Guia docent: simulació de l'àtom a escala

Fitxa ràpida

La simulació viatja en salts de ×10 des de l'àtom fins al seu nucli, amb les mides reals de vuit elements. A Catalunya el seu ús principal és al bloc de 1r a 3r d'ESO, amb aplicació a 4t d'ESO i ús puntual al batxillerat.

Dada	Detall
Enllaç	simulaciencia.es/ca/simulacions/atomo-real/
Cursos	1r a 3r d'ESO (ús principal), 4t d'ESO; ús puntual a Química de 1r de Batxillerat i a Física de 2n de Batxillerat
Matèria	Física i Química; Química i Física al batxillerat
Durada orientativa	15–20 minuts d'explicació amb la simulació projectada
Material	Projector o pissarra digital; funciona al navegador, també al mòbil i a la tauleta, sense instal·lar res
Coneixements previs	Protons, neutrons i electrons; potències de 10; unitats de longitud (m, nm, pm)
Accessibilitat	Mode fosc, Mode clar i Contrast alt (botó de la roda dentada). Mida de la interfície «Tauleta / Pissarra digital» per a pantalles tàctils. Teclat: → apropa, ← allunya, R reinicia

Com funciona la simulació

La pantalla té tres zones. A l'esquerra, el tauler amb «Guia ràpida», «Element» i «Viatge de zoom». Al centre, el llenç amb l'àtom i una cota que mesura el diàmetre dibuixat. A baix, una franja de barres de «Comparació a escala real». En obrir-la mostra l'hidrogen a «Escala natural».

Mode	Què controla el docent	Què mostra
Escala natural (inici)	Element: Hidrogen, Heli, Carboni, Oxigen, Sodi, Ferro, Or o Urani	L'àtom amb les seves capes i electrons. La cota dona el diàmetre real, per exemple «D = 62 pm = 6,20 × 10^{-11} m» per a l'hidrogen. Un requadre avisa: «El nucli és al centre, però és massa petit per veure'l.»
Apropar	Botó «Apropa →», quatre salts de ×10	La imatge s'amplia ×10 a cada salt. Mentre el nucli no es veu, la cota mesura el mateix a la pantalla però representa una longitud deu vegades més petita. El nucli apareix primer com un punt vermell i després amb els seus nucleons
Final del viatge	Quarta pulsació d'«Apropa →»	Rètol «Has arribat al nucli! ×10.000», el nucli sencer al centre del llenç i el requadre «Estàs veient el nucli. L'àtom sencer és 25.833 vegades més gran...» (hidrogen)
Allunyar	Botó «← Allunya», fins a quatre salts des de l'escala natural	L'àtom s'encongeix i la cota mostra regions més grans, fins a 620 nm per a l'hidrogen
Franja inferior	Roda dentada: «Mostra línies de zoom intermèdies» i «Mostra píxels a les barres» (desactivats en començar)	Una barra per a l'àtom i una altra per al nucli, a la mateixa escala. Amb la primera casella apareixen barres d'«1/10 de l'àtom», «1/100 de l'àtom», etc.

Tres elements sostenen l'explicació:

- **La fitxa de l'element.** Sota el selector apareixen «Protons (Z)», «Neutrons (N)», «Diàmetre del nucli», «Diàmetre de l'àtom», «L'àtom és més gran que el nucli» i «Capes electròniques». Per a l'hidrogen: 2,4 fm, 62 pm i «25.833 vegades».
- **La cota amb notació científica.** Cada salt mostra el diàmetre en la unitat més còmoda i en metres, per exemple «D = 2,4 fm = 2,40 × 10^{-15} m». Permet comptar les potències de 10 en veu alta.
- **El regle del nucli a la franja.** La barra vermella del nucli va sobre una pista tan llarga com l'àtom. La pista porta una marca cada 100 diàmetres nuclears («100·D», «200·D»...). A l'hidrogen hi ha 258 marques; quan queden molt juntes només se'n retola una de cada diverses.

El desplegable «Guia ràpida» resumeix el que es veu, el viatge de zoom, la franja inferior i les dreceres de teclat.

Ús a cada curs

Al bloc de 1r a 3r d'ESO la simulació serveix per presentar el model de Rutherford i per treballar l'estructura atòmica amb notació científica. A 4t d'ESO dona suport a la comparació de models i a les capes. Al batxillerat el seu ús és puntual.

Els sabers i els criteris d'avaluació citats són els del currículum de Catalunya: Decret 175/2022 (DOGC núm. 8762, de 29 de setembre de 2022) per a l'ESO i Decret 171/2022 (DOGC núm. 8758, de 22 de setembre de 2022) per al batxillerat. A l'ESO, els sabers de 1r, 2n i 3r formen un sol bloc i cada centre decideix en quin curs treballa cada saber; 4t té el seu propi bloc. Al batxillerat, Física i Química són matèries separades des de 1r. Està previst que a partir del curs 2026-27 la Física i la Química de 1r de Batxillerat es fusionin en una sola matèria, «Física i Química»; quan se'n publiqui el currículum caldrà revisar l'apartat de 1r.

A Catalunya l'estructura atòmica i el desenvolupament històric del model atòmic són al bloc de 1r a 3r, i 4t hi torna amb els models atòmics i la configuració electrònica. Per això la presentació del model de Rutherford i el treball amb escales van junts al bloc de 1r a 3r, en dues parts que es poden fer en una o en dues sessions.

1r a 3r d'ESO: l'àtom de Rutherford i l'estructura atòmica a escala

12–15 anys · 7th–9th grade als EUA · Year 8–10 al Regne Unit

Sabers. La matèria: «Aplicació dels coneixements sobre l'estructura atòmica de la matèria per entendre la formació de ions, l'existència d'isòtops i les seves propietats, el desenvolupament històric del model atòmic i la seva contribució a l'ordenació dels elements a la taula periòdica». Habilitats científiques bàsiques: «Ús del llenguatge científic, incloent-hi l'ús adequat de representacions, sistemes d'unitats i eines matemàtiques...» i «Ús de diversos entorns i recursos d'aprenentatge científic, com ara el laboratori o els entorns virtuals...».

Criteris d'avaluació. 1.1 (analitzar conceptes i fenòmens interpretant informació en diferents formats, com models i esquemes), 3.2 (utilitzar adequadament les unitats de mesura i les eines matemàtiques) i 6.1 (interpretar la ciència com un procés en construcció a través de l'anàlisi amb perspectiva històrica).

El currículum català no anomena la notació científica; entra en les «eines matemàtiques».

Objectius. Reconèixer que l'àtom té un nucli central i electrons al voltant. Comprendre que el nucli és molt petit comparat amb l'àtom. Descriure l'àtom com un nucli amb protons i neutrons i una escorça amb

electrons. Expressar mides atòmiques i nuclears en notació científica i calcular quantes vegades és més gran l'àtom que el nucli. Interpretar Z, N i A.

Seqüència d'explicació, primera part: l'àtom de Rutherford (15–20 min).

1. Hidrogen a «Escala natural» (configuració inicial). Preguntar on és el nucli. Llegir el requadre: és al centre, però no es veu.
2. Recordar el model de Thomson: càrrega positiva repartida per tot l'àtom. Contraposar-hi el de Rutherford: càrrega positiva concentrada en un nucli diminut.
3. Prémer «Apropa →» salt a salt. Després del primer, el nucli continua invisible i el rètol marca «Mida original ×10».
4. Continuar fins que apareix un punt vermell, al segon o al tercer salt segons la pantalla. Al quart i últim salt ja es veuen el nucli sencer i el rètol «1p · 0n».
5. Llegir «L'àtom és més gran que el nucli»: 25.833 vegades. Traduir-ho: si el nucli fos una bala de vidre d'1 cm, l'àtom faria uns 258 m.
6. Canviar a Carboni i llegir «Protons (Z)»: 6. Assenyalar que Z identifica l'element i apareix al selector com a «Carboni (Z=6)».

Seqüència d'explicació, segona part: estructura atòmica a escala (15–20 min).

1. Hidrogen a «Escala natural». Escriure la cota a la pissarra: D = 62 pm = 6,20 × 10^{-11} m. Repassar pm = 10^{-12} m.
2. Prémer «Apropa →» una vegada. La cota passa a «D = 6,2 pm = 6,20 × 10^{-12} m». Preguntar què ha passat amb l'exponent: baixa un a cada salt.
3. Continuar apropant fins que la cota canvia a «Nucli d'Hidrogen», amb «D = 2,4 fm = 2,40 × 10^{-15} m». Introduir el femtòmetre, 10^{-15} m.
4. Dividir a la pissarra: 6,20 × 10^{-11} m / 2,40 × 10^{-15} m ≈ 2,6 × 10^{4}. Comprovar-ho amb «L'àtom és més gran que el nucli»: 25.833 vegades.
5. Canviar a Sodi. Llegir Z = 11 i N = 12 i deduir A = 23. Al quart salt, el nucli mostra «11p · 12n». Comptar 2 + 8 + 1 = 11 electrons a «Capes electròniques»: l'àtom és neutre.
6. Tancar amb l'Urani: 92 protons i 146 neutrons (urani-238). Explicar que un altre isòtop canviaria N, no Z. La simulació no permet canviar-lo.

4t d'ESO: models atòmics i capes electròniques

15–16 anys · 10th grade als EUA · Year 11 al Regne Unit

Sabers. La matèria: «Reconeixement dels principals models atòmics i dels constituents dels àtoms per establir la relació amb els avenços de la física i de la química més rellevants de la història recent» i «Relació, a partir de la seva configuració electrònica, de la distribució dels elements a la taula periòdica amb les seves propietats fisicoquímiques més importants, per trobar-hi generalitats».

Criteris d'avaluació. 1.1 (analitzar conceptes i fenòmens interpretant informació en diferents formats, com models i esquemes) i 6.1 (interpretar la ciència com un procés en construcció a través de l'anàlisi amb perspectiva històrica).

Objectius. Situar el model de Rutherford i el de capes en el desenvolupament històric. Descriure protons, neutrons i electrons per la seva localització. Relacionar el nombre de capes amb el període. Reconèixer els límits del dibuix d'òrbites.

Seqüència d'explicació (15–20 min).

1. Or a «Escala natural». Recordar l'experiment de Rutherford amb la làmina d'or. Preguntar per què gairebé totes les partícules alfa travessaven la làmina.
2. Apropar fins al quart salt: apareixen els nucleons i el rètol «79p · 118n». Llegir quantes vegades és més gran l'àtom: 19.478. Gairebé tot l'àtom és espai sense matèria nuclear.
3. Tornar amb «Reinicia el viatge» i llegir «Capes electròniques»: «6 (K:2, L:8, M:18, N:32, O:18, P:1)». Relacionar sis capes amb el període 6.
4. Comparar el Sodi, «3 (K:2, L:8, M:1)», amb el Ferro, «4 (K:2, L:8, M:14, N:2)». Assenyalar que la capa M del ferro no té 8 electrons.
5. Assenyalar el requadre blau: «Representem els electrons com a punts perquè puguis veure en quina capa són, no per indicar-ne la mida real.» Explicar que el model de Bohr-Sommerfeld i el quàntic no tenen òrbites circulars nítides.

Química de 1r de Batxillerat: repàs puntual

16–17 anys · 11th grade als EUA · Year 12 al Regne Unit

No hi ha un saber específic sobre la mida nuclear. La simulació pot servir de repàs en tractar la «Identificació i argumentació del desenvolupament de la taula periòdica...» (Enllaç químic i estructura de la matèria). Per exemple, el sodi (Z = 11) té 332 pm de diàmetre i l'or (Z = 79), 272 pm. La mida no creix amb Z. Tots els radis són covalents i surten de la mateixa taula, així que es poden comparar entre si (vegeu les simplificacions).

Física de 2n de Batxillerat: mida del nucli

17–18 anys · 12th grade als EUA · Year 13 al Regne Unit

A Física relativista, quàntica, nuclear i de partícules, la simulació il·lustra «...l'estudi de les principals partícules involucrades en la física atòmica i nuclear: propietats i interaccions» i pot introduir l'«Estudi de la radioactivitat natural...». El diàmetre nuclear es calcula amb R = 1,2 fm · A^(1/3). Comparar l'Hidrogen (2,4 fm) amb l'Urani (14,9 fm): el quocient és 6,2, l'arrel cúbica de 238. D'aquí es dedueix que el volum nuclear creix amb A i que la densitat nuclear és gairebé constant. El currículum català no anomena la mida ni l'estabilitat dels nuclis.

Concepcions alternatives que ajuda a corregir

La simulació ataca sobretot la idea d'un àtom massís amb un nucli gran. Cada fila indica la idea prèvia freqüent i com desmuntar-la amb la simulació.

Idea de l'alumnat	Idea correcta	Com mostrar-ho
«El nucli ocupa bona part de l'àtom, com als dibuixos del llibre»	L'àtom és entre 14.699 i 48.643 vegades més gran que el nucli	Hidrogen, «Escala natural»: el nucli no es veu. Llegir «L'àtom és més gran que el nucli»: 25.833 vegades
«L'àtom és una boleta massissa»	Gairebé tot l'àtom és espai buit entre el nucli i els electrons	Or, apropar quatre salts: es veu el nucli i al voltant no hi ha res; la capa K queda fora de la pantalla
«Entre el nucli i els electrons hi ha aire»	L'aire està format per molècules, que alhora són àtoms; dins de l'àtom hi ha buit	Hidrogen al primer salt: tot el llenç és interior de l'àtom i no conté partícules

Idea de l'alumnat	Idea correcta	Com mostrar-ho
«Amb una lupa o un microscopi que augmenti una mica ja es veu el nucli»	Calen uns quatre ordres de magnitud d'augment sobre l'àtom	Prémer «Apropa →» una vegada: amb ×10 el requadre continua dient que el nucli és massa petit per veure'l
«Els àtoms amb més protons són molt més grans»	La mida atòmica no creix en proporció a Z	Comparar el «Diàmetre de l'àtom» del Sodi (Z = 11, 332 pm) i de l'Or (Z = 79, 272 pm)
«Tots els nuclis són igual de grans»	El nucli creix amb el nombre de nucleons	Comparar «Diàmetre del nucli»: 2,4 fm a l'Hidrogen i 14,9 fm a l'Urani
«Els electrons són boletes de la mida dels punts dibuixats»	Els electrons no tenen una mida mesurable a aquesta escala	Llegir el requadre blau del llenç, que explica que els punts només indiquen la capa

Simplificacions que convé conèixer

La simulació prioritza la idea que el nucli és diminut davant de l'àtom. Per això simplifica el dibuix de l'escorça i del nucli. Convé conèixer aquestes llicències per no reforçar idees incorrectes sense voler.

1. **El viatge no arriba a la mida exacta del nucli.** Són quatre salts (×10.000) per a tots els elements, tot i que la raó real va de 14.699 (Heli) a 48.643 (Sodi). Al final el nucli ocupa entre una cinquena part i dos terços del cercle de l'àtom; el requadre «Estàs veient el nucli» dona el factor exacte.
2. **Els salts són potències de 10.** La «Guia ràpida» dona l'interval (de 15.000 a 49.000 vegades) i la fitxa de cada element la seva raó exacta. Convé fer servir la de la fitxa en els càlculs.
3. **El salt en què apareix el nucli depèn de la pantalla.** El punt vermell sorgeix quan supera 0,5 píxels de radi. Els nucleons es dibuixen a partir de 5 píxels i el rètol «p · n» a partir de 20. En una pantalla petita pot trigar un salt més.
4. **Capes com a circumferències.** Les capes creixen amb n^2, com a l'àtom de Bohr: les internes queden amuntegades a prop del nucli i se separen en apropar. Els electrons giren en òrbites circulars. A partir de 4t d'ESO convé recordar que no hi ha trajectòries definides.
5. **Radis covalents.** Tots els radis són covalents i surten de la mateixa taula (Cordero et al., 2008): per exemple, 31 pm l'hidrogen i 136 pm l'or. El diàmetre de l'àtom és el doble. Altres taules (radis metàl·lics, de van der Waals) donen valors diferents: la «mida» d'un àtom depèn de com es mesuri.
6. **Nucli amb fórmula empírica.** El diàmetre nuclear surt de 2 · 1,2 fm · A^(1/3). Per a un protó dona 2,4 fm, una mica més que la seva mida mesurada. A 2n de Batxillerat convé presentar-ho com una aproximació.
7. **Nucli pla i amb vora nítida.** Protons (vermells) i neutrons (grisos) s'agiten a l'atzar dins d'un cercle. En realitat el nucli és tridimensional i la seva superfície és difusa.
8. **Un únic isòtop per element.** Cada element té un nombre màssic fix: H-1, He-4, C-12, O-16, Na-23, Fe-56, Au-197 i U-238. Per parlar d'isòtops cal fer-ho de paraula.
9. **Rètols del regle espaiats.** Quan les marques «100·D» queden molt juntes, només se'n retola una de cada diverses perquè es llegeixin; les intermèdies continuen marcades.

Fitxa d'activitats de l'alumnat

La fitxa d'activitats segueix l'esquema prediu, observa i explica. Cada activitat porta un enllaç a la simulació ja preparada, de manera que funciona a l'aula d'informàtica, amb tauletes o com a tasca a casa. Es descarrega en Word i LibreOffice per adaptar-la.

Curs	Activitats	Durada orientativa
1r a 3r d'ESO	Abans de començar, activitats 1 a 6, Aplica el que has après, Revisa les teves idees i Autoavaluació	Una sessió de 50–55 minuts, o dues si abans es fa la primera part de l'explicació
4t d'ESO	Activitats 4 a 6 i Per ampliar	30 minuts

La taula d'«Abans de començar» recull cinc idees prèvies sobre l'àtom. Convé no corregir-la al principi: l'alumnat hi torna a «Revisa les teves idees». El salt en què es comença a veure el nucli depèn de la mida de la pantalla.

Solucions

Apartat	Solució
Abans de començar	a) F: l'àtom és unes 25 000 vegades més gran (activitat 2). b) F: caldria ampliar milers de vegades (activitat 1). c) F: els punts indiquen la capa, no la mida (activitat 6). d) F: l'or, amb 79 protons, és més petit que el sodi (activitat 5). e) V: Z identifica l'element (activitat 4)
Activitat 1	Escala natural: no es veu; D = 62 pm = 6,20 × 10^{-11} m. ×10: no es veu; 6,2 pm. Cap a ×100 o ×1000 apareix un punt vermell. ×10 000: «Has arribat al nucli!», D = 2,4 fm = 2,40 × 10^{-15} m. No es veu perquè és moltíssim més petit que l'àtom
Activitat 2	Nucli 2,4 fm = 2,4 × 10^{-15} m; àtom 62 pm = 6,2 × 10^{-11} m; 25 833 vegades. 6,2 × 10^{-11} / 2,4 × 10^{-15} ≈ 2,6 × 10^{4}. Amb un nucli d'1 cm, l'àtom faria uns 258 m, com dos o tres camps de futbol seguits
Activitat 3	Salt 0: l'àtom, 272 pm = 2,72 × 10^{-10} m. Salt 1: l'àtom, 27,2 pm = 2,72 × 10^{-11} m. A partir del salt 2 (segons la pantalla) la cota mesura el nucli: 14 fm = 1,4 × 10^{-14} m. L'exponent baixa 1 a cada salt, perquè cada salt amplia ×10. 2,72 × 10^{-10} / 1,4 × 10^{-14} ≈ 1,9 × 10^{4}: 19 478 vegades
Activitat 4	Carboni: 6, 6, 12, 6, 2 (K:2, L:4). Oxigen: 8, 8, 16, 8, 2 (K:2, L:6). Sodi: 11, 12, 23, 11, 3 (K:2, L:8, M:1). Ferro: 26, 30, 56, 26, 4 (K:2, L:8, M:14, N:2). És neutre perquè té tants electrons com protons. Z identifica l'element
Activitat 5	Sodi: 6,83 fm i 332 pm. Or: 14 fm i 272 pm. Urani: 14,9 fm i 392 pm. El nucli creix amb Z (i amb A); l'àtom no: depèn de quantes capes té i de amb quina força atrau el nucli els electrons
Activitat 6	«Representem els electrons com a punts perquè puguis veure en quina capa són, no per indicar-ne la mida real.» Or: 6 capes (K:2, L:8, M:18, N:32, O:18, P:1). Els electrons no són boletes en cercles: en el model actual només se sap on és més probable trobar-los (orbitals)
Aplica el que has après	1) 6,2 × 10^{-11} m; 2,4 × 10^{-15} m; 1,5 × 10^{-10} m. 2) 1,52 × 10^{-10} / 5,49 × 10^{-15} ≈ 2,77 × 10^{4}, unes 27 700 vegades. 3) 13 protons, 14 neutrons i 13 electrons. 4) Gairebé tota la massa és al nucli, que ocupa una part ínfima del volum de l'àtom
Per ampliar	1) $^{238}_{92}U$; l'urani-235 té els mateixos 92 protons i 143 neutrons (un altre isòtop). 2) Hi caben 10 barres d'1/10; a l'hidrogen hi caben uns 25 800 nuclis en filera

Juan Ramón Grijota · SimulaCiencia. Guia publicada amb llicència CC BY-SA 4.0: la pots adaptar i compartir citant-ne l'autoria i amb la mateixa llicència. Versió actualitzada i simulació a simulaciencia.es/ca/guies/atomo-real/.