualitzar les trajectòries de les diferents partícules alfa; només podia saber en quina posició arribaven.

Un cop les partícules alfa havien travessat la placa metàl·lica incidien sobre una pantalla obtenint-se així un breu flaix de llum, un centelleig, que s'observava a través d'un visor mòbil que es podia col·locar en diferents posicions modificant l'angle del visor amb l'horitzontal. Un cop travessada la placa metàl·lica, les partícules alfa es podien dispersar en diferents angles. El nombre de flaixos en un cert angle es podia mesurar col·locant el visor en aquella posició.



*L'objectiu d'aquesta activitat és analitzar si l'experiment de Rutherford confirma el model atòmic de Thomson.*

Completa al teu dossier:

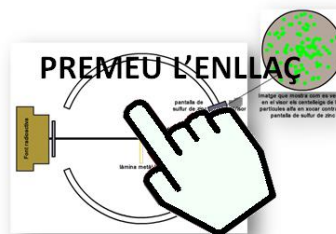


**5.a.** Tenint en compte el model de Thomson, en quins angles hauries de col·locar el visor per a obtenir la majoria de flaixos possibles?

**5.b.** Segons el model de Thomson, esperaries obtenir algun flash per a angles grans?

Per tal de comprovar la teva predicció, utilitzaràs una **miniaplicació d'Internet**. Tria en la simulació els següents valors: **gold, partícules alfa de 3.0 MeV**.

Per posar en marxa la simulació i aturar-la cal prémer el botó **FireParticles**.



[http://www.kcvs.ca/site/projects/physics\\_files/rutherford/historical\\_scattering2.swf](http://www.kcvs.ca/site/projects/physics_files/rutherford/historical_scattering2.swf)

## Completa al teu dossier:



- 5.c. Què observes quan el visor es col·loca en angles petits?
- 5.d. Què observes quan el visor es col·loca en angles grans?
- 5.e. Com explicaries els resultats que has obtingut en la simulació per a angles grans?
- 5.f. En aquell moment històric, sabien que la partícula alfa era molt més grossa i massiva que els electrons. A partir d'aquesta informació, podries afegir algun aspecte a l'explicació que has donat a la pregunta anterior?
- 5.g. Es pot concloure que el model atòmic de Thomson està d'acord amb els resultats que has obtingut en la simulació?
- 5.h. **Predicció:** Fes una proposta del nou model d'àtom que penses que Rutherford es va plantejar per a poder explicar els resultats obtinguts en el seu experiment. Fes un esquema de la teva proposta.

## 6. El LHC i l'ALBA

---

### Science Journal

Altre lloc gestionat amb el WordPress

Pàgina d'inici

### Acceleradors de partícules

5

Publicat el [17/02/2012](#)

Ei gent!!

L'altra dia vaig anar a una de les xerrades dels "dissabtes de la Física" que fan a la UAB. El professor va parlar del detector ATLAS que podria haver trobat candidats a una partícula elemental que els físics anomenen "bosó de Higgs".

A la xarxa he trobat que l'ATLAS és un detector de partícules que es troba instal·lat en el LHC, però no acabo d'entendre que és això del LHC. Algú m'ho sabria explicar?

Publicat dins de [General](#) | [5 respostes](#)

ARXIU

- [febrer 2012](#)

META

- [Entra](#)



Miquel el 17/02/2012 a les 16:42 ha dit:

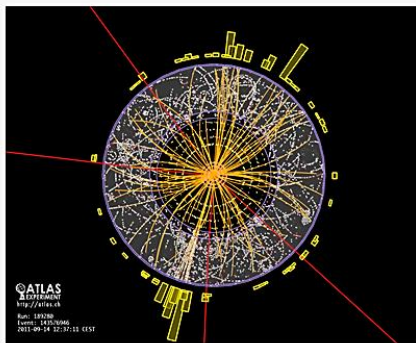
Hola Joan:

Jo treballa en el detector ATLAS i et faré cinc cèntims de què és el LHC i com funciona. El LHC (Large Hadron Collider) és un accelerador de partícules que es troba enterrat a més de 100 m de profunditat sota la frontera franco-suïssa i té uns 27 km de circumferència.



Font CERN

En ell s'acceleren protons que es fan xocar frontalment contra altres protons que giren en sentit contrari. D'aquesta manera es poden obtenir partícules encara més fonamentals, com els quarks o el desitjat bosó de Higgs, del qual *“han vist l'ombra de l'ós, però no es pot dir que l'hagin ja caçat”*, en paraules d'un dels físics que treballen en el projecte. Les partícules obtingudes en el xoc es poden analitzar a través de les **traces** que deixen en els detectors.



Font CERN

Completa al teu dossier:



6.a. Quines diferències i similituds trobes entre el mètode experimental de Rutherford i la manera de treballar d'un accelerador de partícules com el LHC?



Carme el 17/02/2012 a les 17:02 ha dit:

Molt interessant això del LHC!

M'han dit que a Cerdanyola del Vallés hi ha un accelerador de partícules anomenat ALBA. Està bé això de tenir un aparell com aquest a casa nostra!



Respon 1



Judit el 17/02/2012 a les 17:15 ha dit:

Compte!!

L'ALBA no és pròpiament un accelerador de partícules en el sentit del LHC. En l'ALBA s'acceleren electrons fins a velocitats molt properes a les de la llum. Aquests electrons es fan girar per l'interior d'un tub anomenat anell d'emmagatzematge. Degut al fet que giren molt ràpidament (cada dia recorren prop de 26 mil milions de km) emetent una llum de propietats excepcionals: la **radiació sincrotró** que és bàsicament raigs X. Per aquest motiu es diu que l'ALBA és un **sincrotró**.

Respon 1



Enric el 17/02/2012 a les 17:23 ha dit:  
Vale tios, però, què fa aleshores un sincrotró?

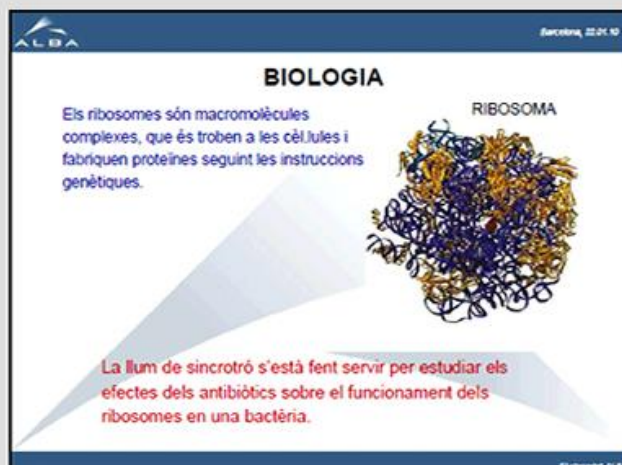
Respon J.



Joan el 17/02/2012 a les 17:25 ha dit:  
Enric, jo treballo en l'accelerador ALBA i intentaré explicar-te algunes de les aplicacions que té. Per exemple, en medicina es pot utilitzar per obtenir imatges d'alta definició amb un major contrast d'ossos.



En biologia s'usa per estudiar els efectes dels antibiòtics en virus i bacteris.



(Font cells.es)

Per produir microsensors i micromotors la llum sincrotró també resulta ser útil.





The slide features the ALBA logo in the top left and 'Barcelona, 22.01.10' in the top right. The main title is 'INDÚSTRIA'. Below it, 'Micromecànica' is written in blue. There are four images: a microscope, a hand holding a small component, a gear with 'UNITED' text, and a gear with a human figure. A red text box at the bottom contains the following text: 'Per la producció de micro-sensors i micro-motors utilitzats en la actualitat en la miniaturització de productes industrials, Peces per exemple, per implementar en el cos humà'. The ALBA logo is in the bottom right corner of the slide.

(Font cells.es)

Aquestes són algunes de les moltes possibilitats que ofereixen els raigs X que es generen en un sincrotró com l'ALBA.

Respon L

Completa al teu dossier:



**6.b.** Quines diferències i similituds trobes entre la manera de treballar de l'accelerador de partícules LHC i el sincrotró ALBA?

**Revir** 