Irakaslearen gida: eredu atomikoen simulazioa

Laburpena

Simulazioak Geiger eta Marsdenen α partikulen sakabanaketa-esperimentua erreproduzitzen du eta Thomsonen eta Rutherforden iragarpenak konparatzen ditu. Euskadin DBHko 3. mailako Fisika eta Kimikan erabiltzen da batez ere, eta DBHko 4. mailan eta Batxilergoko 2. mailako Fisikan ere badu aplikaziorik.

Datua	Xehetasuna
Esteka	simulaciencia.es/eu/simulazioak/modelos/
Mailak	DBHko 3. maila (erabilera nagusia), DBHko 4. maila, Batxilergoko 2. mailako Fisika; noizbehinkako errepasoa Batxilergoko 2. mailako Kimikan
Irakasgaia	Fisika eta Kimika
Gutxi gorabeherako iraupena	15-20 minutu azalpenerako, simulazioa proiektatuta
Materiala	Proiektorea edo arbel digitala; nabigatzailean dabil, baita mugikorrean eta tabletan ere, ezer instalatu gabe
Aurretiko ezagutzak	Atomoa protoiz, neutroiz eta elektroiz osatuta dago; zeinu bereko kargek elkar aldaratzen dute; Batxilergoan, Coulomben legea eta energia potentzial elektrikoa
Irisgarritasuna	Modu iluna, Modu argia eta Kontraste handia, eta «Tableta / Arbel digitala» interfaze-tamaina ukipen-pantailetarako (engranajearen botoia)

Nola dabil simulazioa

Ezkerreko panelak bi kontrol-txartel ditu. «Atomoa» txartelean «Eredua» (Thomson edo Rutherford), «Ikuspegia» («Atomoa» edo «Xafla») eta «Zenbaki atomikoa (Z)» aukeratzen dira. «Jaurtiketa» txartelean α partikulak nola eta zer abiadurarekin jaurtitzen diren aukeratzen da. Oihalean, «α iturria» ezkerrean dago, eta «Detektagailua» errotulua duen arku batek jomuga inguratzen du. Arkuak iturriaren zona irekita uzten du. Hasierako konfigurazioa hau da: Thomson, Atomoa ikuspegia, Z = 14 (silizioa), «Banan-banan (klik)» eta 10eko abiadura.

Modua	Irakasleak zer kontrolatzen duen	Zer erakusten duen
«Atomoa» ikuspegia, Thomson eredua	«Zenbaki atomikoa (Z)» 1etik 118ra; 14an hasten da. Errotuluak zenbakia eta izena ematen ditu, adibidez «79 – Urrea»	Karga positiboko esfera hori bat, biraka dabiltzan eraztunetan elektroiak dituena. α partikulak ia ez dira desbideratzen
«Atomoa» ikuspegia, Rutherford eredua	Z-ren kontrol bera	Z protoi (gorriak) eta Z neutroi (grisak) dituen nukleo bat. Elektroiak 2, 8, 18, 32... elektroiko geruzetan doaz. Nukleotik hurbil pasatzen diren α-ak kurbatu egiten dira, eta batzuk iturrirantz itzultzen dira
«Xafla» ikuspegia, edozein eredu	Eredua eta Z. Xaflak atomo txikien 3 zutabe ditu irekiduran zehar	Partikula asko aldi berean, atomo askoren gainean. Thomsonekin denak ia zuzen pasatzen dira; Rutherfordekin gehienak zuzen pasatzen dira eta gutxi batzuek errebotatu egiten dute

Modua	Irakasleak zer kontrolatzen duen	Zer erakusten duen
«Igorpen modua»	«Banan-banan (klik)»: iturriaren ondoko zona urdinean egiten den klik bakoitzak α bat jaurtitzen du altuera horretan. «Etengabeko jarioa»: «Etengabeko igorpena» botoiak ausazko altueretan jaurtitzen ditu α-ak, 1etik 60ra bitarteko «Erritmoa»rekin (20an hasten da)	«Energia (α abiadura)» 4tik 16ra doa 0,5eko urratsetan eta bi moduetarako balio du. Abiadura handiagoa, desbideratze txikiagoa

Hiru elementuk eusten diote azalpenari:

- **Marraztuta geratzen diren ibilbideak.** Atomoa ikuspegian azken 6 ibilbideak gordetzen dira 5 segundoz inguru. α nukleora iritsi aurretik kurbatzen dela ikusten da, hura ukitu gabe.
- **Detektagailuko markak.** Detektatutako α bakoitzak puntu bat uzten du arkuan (azken 40ak gordetzen dira). Thomsonekin iturriaren parean pilatzen dira; Rutherfordekin arku osoan banatzen dira. Iturrirantz errebotatzen dutenak irekiduratik ateratzen dira markarik utzi gabe, baina grafikoan zenbatzen dira.
- **«Angeluen grafikoa».** 0° eta 180° artean 10°-ko 18 barra dituen txartel tolesgarria da. Lehen barra berdea da, 90° artekoak anbarrak eta 90° baino gehiagokoak gorriak. Goian «n=» adierazten du, jaurtitako partikulekin. Sagua barra baten gainetik pasatzean, haren zenbaketa eta ehunekoa erakusten ditu.

«Berrabiarazi» botoiak partikulak eta grafikoa ezabatzen ditu; eredua edo ikuspegia aldatzeak ere berrabiarazi egiten du. «Gida azkarra» txartelak laburbiltzen du zer ikusten den, bi ereduak, bi ikuspegiak eta grafikoa nola irakurri.

Maila bakoitzean nola erabili

DBHko 3. mailan, simulazioak Thomsonen eta Rutherforden ereduak eta haiek bereizten dituen esperimentua aurkezteko balio du, eta egitura atomikoa materiaren izaera elektrikoarekin lotzeko. DBHko 4. mailan, eredu atomikoen bilakaera historikoan eta datuen analisian sartzen da. Batxilergoko 2. mailako Fisikan, Coulomb, Gauss eta energiaren kontserbazioa aplikatzeko balio du. Batxilergoko 1. mailan ez dago simulazioa sartzeko jakintzarik. Aipatutako oinarrizko jakintzak eta ebaluazio-irizpideak Euskadiko curriculumekoak dira (77/2023 Dekretua DBHrako eta 76/2023 Dekretua Batxilergorako, EHAA, 2023ko ekainaren 9a), testu ofizialaren euskarazko bertsioan. Izartxoak (*) ezinbesteko jakintza dela adierazten du, dekretuan bezala.

Euskadin eredu atomikoak eta materiaren izaera elektrikoa DBHko 3. mailan agertzen dira lehen aldiz; DBHko 1. eta 2. mailetako Natura Zientziek ez dute egitura atomikoa lantzen. Horregatik, bi ereduen aurkezpena eta indar elektrikoarekin egiten den lana DBHko 3. mailan doaz batera, saio batean edo bitan egin daitezkeen bi zatitan. Kontuan izan DBHko 4. mailako Fisika eta Kimika aukerakoa dela.

DBHko 3. maila (Fisika eta Kimika): Thomsonetik Rutherfordera, eta indar elektrikoa

14-15 urte · 9th grade AEBn · Year 10 Erresuma Batuan

Oinarrizko jakintzak. B multzoa: «Egitura atomikoa: eredu atomikoen garapen historikoa, isotopoen existentzia, eraketa eta propietateak, eta elementuen antolamendua taula periodikoan.*». C multzoa: «Materiaren izaera elektrikoa: gorputzen elektrizazioa, zirkuitu elektrikoak eta energia elektrikoa lortzeko bideak. [...]*». D multzoa: «Fenomeno grabitatorioak, elektrikoak eta magnetikoak: naturaren indarrekiko lotura agerian uzten duten esperimentu errazak.*». A multzoa: «Ikerketa zientifikoaren metodologiak: gaiak identifikatu eta formulatu, hipotesiak egin eta horiek esperimentuak eginez egiaztatu.*» eta «Ikaskuntza zientifikorako hainbat ingurune eta baliabide, hala nola laborategia edo ingurune birtualak [...].*».

Ebaluazio-irizpideak. 1.1 (eguneroko fenomeno fisiko-kimiko garrantzitsuenak identifikatzea, ulertzea eta azaltzea), 2.2 (egindako hipotesiak egiaztatzeko edo ezeztatzeko modurik onena hautatzea) eta 6.1 (zientzia etengabe eraikitzen ari den prozesua dela onartzea, aurrerapen zientifikoen analisi historikoaren bidez).

Euskadiko curriculumak ez ditu Thomsonen eta Rutherforden ereduak izenez aipatzen, ezta indar elektrikoa grabitatorioarekin konparatzea ere; «eredu atomikoen garapen historikoa»n eta «materiaren izaera elektrikoa»n sartzen dira.

Helburuak. Thomsonen eta Rutherforden ereduak deskribatzea. Esperimentu batek eredu bat baztertu dezakeela ulertzea. Atomoa ia hutsik dagoela eta karga positiboko nukleo txiki bat duela ohartzea. α-en desbideratzea urrutiko aldarapen elektriko gisa azaltzea eta nukleoaren kargarekin eta partikularen abiadurarekin lotzea.

Azalpen-sekuentzia, lehen zatia: Thomsonetik Rutherfordera (15-20 min).

1. Hasierako konfigurazioa: Thomson, Atomoa ikuspegia, Z = 14. Marrazkia deskribatu: elektroiak txertatuta dituen karga positiboko esfera bat, «mahaspasa-pudina». Azaldu iturriak α partikulak jaurtitzen dituela, karga positibodunak.
2. Galdetu zer gertatuko zaion atomo honen kontra jaurtitako α bati. Egin hainbat klik altuera desberdinetan: denak ia zuzen igarotzen dira, gehienez 1°-ko desbideratzeekin.
3. Igo Z 79ra («79 – Urrea»), jatorrizko xaflaren metala. Errepikatu klikak: ia zuzen igarotzen jarraitzen dute, 1° edo 2°-ko desbideratzeekin.
4. Aldatu Xafla ikuspegira eta «Etengabeko jarioa»ra, aktibatu «Etengabeko igorpena» eta zabaldu «Angeluen grafikoa». Thomsonekin partikula guztiak lehen barran erortzen dira (0-10°).
5. Aldatu eredua Rutherfordera, beste ezer ukitu gabe. Hamarretik ia bederatzi lehen barran jarraitzen dute, baina barra gorriak agertzen dira: α gutxi batzuek iturrirantz errebotatzen dute.
6. Itzuli Atomoa ikuspegira eta «Banan-banan (klik)»era, Rutherford eta Z = 79rekin. Egin klik nukleoaren altueran: α atzera itzultzen da. Egin klik urrun: zuzen igarotzen da. Ondorioztatu nukleo ñimiño eta positibo bat dagoela eta espazio huts asko.

Azalpen-sekuentzia, bigarren zatia: egitura atomikoa eta indar elektrikoa (15-20 min).

1. Rutherford, Atomoa ikuspegia, Z = 14. Seinalatu protoiak (gorriak), neutroiak (grisak) eta elektroiak. Gogorarazi α-k bi protoi eta bi neutroi dituela, haren marrazkian ikusten den bezala.
2. Jaurti α bat nukleotik pixka bat gorago. Ohartarazi ibilbidea iritsi aurretik kurbatzen dela: indar elektrikoak urrutira jarduten du, ukitu gabe. Konparatu grabitatearekin, erakarri baino ez duena egiten.
3. Jaitsi Z 1era («1 – Hidrogenoa») eta apuntatu nukleora: desbideratzea ez da 6° ingurutik pasatzen. Igo 79ra: α-k errebotatu egiten du. Protoi gehiago, karga gehiago, aldarapen gehiago.
4. Z = 79rekin, jaurti altuera berean, nukleotik justu gorago, 4, 10 eta 16ko abiadurekin. Desbideratzea 115° ingurutik 38° ingurura eta 16° ingurura jaisten da.
5. Pasatu Xaflara «Etengabeko jarioa»rekin eta ireki grafikoa. Konparatu Z = 1, Z = 14 eta Z = 79, tartean «Berrabiarazi» sakatuz. Idatzi arbelean lehen barraren eta barra gorrien ehunekoa.

DBHko 4. maila (Fisika eta Kimika): eredu atomikoen bilakaera

15-16 urte · 10th grade AEBn · Year 11 Erresuma Batuan

Oinarrizko jakintzak. B multzoa: «Eredu atomikoak: eredu atomiko klasiko eta kuantiko nagusien garapen historikoa eta partikula subatomikoen deskribapena, fisikaren eta kimikaren aurrerapenekin duten erlazioa ezarriz.*». A multzoa: «Lan esperimentala eta ikerketa-proiektuak: problemak ebazteko eta ikerketaren,*

dedukzioaren, ebidentzien bilaketaren eta arrazoiketa logiko-matematikoaren bidez errorea tratatzeko estrategiak [...].» eta «Fisikak eta kimikak gizartearen aurrerapenerako eta hobekuntzarako dituzten mugarri historiko eta gaur egungo garrantzitsuenetan zientzialariek duten zereginaren eta kultura zientifikoaren balorazioa*.». C multzoa: «Energia: energiaren formei eta aplikazioei buruzko hipotesien formulazioa eta egiaztaketa [...].*».

Ebaluazio-irizpideak. 1.1 (eguneroko fenomeno fisiko-kimikoak ulertzea eta printzipio, teoria eta lege egokien arabera zorrotz azaltzea), 2.2 (modu esperimentalean edo deduktiboan egiazta daitezkeen erantzunak aurreikustea) eta 6.1 (zientzia etengabe eraikitzen ari den prozesua dela onartzea, aurrerapen zientifikoen analisi historikoaren bidez).

Helburuak. Geiger eta Marsdenen esperimentua hipotesi baten froga gisa azaltzea. Angeluen banaketa bat interpretatzea. Eredu nuklearrak Thomsonena zergatik ordezten duen eta Bohrentzat zer arazo uzten dituen irekita arrazoitzea.

Azalpen-sekuentzia (15-20 min).

1. Thomson, Z = 79, Xafla ikuspegia, «Etengabeko jarioa», «Erritmoa» gehienera (60) eta «Etengabeko igorpena». Hipotesia formulatu: Thomsonek arrazoi badu, α guztiak ia zuzen igaroko dira.
2. Zabaldu «Angeluen grafikoa» eta itxaron 500 partikula inguru arte (n=500). Denak 0-10°-ko barran erortzen dira. Hori da ereduaren iragarpena.
3. Aldatu Rutherfordera. Pasatu sagua barretatik: lehenak % 88 inguru du, eta gorriek % 4 inguru batera. Kontatu Geigerrek eta Marsdenek Thomsonek azaldu ezin zituen erreboteak ikusi zituztela, nahiz eta askoz gutxiago izan: 8000tik 1.
4. Itzuli Atomoa ikuspegira Rutherfordekin. Azaldu desbideratzea α nukleora zenbat hurbiltzen den araberakoa dela. Horrela ondorioztatu zen nukleoa ñimiño a dela.
5. Mugitu «Energia (α abiadura)» 4tik 16ra, nukleotik hurbil apuntatuz. Energia zinetikoa v^2-rekin hazten da: 16 aldiz handiagoa da eta α askoz gutxiago desbideratzen da.
6. Ohartarazi simulazioak elektroiak 2, 8, 18... elektroiko geruzetan marrazten dituela jada. Hori ez zegoen Rutherforden ereduan: Bohren eta Sommerfelden geroagoko ekarpena da.

Batxilergoko 2. maila (Fisika): eremu eta potentzial elektrikoak

17-18 urte · 12th grade AEBn · Year 13 Erresuma Batuan

Oinarrizko jakintzak. C multzoa, «Eremu elektromagnetikoa»: «Eremu elektrikoaren intentsitatea karga diskretu eta jarraituen banaketetan: eremu elektrikoko fluxuaren kalkulua eta interpretazioa.» eta «Karga estatikoen banaketa baten energia: karga libreak potentzial elektriko desberdineko puntuen artean mugitzean aldatzen diren eta konstante irauten duten magnitudeak.». E multzoa, «Fisika erlatibista, kuantikoa, nuklearra eta partikulena»: «Nukleo atomikoak eta isotopoen egonkortasuna. Erradioaktibitate naturala eta beste prozesu nuklear batzuk. [...]».

Ebaluazio-irizpideak. 1.2 (problemak modu esperimentalean eta analitikoan ebaztea, fisikaren printzipioak, legeak eta teoriak erabiliz), 2.1 (sistema naturalen eboluzioa aztertzea eta ulertzea, fisikaren ereduak, legeak eta teoriak erabiliz) eta 5.2 (prozesu fisikoak laborategi erreal edo birtualetan erreproduzitzea, haiek baldintzatzen dituzten aldagaiak aldatuz).

Helburuak. Gaussen teorema Thomsonen esferari eta Coulomben legea nukleoari aplikatzea. Hurbiltze maximoko distantzia energiaren kontserbazioarekin kalkulatzea. Desbideratze-angelua eta talka-parametroa erlazionatzea.

Azalpen-sekuentzia (15-20 min).

1. Thomson, Atomoa ikuspegia, Z = 79. Aplikatu Gauss esfera kargatuari: barruan, eremua r-rekin hazten da; kanpoan, $1/r^2$-rekin jaisten da. Eremu maximoa gainazalean dago eta ahula da. α-ak ia ez dira desbideratzen.
2. Aldatu Rutherfordera Z berarekin. Karga guztia askoz erradio txikiagoan dago, eta nukleotik hurbil eremua izugarria da. Egin klik nukleoaren altueran: α-k errebotatu egiten du.
3. Aurrez aurreko talka: 8ko abiadura eta gero 16koa, nukleoaren altuera zehatzean klik eginez. $½ m v^2 = k q Q / r_min$ erabiliz, energia laukoizteak r_min laurdenera murrizten du. Simulazioan 19 px ingurutik 5 px ingurura pasatzen da.
4. 10eko abiadurarekin, jaurti α-ak nukleotik gero eta hurbilago. Erdigunetik 20 px ingurura 38° inguruan ateratzen da; 10 px-ra, 71° inguruan; 5 px-ra, 111° inguruan. θ/2-ren kotangentea erdira murrizten da aldi bakoitzean, Rutherfordek iragartzen duen bezala.
5. Iruzkindu α iturria igorle erradioaktibo bat dela eta α helio-nukleo bat dela. α-k nukleoa ukituko balu, indar nuklearrak jardungo luke, eta simulazioak ez du hori barne hartzen.

Batxilergoko 2. maila (Kimika): noizbehinkako errepasoa

17-18 urte · 12th grade AEBn · Year 13 Erresuma Batuan

Ez dago Thomsoni eta Rutherfordi buruzko jakintza espezifikorik. Simulazioak B multzoko «1. Espektro atomikoak» atala ireki dezake, «Espektro atomikoak, eredu atomikoa berrikusteko beharraren erantzule gisa. Fenomeno horrek eredu atomikoaren garapen historikoaren testuinguruan duen garrantzia» lantzean. Nahikoa da Xafla ikuspegia Rutherforden ereduan eredu nuklearra gogoratzeko. Ondoren, azaltzen ez duena aurkezten da: atomoaren egonkortasuna eta espektroak.

Zuzentzen laguntzen dituen ideia okerrak

Simulazioak batez ere atomo trinkoaren ideiari eta partikulak talka egitean bakarrik desbideratzen direlako ideiari egiten die aurre. Errenkada bakoitzak ohiko aurretiazko ideia bat eta simulazioarekin nola desegin adierazten du.

Ikasleen ideia	Ideia zuzena	Nola erakutsi
«Atomoa bola trinko bat da, materiaz betea»	Atomoa ia osorik espazio hutsa da, nukleo oso txiki batekin	Rutherford, Xafla, Z = 79, etengabeko jarioa: hamarretik ia bederatzi α-k xafla zeharkatzen dute 10° baino gehiago desbideratu gabe
«α partikulak errebotatu egiten du nukleoarekin talka egiten duelako, billar-bola batek bezala»	Aldarapen elektrikoak urrutira jarduten du eta ibilbidea iritsi aurretik kurbatzen du	Rutherford, Atomoa, Z = 79: jaurti nukleotik pixka bat gorago eta ikusi ibilbidea haretik urrun kurbatzen dela
«α-ak elektroiekin talka egitean desbideratzen dira»	Elektroiek oso masa txikia dute eta ia ez dute α desbideratzen	Thomson, Atomoa, Z = 118: α-k elektroien eraztun guztiak zeharkatzen ditu eta ia zuzen jarraitzen du
«Eredua aldatzen bada, aurrekoa astakeria bat zelako da»	Eredu bat ordezten da esperimentu batek haren iragarpena gezurtatzen duenean	Thomson, Xafla: dena lehen barran. Esperimentu bera Rutherforden: Thomsonek azaltzen ez dituen barra gorriak agertzen dira
«Nukleoak atomoaren zati handi bat hartzen du»	Nukleoa ñimiño a da: horregatik dira bakanak erreboteak	Rutherford, Atomoa, Z = 79: nukleoaren ia altueran jaurtitako α-ek bakarrik errebotatzen dute; 50 px baino urrunago ia zuzen igarotzen dira

Ikasleen ideia	Ideia zuzena	Nola erakutsi
«α partikula guztiak berdin desbideratzen dira, atomoa edo haren abiadura edozein dela ere»	Desbideratzea nukleoaren kargarekin hazten da eta α-ren energiarekin jaisten da	Rutherford, Atomoa: apuntatu nukleora Z = 1ekin (ez da 6°-tik pasatzen) eta Z = 79rekin (errebotatu egiten du). Gero errepikatu 4 eta 16ko abiadurekin
«α partikula elektroi baten antzekoa da»	α helio-nukleo bat da, bi protoi eta bi neutroirekin eta karga positiboarekin	Seinalatu hegan doan α bat: bi puntu gorrirekin (protoiak) eta bi grisekin (neutroiak) marrazten da. Konparatu atomoaren elektroi urdinekin

Ezagutzea komeni diren sinplifikazioak

Simulazioak bi ereduen arteko kontraste kualitatiboari ematen dio lehentasuna, eta horretarako tamainak eta maiztasunak puzten ditu. Komeni da lizentzia horiek ezagutzea, nahi gabe ideia okerrak ez indartzeko.

1. **Nukleoa oso handituta dago.** Atomoa ikuspegian nukleoak 3 eta 15 px arteko erradioa du. Atomoak 80 eta 195 px artekoa. Proportzioa 1etik 12ra da urrean, errealitateko 1etik 100 000ra beharrean. Komeni da beti esatea tamainez hitz egiten denean.
2. **Erreboteak puztuta daude.** Rutherforden Xaflan, Z = 79 eta 10eko abiadurarekin, 100etik 4 α inguru 90° baino gehiago desbideratzen dira. Geigerrek eta Marsdenek 8000tik bat zenbatu zuten; proportzio horrekin ez litzateke errebote bakar bat ere ikusiko klasean. «Gida azkarra»k ohartarazten du.
3. **Xaflak 3 atomoko lodiera baino ez du.** α bakoitzak hurbilen dagoen atomoarekin bakarrik jarduten du, bi erradio baino hurbilago badago. Benetako urrezko xafla batek milaka atomo-geruza ditu.
4. **Eredu bakoitzak indar-konstante desberdina erabiltzen du.** Rutherfordek Thomsonek baino 5 aldiz konstante handiagoa erabiltzen du (40 000 eta 8000). Gainera, Thomsonek muga bat du indar osoan, α-ren abiaduraren araberakoa, eta 5° baino desbideratze txikiagoak bermatzen ditu. Batxilergoan komeni da esatea konparazioa kualitatiboa dela.
5. **Thomsonen muga artifiziala da.** Desbideratzeak beti dira 5° baino txikiagoak edozein Z eta abiadurarekin (gehienez 4,3°, Z = 118 eta 4ko abiadurarekin), indarra nahita mugatuta dagoelako. Benetako Thomsonen ereduan atomo bakoitzeko desbideratzeak are txikiagoak ziren, gradu baten zatikia.
6. **Detektagailuak irekidura bat du.** Arkuak iturriaren zona irekita uzten du, 54° inguru goitik eta behetik. 125° inguru baino gehiago desbideratutako α-ak hortik ateratzen dira markarik utzi gabe, nahiz eta grafikoan zenbatu. Benetako esperimentuan ez zen norabide guztietan aldi berean neurtzen: detektagailua mugitzen zen.
7. **Nukleoa «biguna» da eta ez dago indar nuklearrik.** Indarra leundu egiten da erdigunetik hurbil eta 1,2 erradio atomikotik haratago anulatu egiten da. Z = 1 eta 10eko abiadurarekin, edo Z = 14 eta 16ko abiadurarekin, aurrez aurre jaurtitako α batek nukleoa zeharkatzen du desbideratu gabe.
8. **Asmatutako neutroiak eta geruzak.** Nukleoak protoi adina neutroi marrazten ditu; benetako urreak 118 neutroi ditu. Elektroiak 2, 8, 18, 32, 32 eta 8 elektroiko geruzetan banatzen dira, eta hori Bohren ideia da, ez Rutherfordena. DBHko 4. mailatik aurrera komeni da anakronismoa seinalatzea.
9. **Elektroiek ia ez dute inoiz talka egiten.** α-ren masa elektroiarena baino 7350 aldiz handiagoa da, 7300 inguruko benetako baliotik hurbil. Baina haren talka-erradioa 0,005 px da, eta talkak ia ez dira gertatzen. Rutherforden ereduan elektroiek ez dute indarrik egiten α-ren gainean.

Ikasleen jarduera-fitxa

Jarduera-fitxak iragarri, behatu eta azaldu eskema jarraitzen du. Jarduera bakoitzak simulazioa prestatuta irekitzen duen esteka du; beraz, informatika-gelan, tabletekin edo etxeko lan gisa erabil daiteke. Word eta LibreOffice formatuetan deskargatzen da, egokitu ahal izateko.

Maila	Jarduerak	Gutxi gorabeherako iraupena
DBHko 3. maila	Hasi aurretik, 1.etik 5.era bitarteko jarduerak, Aplikatu ikasitakoa, Berrikusi zure ideiak eta Autoebaluazioa	Saio bat edo bi, azalpenaren bi zatiak batera edo bereiz egiten diren arabera
DBHko 4. maila	Hasi aurretik, 1.etik 6.era bitarteko jarduerak, Aplikatu ikasitakoa, Berrikusi zure ideiak eta Autoebaluazioa	50-55 minutuko saio bat
Batxilergoko 2. mailako Fisika	3. eta 5. jarduerak eta Gehiago jakiteko	30 minutu

«Hasi aurretik» taulak ideia okerren taulako bost aurretiazko ideia biltzen ditu. Hobe da hasieran ez zuzentzea: ikasleak «Berrikusi zure ideiak» atalean itzultzen dira hara.

Soluzioak

Atala	Soluzioa
Hasi aurretik	Denak gezurrak. a) Atomoa ia hutsik dago (2. eta 3. jarduerak). b) Aldarapen elektrikoak urrutira jarduten du eta ibilbidea iritsi aurretik kurbatzen du (3. jarduera). c) Nukleoa ñimiño a da (3. jarduera). d) Eredu bat aldatzen da esperimentu batek haren iragarpena gezurtatzen duenean (2. jarduera). e) Desbideratzea nukleoaren kargaren eta abiaduraren araberakoa da (4. eta 5. jarduerak)
1. jarduera	Denek zeharkatzen dute atomoa, gehienez 1° edo 2°-ko desbideratzeekin; bat ere ez da itzultzen. Karga positiboa esfera handi batean banatuta dago, eta haren eragina ahula da leku guztietan
2. jarduera	Thomson: % 100 lehen barran eta gorririk ez. Rutherford: % 88 inguru lehen barran eta % 4 inguru gorrietan. Thomsonek ezin du errebote bakar bat ere azaldu; oso kontzentratuta dagoen karga positibo bat behar da (benetako esperimentuan 8000tik 1ek errebotatzen zuen)
3. jarduera	Nukleoaren altueran atzera itzultzen da; pixka bat gorago asko kurbatzen da; urrun zuzen igarotzen da. Ez du nukleoa ukitzen: karga positiboen arteko aldarapen elektrikoak desbideratzen du, urrutira jarduten duena. Ia denak zuzen igarotzen dira atomoa ia hutsik dagoelako eta nukleoa ñimiño a delako
4. jarduera	Z = 1: gutxi desbideratzen da (gehienez 6° inguru). Z = 14: nahiko desbideratzen da. Z = 79: errebotatu egiten du. Protoi gehiago, karga positibo gehiago eta aldarapen gehiago
5. jarduera	4ko abiadura: handia (115° inguru). 10: ertaina (38° inguru). 16: txikia (16° inguru). Energia zinetiko handiagoarekin, aldarapenak denbora gutxiago eta eragin txikiagoa du hura kurbatzeko
6. jarduera	Nukleoa: 14 protoi eta 14 neutroi. Azala: 14 elektroi 2, 8 eta 4 elektroiko geruzetan. Bohr (1913): elektroiak orbita edo energia-maila jakin batzuetan baino ezin daitezke egon; horrela atomoa egonkorra da eta espektroak azaltzen dira
Aplikatu ikasitakoa	1) Thomson: elektroiak txertatuta dituen esfera positiboa. Rutherford: erdian nukleo positibo ñimiño a eta elektroiak inguruan biraka. 2) 1000 m inguru (1 km): estadio handi baten erdian dagoen bola bat bezala. 3) Thomsonen ereduak garai hartan jakiten zena azaltzen zuen; esperimentu berri batek gezurtatu zuenean ordeztu zen, eta horrela aurreratzen du zientziak. 4) Nukleoak erakarriko lituzke: haren ondoan ere desbideratuko lirateke, baina harantz kurbatuz
Gehiago jakiteko	1) r_{min} laurdenera murrizten da; simulazioan, 19 px ingurutik 5 px ingurura. 2) $r_{min} = 9 \cdot 10^{9} \cdot (2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}) \cdot (79 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}) / (5 \cdot 10^{6} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{J}) \approx 4{,}5 \cdot 10^{-14}$ m

Juan Ramón Grijota · SimulaCiencia. CC BY-SA 4.0 lizentziapean argitaratutako gida: egokitu eta partekatu dezakezu, egilea aipatuz eta lizentzia bera erabiliz. Bertsio eguneratua eta simulazioa: simulaciencia.es/eu/gidak/modelos/.