Guía docente: simulación de modelos atómicos

Ficha rápida

A simulación reproduce o experimento de dispersión de partículas α de Geiger e Marsden e compara as predicións de Thomson e Rutherford. En Galicia o seu uso principal é en 3.º de ESO, con aplicacións en 4.º de ESO e en 2.º de Bacharelato Física.

Dato	Detalle
Ligazón	simulaciencia.es/gl/simulacions/modelos/
Cursos	3.º de ESO (uso principal), 4.º de ESO, 2.º de Bacharelato Física; repaso puntual en 2.º de Bacharelato Química
Materia	Física e Química
Duración orientativa	15–20 minutos de explicación coa simulación proxectada
Material	Proxector ou encerado dixital; funciona no navegador, tamén no móbil e na tableta, sen instalar nada
Coñecementos previos	Átomo formado por protóns, neutróns e electróns; as cargas do mesmo signo repélense; en Bacharelato, lei de Coulomb e enerxía potencial eléctrica
Accesibilidade	Tema escuro, claro e de alto contraste, e tamaño da interface «Tableta / Encerado dixital» para pantallas táctiles (botón da roda dentada)

Como funciona a simulación

O panel esquerdo ten dúas tarxetas de controis. En «O átomo» escóllense o «Modelo» (Thomson ou Rutherford), a «Vista» («Átomo» ou «Lámina») e o «Número atómico (Z)». En «Lanzamento» escóllese como se disparan as partículas α e con que velocidade. No lenzo, a «Fonte α» está á esquerda e un arco rotulado «Detector» rodea o branco. O arco deixa aberta a zona da fonte. A configuración inicial é Thomson, vista Átomo, Z = 14 (silicio), «Unha a unha (clic)» e velocidade 10.

Modo	Que controla o docente	Que mostra
Vista «Átomo», modelo Thomson	«Número atómico (Z)» de 1 a 118; empeza en 14. O rótulo indica o número e o nome, por exemplo «79 – Ouro»	Unha esfera amarela de carga positiva cos electróns en aneis que xiran. As partículas α apenas se desvían
Vista «Átomo», modelo Rutherford	O mesmo control de Z	Un núcleo con Z protóns (vermellos) e Z neutróns (grises). Os electróns van en capas de 2, 8, 18, 32… As α que pasan preto do núcleo cúrvanse e algunhas volven cara á fonte
Vista «Lámina», calquera modelo	Modelo e Z. A lámina ten 3 columnas de átomos pequenos ao longo da abertura	Moitas partículas á vez sobre moitos átomos. En Thomson todas pasan case rectas; en Rutherford a maioría pasa recta e unhas poucas rebotan
«Modo de emisión»	«Unha a unha (clic)»: cada clic na zona azul xunto á fonte lanza unha α a esa altura. «Chuvia continua»: o botón «Emisión continua» lanza α a alturas ao chou, con «Ritmo» de 1 a 60 (empeza en 20)	«Enerxía (velocidade α)» vai de 4 a 16 en pasos de 0,5 e vale para os dous modos. Máis velocidade, menos desviación

Tres elementos sosteñen a explicación:

- **As traxectorias que quedan debuxadas.** Na vista Átomo consérvanse as 6 últimas traxectorias durante uns 5 segundos. Vese que a α se curva antes de chegar ao núcleo, sen tocalo.
- **As marcas no detector.** Cada α detectada deixa un punto no arco (gárdanse as 40 últimas). Con Thomson agrúpanse en fronte da fonte; con Rutherford repártense por todo o arco. As que rebotan cara á fonte saen pola abertura sen deixar marca, pero si se contan na gráfica.
- **A «Gráfica de ángulos».** É unha tarxeta pregable con 18 barras de 10° entre 0° e 180°. A primeira barra é verde, as de ata 90° son ámbar e as de máis de 90° son vermellas. Arriba indica «n=» coas partículas lanzadas. Ao pasar o rato por unha barra, mostra o seu reconto e a súa porcentaxe.

O botón «Reiniciar» borra partículas e gráfica; cambiar de modelo ou de vista tamén a reinicia. A tarxeta «Guía rápida» resume que se ve, os dous modelos, as dúas vistas e como ler a gráfica.

Uso en cada curso

En 3.º de ESO a simulación serve para presentar os modelos de Thomson e Rutherford e o experimento que os separa, e para ligar a estrutura atómica coa natureza eléctrica da materia. En 4.º de ESO encaixa na evolución histórica dos modelos e na análise de datos. En 2.º de Bacharelato Física serve para aplicar Coulomb, Gauss e a conservación da enerxía. En 1.º de Bacharelato non hai un contido onde encaixe. Os contidos e os criterios de avaliación citados son os do currículo de Galicia (Decreto 156/2022, DOG do 26 de setembro de 2022, para ESO; Decreto 157/2022, da mesma data, para Bacharelato), que organiza cada curso en bloques.

En Galicia os modelos atómicos e a natureza eléctrica da materia aparecen por primeira vez en 3.º de ESO; 2.º non trata a estrutura atómica. Por iso a presentación dos dous modelos e o traballo coa forza eléctrica van xuntos en 3.º, en dúas partes que poden facerse nunha ou en dúas sesións.

3.º de ESO: de Thomson a Rutherford, e a forza eléctrica

14–15 anos · 9th grade nos EUA · Year 10 no Reino Unido

Contidos. Bloque 2: «Estrutura atómica: desenvolvemento histórico dos modelos atómicos, existencia, formación e propiedades dos isótopos e ordenación dos elementos na táboa periódica». Bloque 3: «Natureza eléctrica da materia: electrización dos corpos». Bloque 1: «Metodoloxías da investigación científica: identificación e formulación de cuestións, elaboración de hipóteses e comprobación experimental destas» e «Diversas contornas e recursos de aprendizaxe científica como os laboratorios ou as contornas virtuais».

Criterios de avaliación. CA2.1 (identificar e comprender fenómenos relacionados coa composición e a estrutura dos sistemas materiais), CA2.6 (recoñecer, a través da análise histórica do desenvolvemento do modelo atómico, que a ciencia é un proceso en permanente construción) e CA3.1 (identificar e comprender fenómenos relacionados coa natureza eléctrica da materia).

O currículo galego non nomea os modelos de Thomson e Rutherford nin compara a forza eléctrica coa gravitatoria; entran no «desenvolvemento histórico dos modelos atómicos» e na «natureza eléctrica da materia».

Obxectivos. Describir os modelos de Thomson e Rutherford. Entender que un experimento pode descartar un modelo. Recoñecer que o átomo está case baleiro e ten un núcleo pequeno con carga positiva. Explicar a desviación das α como repulsión eléctrica a distancia e relacionala coa carga do núcleo e coa velocidade da partícula.

Secuencia de explicación, primeira parte: de Thomson a Rutherford (15–20 min).

1. Configuración inicial: Thomson, vista Átomo, Z = 14. Describir o debuxo: unha esfera de carga positiva con electróns incrustados, o «pudin de pasas». Explicar que a fonte lanza partículas α, con carga positiva.
2. Preguntar que lle pasará a unha α lanzada contra este átomo. Facer varios clics a distintas alturas: todas atravesan case rectas, con desviacións de 1° como moito.
3. Subir Z a 79 («79 – Ouro»), o metal da lámina orixinal. Repetir os clics: seguen pasando case rectas, con desviacións de 1° ou 2°.
4. Cambiar a vista Lámina e «Chuvia continua», activar «Emisión continua» e despregar «Gráfica de ángulos». Con Thomson todas as partículas caen na primeira barra (0–10°).
5. Cambiar o modelo a Rutherford sen tocar nada máis. Case 9 de cada 10 seguen na primeira barra, pero aparecen barras vermellas: unhas poucas α rebotan cara á fonte.
6. Volver á vista Átomo e a «Unha a unha (clic)», con Rutherford e Z = 79. Facer clic á altura do núcleo: a α volve atrás. Facer clic lonxe: pasa recta. Concluír que hai un núcleo diminuto e positivo e moito espazo baleiro.

Secuencia de explicación, segunda parte: estrutura atómica e forza eléctrica (15–20 min).

1. Rutherford, vista Átomo, Z = 14. Sinalar protóns (vermellos), neutróns (grises) e electróns. Lembrar que a α ten dous protóns e dous neutróns, como se ve no seu debuxo.
2. Lanzar unha α un pouco por riba do núcleo. Facer notar que a traxectoria se curva antes de chegar: a forza eléctrica actúa a distancia, sen contacto. Comparar coa gravidade, que só atrae.
3. Baixar Z a 1 («1 – Hidróxeno») e apuntar ao núcleo: a desviación non pasa duns 6°. Subir a 79: a α rebota. Máis protóns, máis carga, máis repulsión.
4. Con Z = 79, lanzar á mesma altura, xusto por riba do núcleo, con velocidade 4, 10 e 16. A desviación baixa duns 115° a uns 38° e a uns 16°.
5. Pasar a Lámina con «Chuvia continua» e abrir a gráfica. Comparar Z = 1, Z = 14 e Z = 79 con «Reiniciar» entre medias. Anotar no encerado a porcentaxe da primeira barra e das vermellas.

4.º de ESO: evolución dos modelos atómicos

15–16 anos · 10th grade nos EUA · Year 11 no Reino Unido

Contidos. Bloque 2: «Modelos atómicos: desenvolvemento histórico dos principais modelos atómicos clásicos e cuánticos e descrición das partículas subatómicas, establecendo a súa relación cos avances da física e da química». Bloque 1: «Traballo experimental e proxectos de investigación: estratexias na resolución de problemas e o tratamento do erro...» e «Valoración da cultura científica e do papel de científicos e científicas nos principais fitos históricos e actuais da física e da química para o avance e a mellora da sociedade». Bloque 3: «A enerxía: formulación e comprobación de hipóteses sobre as distintas formas de enerxía...».

Criterios de avaliación. CA2.1 (comprender e explicar con rigor fenómenos relacionados coa composición e a estrutura dos sistemas materiais), CA2.5 (recoñecer, a través da análise histórica do desenvolvemento do modelo atómico, que a ciencia é un proceso en permanente construción) e CA1.2 (predicir respostas que se poidan comprobar de forma experimental ou dedutiva).

Obxectivos. Explicar o experimento de Geiger e Marsden como proba dunha hipótese. Interpretar unha distribución de ángulos. Xustificar por que o modelo nuclear substitúe ao de Thomson e que problemas deixa abertos para Bohr.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Thomson, Z = 79, vista Lámina, «Chuvia continua», «Ritmo» ao máximo (60) e «Emisión continua». Formular a hipótese: se Thomson ten razón, todas as α pasarán case rectas.
2. Despregar a «Gráfica de ángulos» e esperar a unhas 500 partículas (n=500). Todas caen na barra de 0–10°. Esa é a predición do modelo.
3. Cambiar a Rutherford. Pasar o rato polas barras: a primeira rolda o 88 % e as vermellas suman arredor do 4 %. Contar que Geiger e Marsden viron rebotes que Thomson non podía explicar, aínda que moitos menos: 1 de cada 8000.
4. Volver á vista Átomo con Rutherford. Explicar que a desviación depende de canto se achegue a α ao núcleo. Así se deduciu que o núcleo é diminuto.
5. Mover «Enerxía (velocidade α)» de 4 a 16 apuntando preto do núcleo. A enerxía cinética crece con v^2: é 16 veces maior e a α desvíase moito menos.
6. Sinalar que a simulación xa debuxa os electróns en capas de 2, 8, 18... Iso non estaba no modelo de Rutherford: é a achega posterior de Bohr e Sommerfeld.

2.º de Bacharelato (Física): campo e potencial eléctricos

17–18 anos · 12th grade nos EUA · Year 13 no Reino Unido

Contidos. Bloque 3, «Campo electromagnético»: «Campo eléctrico. [...] – Intensidade do campo eléctrico en distribucións de cargas discretas. – Cálculo e interpretación do fluxo de campo eléctrico; teorema de Gauss e aplicacións: intensidade do campo eléctrico en distribucións de carga continuas. – Enerxía potencial e potencial eléctrico en distribucións de cargas estáticas...». Bloque 5: «Física nuclear e de partículas. – Núcleos atómicos e estabilidade de isótopos. Radioactividade natural e outros procesos nucleares...».

Criterios de avaliación. CA3.2 (resolver problemas de electromagnetismo clásico de xeito experimental e analítico) e CA3.3 (analizar e comprender a evolución dos sistemas de partículas cargadas cos modelos, leis e teorías do electromagnetismo clásico).

Obxectivos. Aplicar o teorema de Gauss á esfera de Thomson e a lei de Coulomb ao núcleo. Calcular a distancia de máxima aproximación coa conservación da enerxía. Relacionar o ángulo de desviación e o parámetro de impacto.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Thomson, vista Átomo, Z = 79. Aplicar Gauss á esfera cargada: dentro, o campo crece con r; fóra, cae con $1/r^2$. O campo máximo está na superficie e é débil. As α apenas se desvían.
2. Cambiar a Rutherford co mesmo Z. Toda a carga está nun raio moito menor, e preto do núcleo o campo é enorme. Facer clic á altura do núcleo: a α rebota.
3. Choque frontal: velocidade 8 e logo 16, facendo clic á altura exacta do núcleo. Con $\frac{1}{2} m v^2 = k q Q / r_{mín}$, cuadriplicar a enerxía reduce $r_{mín}$ á cuarta parte. Na simulación pasa duns 19 px a uns 5 px.
4. Con velocidade 10, lanzar α cada vez máis preto do núcleo. A uns 20 px do centro sae a uns 38°; a 10 px, a uns 71°; a 5 px, a uns 111°. A cotanxente de θ/2 redúcese á metade cada vez, como predí Rutherford.
5. Comentar que a fonte α é un emisor radioactivo e que a α é un núcleo de helio. Se a α chegase a tocar o núcleo actuaría a forza nuclear, que a simulación non inclúe.

2.º de Bacharelato (Química): repaso puntual

17–18 anos · 12th grade nos EUA · Year 13 no Reino Unido

Non hai un contido específico de Thomson e Rutherford. A simulación pode abrir o bloque 2 ao tratar «Espectros atómicos. – Relevancia, no contexto do desenvolvemento histórico do modelo do átomo, dos espectros atómicos como fundamento experimental da súa revisión». Abonda coa vista Lámina en Rutherford para lembrar o modelo nuclear. Despois exponse o que non explica: a estabilidade do átomo e os espectros.

Concepcións alternativas que axuda a corrixir

A simulación ataca sobre todo a idea de átomo macizo e a de que as partículas só se desvían ao chocar. Cada fila indica a idea previa frecuente e como desmontala coa simulación.

Idea do alumnado	Idea correcta	Como mostralo
«O átomo é unha boliña maciza, chea de materia»	O átomo é case todo espazo baleiro, cun núcleo moi pequeno	Rutherford, Lámina, Z = 79, chuvia continua: case 9 de cada 10 α atravesan a lámina sen desviarse máis de 10°
«A partícula α rebota porque choca co núcleo, como unha bóla de billar»	A repulsión eléctrica actúa a distancia e curva a traxectoria antes de chegar	Rutherford, Átomo, Z = 79: lanzar un pouco por riba do núcleo e ver que a traxectoria se curva lonxe del
«As α desvíanse ao chocar cos electróns»	Os electróns teñen moi pouca masa e case non desvían a α	Thomson, Átomo, Z = 118: a α atravesa todos os aneis de electróns e segue case recta
«Se se cambia de modelo é porque o anterior era unha parvada»	Un modelo substitúese cando un experimento contradí a súa predición	Thomson, Lámina: todo na primeira barra. O mesmo experimento en Rutherford: aparecen barras vermellas que Thomson non explica
«O núcleo ocupa boa parte do átomo»	O núcleo é diminuto: por iso os rebotes son raros	Rutherford, Átomo, Z = 79: só rebotan as α lanzadas case á altura do núcleo; a máis de 50 px pasan case rectas
«Todas as partículas α se desvían igual, dá igual o átomo ou a súa velocidade»	A desviación crece coa carga do núcleo e baixa coa enerxía da α	Rutherford, Átomo: apuntar ao núcleo con Z = 1 (non pasa de 6°) e con Z = 79 (rebota). Logo repetir con velocidade 4 e 16
«A partícula α é coma un electrón»	A α é un núcleo de helio, con dous protóns e dous neutróns e carga positiva	Sinalar unha α en voo: debúxase con dous puntos vermellos (protóns) e dous grises (neutróns). Comparar cos electróns azuis do átomo

Simplificacións que convén coñecer

A simulación prioriza o contraste cualitativo entre os dous modelos e para iso esaxera tamaños e frecuencias. Convén coñecer estas licenzas para non reforzar ideas incorrectas sen querer.

1. **O núcleo está moi agrandado.** Na vista Átomo o núcleo mide entre 3 e 15 px de raio. O átomo mide entre 80 e 195 px. A proporción é de 1 a 12 no ouro, fronte a 1 a 100 000 na realidade. Convén dicilo sempre que se fale de tamaños.
2. **Os rebotes están esaxerados.** Na Lámina de Rutherford con Z = 79 e velocidade 10, unhas 4 de cada 100 α desvíanse máis de 90°. Geiger e Marsden contaron unha de cada 8000; con esa proporción non se vería ningún rebote na clase. A «Guía rápida» avísao.

3. **A lámina ten só 3 átomos de espesor.** Cada α interactúa só co átomo máis próximo, se está a menos de dous raios. Unha lámina de ouro real ten miles de capas de átomos.
4. **Cada modelo usa unha constante de forza distinta.** Rutherford usa unha constante 5 veces maior ca Thomson (40 000 fronte a 8000). Thomson ten ademais un tope á forza total, que depende da velocidade da α e asegura desviacións menores de 5°. En Bacharelato convén dicir que a comparación é cualitativa.
5. **O tope de Thomson é artificial.** As desviacións son sempre menores de 5° con calquera Z e velocidade (como moito 4,3°, con Z = 118 e velocidade 4) porque a forza está limitada a propósito. No modelo de Thomson real as desviacións por átomo eran aínda menores, dunha fracción de grao.
6. **O detector ten unha abertura.** O arco deixa aberta a zona da fonte, uns 54° por arriba e por abaixo. As α desviadas máis duns 125° saen por aí sen deixar marca, aínda que si se contan na gráfica. No experimento real non se medía en todas as direccións á vez: movíase o detector.
7. **O núcleo é «brando» e non hai forza nuclear.** A forza suavízase preto do centro e anúlase máis alá de 1,2 raios atómicos. Con Z = 1 a velocidade 10, ou con Z = 14 a velocidade 16, unha α lanzada de fronte atravesa o núcleo sen desviarse.
8. **Neutróns e capas inventados.** O núcleo debuxa tantos neutróns como protóns; o ouro real ten 118 neutróns. Os electróns repártense en capas de 2, 8, 18, 32, 32 e 8, que é unha idea de Bohr, non de Rutherford. Desde 4.º de ESO convén sinalar o anacronismo.
9. **Os electróns case nunca chocan.** A masa da α é 7350 veces a do electrón, preto do valor real duns 7300. Pero o seu raio de choque é de 0,005 px e os choques practicamente non ocorren. No modelo de Rutherford os electróns non exercen forza sobre a α.

Ficha de actividades do alumnado

A ficha de actividades segue o esquema predí, observa e explica. Cada actividade leva unha ligazón á simulación xa preparada, así que funciona na aula de informática, con tabletas ou como tarefa na casa. Descárgase en Word e LibreOffice para adaptala.

Curso	Actividades	Duración orientativa
3.º de ESO	Antes de comezar, actividades 1 a 5, Aplica o aprendido, Revisa as túas ideas e Autoavaliación	Unha ou dúas sesións, segundo se fagan as dúas partes da explicación xuntas ou por separado
4.º de ESO	Antes de comezar, actividades 1 a 6, Aplica o aprendido, Revisa as túas ideas e Autoavaliación	Unha sesión de 50–55 minutos
2.º de Bacharelato Física	Actividades 3 e 5 e Para ampliar	30 minutos

A táboa de «Antes de comezar» recolle cinco das ideas previas da táboa de concepcións alternativas. Convén non corrixila ao principio: o alumnado volve a ela en «Revisa as túas ideas».

Solucións

Apartado	Solución
Antes de comezar	Todas falsas. a) O átomo é case todo baleiro (actividades 2 e 3). b) A repulsión eléctrica actúa a distancia e curva a traxectoria antes de chegar (actividade 3). c) O núcleo é diminuto (actividade 3). d) Un modelo cámbiase cando un experimento contradí a súa predición (actividade 2). e) A desviación depende da carga do núcleo e da velocidade (actividades 4 e 5)

Apartado	Solución
Actividade 1	Todas atravesan o átomo, con desviacións de 1° ou 2° como moito; ningunha volve. A carga positiva está repartida nunha esfera grande e o seu efecto é débil en todas partes
Actividade 2	Thomson: o 100 % na primeira barra e ningunha vermella. Rutherford: arredor do 88 % na primeira barra e arredor do 4 % nas vermellas. Thomson non pode explicar ningún rebote; fai falta unha carga positiva moi concentrada (no experimento real rebotaba 1 de cada 8000)
Actividade 3	Á altura do núcleo volve cara atrás; un pouco por riba cúrvase moito; lonxe pasa recta. Non toca o núcleo: desvíaa a repulsión eléctrica entre cargas positivas, que actúa a distancia. Case todas pasan rectas porque o átomo é case todo baleiro e o núcleo é diminuto
Actividade 4	Z = 1: desvíase pouco (uns 6° como moito). Z = 14: desvíase bastante. Z = 79: rebota. Máis protóns, máis carga positiva e máis repulsión
Actividade 5	Velocidade 4: moita (uns 115°). 10: media (uns 38°). 16: pouca (uns 16°). Con máis enerxía cinética, a repulsión ten menos tempo e menos efecto para curvala
Actividade 6	Núcleo: 14 protóns e 14 neutróns. Cortiza: 14 electróns en capas de 2, 8 e 4. Bohr (1913): os electróns só poden estar en certas órbitas ou niveis de enerxía; así o átomo é estable e explícanse os espectros
Aplica o aprendido	1) Thomson: esfera positiva con electróns incrustados. Rutherford: núcleo positivo diminuto no centro e electróns xirando arredor. 2) Uns 1000 m (1 km): como unha bóla no centro dun estadio grande. 3) O modelo de Thomson explicaba o que se sabía daquela; substituíuse cando un experimento novo o contradixo, que é como avanza a ciencia. 4) Serían atraídas polo núcleo: tamén se desviarían preto del, pero curvándose cara a el
Para ampliar	1) $r_{mín}$ redúcese á cuarta parte; na simulación, duns 19 px a uns 5 px. 2) $r_{mín} = 9 \cdot 10^{9} \cdot (2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}) \cdot (79 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}) / (5 \cdot 10^{6} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{J}) \approx 4{,}5 \cdot 10^{-14}\ \text{m}$

Juan Ramón Grijota · SimulaCiencia. Guía publicada baixo licenza CC BY-SA 4.0: podes adaptala e compartila citando a autoría e coa mesma licenza. Versión actualizada e simulación en simulaciencia.es/gl/guias/modelos/.