

Experiments *Crucials* de la Física Quàntica

Exposicions a l'aula:

- 1) Experiments (reproduir els experiments al laboratori, analitzar-los)
- 2) Contextualització històrica (contextualitzar, interpretar)

1. Relació càrrega/massa de l'electró (experiment de Thomson)
2. Determinació de la càrrega de l'electró (experiment de Millikan)
3. La llei del desplaçament. Llei de radiació de Planck
4. Efecte fotoelèctric
5. Scattering partícules α . Experiment de Rutherford
6. Sèrie de Balmer de l'hidrogen atòmic. Altres elements
7. Experiment de Franck-Hertz
8. Difracció d'electrons

Prof.
Joan Manel Hernández
Enric Pérez

Laboratori de Física Moderna
Vuitè semestre del Grau de Física
Obligatòria Menció Física Fonamental

Experiments *Crucials* de la Física Quàntica

- | | |
|--|----------------------------|
| 1. Relació càrrega/massa de l' <i>electró</i> (1897) | <i>Física de l'electró</i> |
| 2. Determinació de la càrrega de l' <i>electró</i> (1910) | |
| ----- | |
| 3. La llei del desplaçament. Llei de radiació de Planck (1893-1900) | <i>Radiació tèrmica</i> |
| 4. Efecte fotoelèctric (1905-1916) | |
| ----- | |
| 5. Experiment de Rutherford (1909) | <i>Models atòmics</i> |
| 6. Sèrie de Balmer de l'hidrogen atòmic. Altres elements (1884-1913) | |
| 7. Experiment de Franck-Hertz (1914) | |
| ----- | |
| 8. Difracció d'electrons (1925) | <i>Física de l'electró</i> |

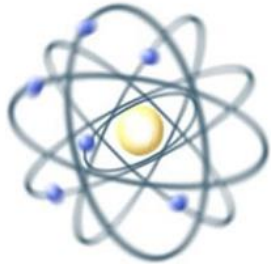
Física ... CRAI UB

virtual2.ub.edu/course/view.php?id=27206

captura pantalla

Tema 25

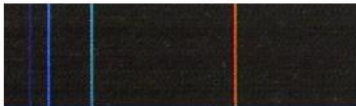
Sessió 5. MODELS ATÒMICS (I)
L'EXPERIMENT DE RUTHERFORD



- Guió de la pràctica de Laboratori
- Model de Thomson, 1905
 - Més sobre el model de Thomson
- GEIGER & MARSDEN, 1909
- RUTHERFORD & ROYDS, 1909
- RUTHERFORD, 1911
- RUTHERFORD, 1914
 - Models atòmics (1904-1913)
 - Més sobre el model de Rutherford
 - Galeria de models atòmics
 - Video Ernest Rutherford
 - SÁNCHEZ RON_Cap7

Tema 26

Sessió 6. MODELS ATÒMICS (II)
MODEL DE BOHR. SÈRIE DE BALMER DE L'HIDRO



Curs: Laboratori de Física ... CRAI UB

https://campusvirtual2.ub.edu/course/view.php?id=27206

captura pantalla

Més sobre Franck-Hertz

Articles sobre l'experiment

Tema 28

Sessió 8. DUALITAT ONA-CORPUSCLE.
DIFRACCIÓ D'ELECTRONS.

- Guió de la pràctica de Laboratori
 - Grups de discussió per la darrera sessió (9/IV)
 - ARTICLES DISCUSSIÓ
 - ¿Qué es una partícula elemental?
 - Més sobre Schrodinger
- Davisson-Germer, 1927
- L'EXPERIMENT DE LA DOBLE ESCLETXA
- Compton, 1923
- Bose, 1924
- Tesi de De Broglie, 1924.
- Més sobre la Mecànica Ondulatòria
- Sobre la Identitat quàntica
- El Somni de la Lluna

Història de la Física a l'aula

- Història de la Física quàntica (antiga)
- Lectura textos originals: Thomson (1897), Millikan (1911), Planck (1900), Einstein (1905), Rutherford (1911), Bohr (1913), Franck-Hertz (1914).
- Comparació experiment original i experiment didàctic.
- Conclusions teòriques. Problematitzar el concepte “demostrar”. Hi ha experiments *crucials*?
- Objecions fetes en el moment (“avui sabem...”). Relació amb els conceptes vigents.

Experiments *Crucials* de la Física Quàntica

Naixement de la Física Quàntica

I. Prehistòria [1850's (estudi de les radiacions) – 1900 (treballs de Planck)]

llei de Kirchhoff (1859), llei d'Stefan-Boltzmann (1879-1884), ones electromagnètiques (1888), llei del desplaçament (1893), efecte Zeeman (1896), Experiment de Thomson (1897), radiacions α , β , γ (1890's)

II. Naixement [1900-1911 (Congrés Solvay)]

Llei de radiació de Planck (1900), hipòtesi dels quanta de llum (1905), calors específiques dels cristalls (1907-1912), model atòmic de Rutherford (1911), difracció de RX (1911)

III. '*Teoria Quàntica Antiga*' [1911-1925 (treballs de Heisenberg)]

Àtom de Bohr (1913), Franck-Hertz (1914), regles de quantització de Sommerfeld (1916), efecte Compton (1921), gas ideal quàntic (1924), difracció d'electrons (1925)

IV. Anys fundacionals de la Mecànica Quàntica [1925-1927 (5è Congrés Solvay)]

V. Època daurada [1927-1932 (naixement de la Física Nuclear)]

Història de la Física a l'aula

- Història de la Física quàntica (antiga)
- Lectura textos originals: Thomson (1897), Millikan (1911), Planck (1900), Einstein (1905), Rutherford (1911), Bohr (1913), Franck-Hertz (1914).
- Comparació experiment original i experiment didàctic.
- Conclusions teòriques. Problematitzar el concepte “demostrar”. Hi ha experiments *crucials*?
- Objecions fetes en el moment (“avui sabem...”). Relació amb els conceptes vigents.

Sobre un punt de vista heurístic relatiu a la producció i transformació de la llum

Entre les representacions teòriques creades pels físics sobre els gasos i altres cossos ponderables i la teoria de Maxwell sobre els processos electromagnètics en l'anomenat espai buit, hi ha una diferència formal profunda. Mentre que considerem que l'estat d'un cos està totalment determinat per les posicions i les velocitats d'una quantitat molt gran, però finita, d'àtoms i electrons, en canvi fem servir funcions espacials contínues per determinar l'estat electromagnètic d'un espai, de tal manera que no es considera suficient una quantitat finita de magnituds per a la determinació completa de l'estat electromagnètic d'un espai. Segons la teoria de Maxwell, l'energia s'ha d'entendre com una funció espacial contínua en totes les manifestacions purament electromagnètiques, per tant també en el cas de la llum, mentre que, segons la concepció actual dels físics, l'energia d'un cos ponderable s'ha de representar com una suma estesa sobre els àtoms i electrons. L'energia d'un cos ponderable no pot descompondre's en parts tan nombroses o petites com es vulgui, mentre que l'energia d'un raig de llum sorgit d'una font puntual de llum es reparteix de manera contínua segons la teoria de Maxwell (o, en general, segons qualsevol teoria ondulatoria) en un volum que creix constantment.

La teoria ondulatoria que opera amb funcions espacials contínues ha demostrat que és adequada per representar els fenòmens purament òptics i segurament no serà mai substituïda per cap altra teoria. Malgrat això, no s'ha de perdre de vista que les observacions òptiques es refereixen a valors mitjans temporals i no pas a valors instantanis i seria concebible, malgrat la plena confirmació experimental de les teories de la difracció, reflexió, refracció, dispersió, etc., que la teoria de la llum que fa servir funcions espacials contínues es contradigués amb l'experiència si s'apliqués a fenòmens de producció i transformació de la llum.

De fet, em sembla que les observacions de la «radiació del cos negre», la fotoluminescència, la generació de raigs catòdics per

LXXIX. *The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom.* By Professor E. RUTHERFORD, F.R.S., University of Manchester*.

§ 1. IT is well known that the α and β particles suffer deflexions from their rectilinear paths by encounters with atoms of matter. This scattering is far more marked for the β than for the α particle on account of the much smaller momentum and energy of the former particle. There seems to be no doubt that such swiftly moving particles pass through the atoms in their path, and that the deflexions observed are due to the strong electric field traversed within the atomic system. It has generally been supposed that the scattering of a pencil of α or β rays in passing through a thin plate of matter is the result of a multitude of small scatterings by the atoms of matter traversed. The observations, however, of Geiger and Marsden † on the scattering of α rays indicate that some of the α particles must suffer a deflexion of more than a right angle at a single encounter. They found, for example, that a small fraction of the incident α particles, about 1 in 20,000, were turned through an average angle of 90° in passing through a layer of gold-foil about $\cdot 00004$ cm. thick, which was equivalent in stopping-power of the α particle to 1.6 millimetres of air. Geiger ‡ showed later that the most probable angle of deflexion for a pencil of α particles traversing a gold-foil of this thickness was about $0^\circ\cdot 87$. A simple calculation based on the theory of probability shows that the chance of an α particle being deflected through 90° is vanishingly small. In addition, it will be seen later that the distribution of the α particles for various angles of large deflexion does not follow the probability law to be expected if such large deflexions are made up of a large number of small deviations. It seems reasonable to suppose that the deflexion through a large angle is due to a single atomic encounter, for the chance of a second encounter of a kind to produce a large deflexion must in most cases be exceedingly small. A simple calculation shows that the atom must be a seat of an intense electric field in order to produce such a large deflexion at a single encounter.

Recently Sir J. J. Thomson § has put forward a theory to

* Communicated by the Author. A brief account of this paper was communicated to the Manchester Literary and Philosophical Society in February, 1911.

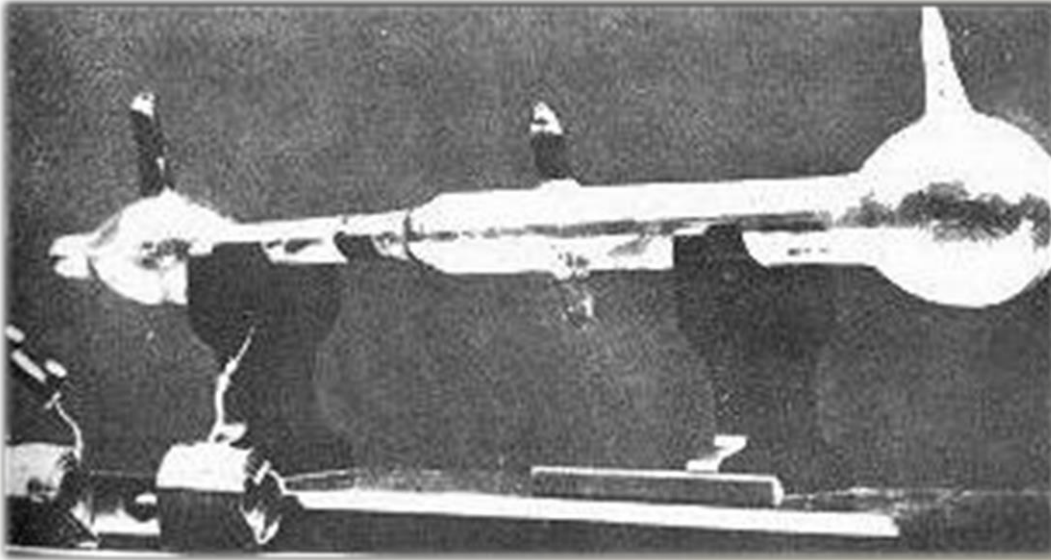
† Proc. Roy. Soc. lxxxii, p. 495 (1909).

‡ Proc. Roy. Soc. lxxxiii, p. 492 (1910).

§ Camb. Lit. & Phil. Soc. xv, pt. 5 (1910).

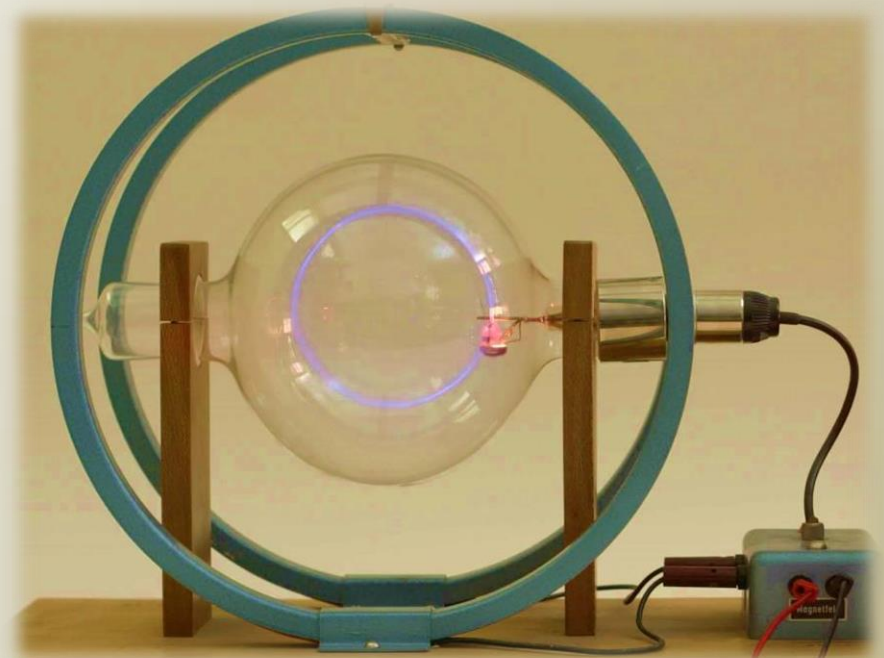
Història de la Física a l'aula

- Història de la Física quàntica (antiga)
- Lectura textos originals: Thomson (1897), Millikan (1911), Planck (1900), Einstein (1905), Rutherford (1911), Bohr (1913), Franck-Hertz (1914).
- Comparació experiment original i experiment didàctic.
- Conclusions teòriques. Problematitzar el concepte “demostrar”. Hi ha experiments *crucials*?
- Objecions fetes en el moment (“avui sabem...”). Relació amb els conceptes vigents.



Experiment
didactic/actual

Experiment original de
J.J. Thomson (1897)

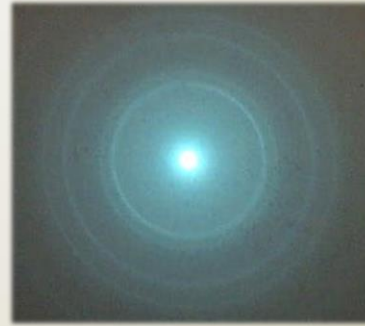
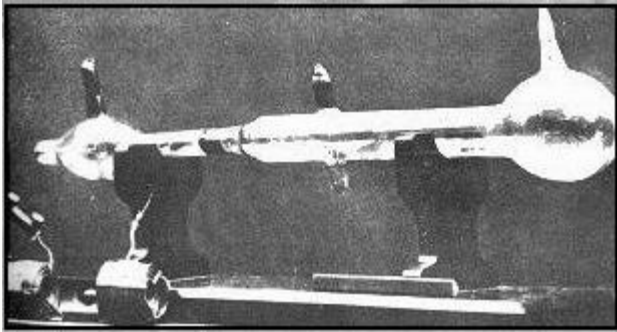


Història de la Física a l'aula

- Història de la Física quàntica (antiga)
- Lectura textos originals: Thomson (1897), Millikan (1911), Planck (1900), Einstein (1905), Rutherford (1911), Bohr (1913), Franck-Hertz (1914).
- Comparació experiment original i experiment didàctic.
- Conclusions teòriques. Problematitzar el concepte “demostrar”. Hi ha experiments *crucials*?
- Objecions fetes en el moment (“avui sabem...”). Relació amb els conceptes vigents.

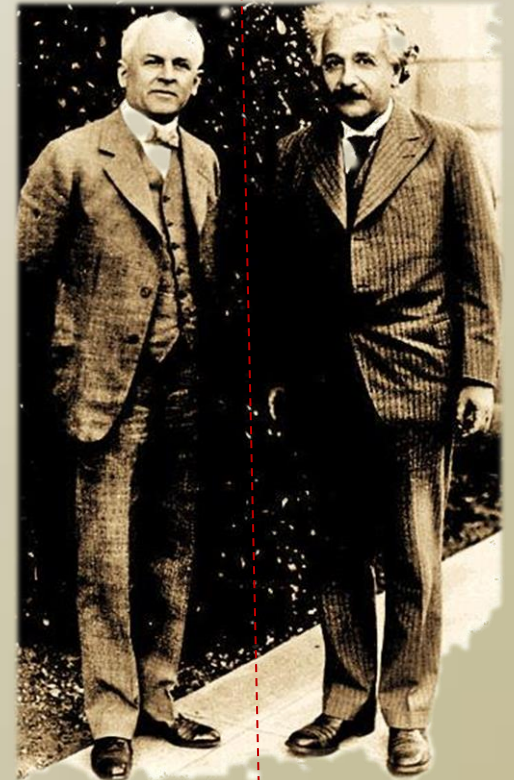
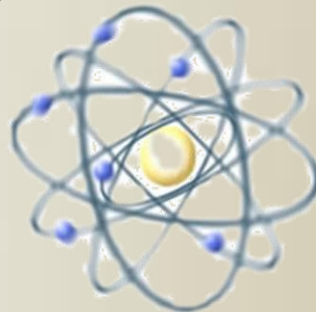
Per exemple...

Thomson i el *descobriment* de l'*electró* (relació e/m electró)



Einstein i el *naixement* del *fotó* (efecte fotoelèctric)

El *model atòmic* de Bohr (espectroscopia, exp. de Rutherford, exp. de Franck Hertz)



Història de la Física a l'aula

- Història de la Física quàntica (antiga)
- Lectura textos originals: Thomson (1897), Millikan (1911), Planck (1900), Einstein (1905), Rutherford (1911), Bohr (1913), Franck-Hertz (1914).
- Comparació experiment original i experiment didàctic.
- Conclusions teòriques. Problematitzar el concepte “demostrar”. Hi ha experiments *crucials*?
- Objecions fetes en el moment (“avui sabem...”). Relació amb els conceptes vigents.

Mesura de la càrrega/massa de l'electró.

Experiment de J.J. Thomson (1897)

1. Context històric: natura de raigos catòdics. Experiment original.
2. Què es mesura en aquest experiment (deflexió raigos catòdics)?
3. Es demostra la natura corpuscular dels raigos catòdics?
4. Hi ha altres explicacions possibles?
5. Es pot considerar aquest experiment el “descobriment” de l'electró?
6. Què és un electró (avui)?

