IRAKASLEAREN GIDA · SIMULACIENCIA

Irakaslearen gida: atomoa eskalan simulazioa

Laburpena

Simulazioak ×10eko jauzietan bidaiatzen du atomotik bere nukleoraino, zortzi elementuren benetako tamainekin. Euskadin DBHko 3. mailako Fisika eta Kimikan erabiltzen da batez ere, DBHko 4. mailan ere badu aplikaziorik, eta Batxilergoan noizbehinka erabiltzen da.

Datua	Xehetasuna
Esteka	simulaciencia.es/eu/simulazioak/atomo-real/
Mailak	DBHko 3. maila (erabilera nagusia), DBHko 4. maila; noizbehinkako erabilera Batxilergoko 1. mailan eta Batxilergoko 2. mailako Fisikan
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	Protoiak, neutroiak eta elektroiak; 10en berreturak; luzera-unitateak (m, nm, pm)
Irisgarritasuna	Modu iluna, Modu argia eta Kontraste handia (engranajearen botoia). «Tableta / Arbel digitala» interfaze-tamaina ukipen-pantailetarako. Teklatua: → hurbildu, ← urrundu, R berrabiarazi

Nola dabil simulazioa

Pantailak hiru gune ditu. Ezkerrean, panela, «Gida azkarra», «Elementua» eta «Zoom-bidaia» atalekin. Erdian, oihala, atomoarekin eta marraztutako diametroa neurtzen duen kota batekin. Behean, «Benetako eskalako konparazioa» barra-zerrenda bat. Irekitzean, hidrogenoa erakusten du «Eskala naturala» moduan.

Modua	Irakasleak zer kontrolatzen duen	Zer erakusten duen
Eskala naturala (hasiera)	Elementua: Hidrogeno, Helio, Karbono, Oxigeno, Sodio, Burdina, Urre edo Uranio	Atomoa, bere geruza eta elektroiekin. Kotak benetako diametroa ematen du, adibidez «D = 62 pm = 6,20 × 10^{-11} m» hidrogenoarentzat. Koadro batek abisatzen du: «Nukleoa erdigunean dago, baina txikiegia da ikusteko.»
Hurbildu	«Hurbildu →» botoia, ×10eko lau jauzi	Irudia ×10 handitzen da jauzi bakoitzean. Nukleoa ikusten ez den bitartean, kotak pantailan gauza bera neurtzen du, baina hamar aldiz txikiagoa den luzera bat irudikatzen du. Nukleoa puntu gorri gisa agertzen da lehenik, eta gero bere nukleoiekin
Bidaiaren amaiera	«Hurbildu →» laugarren aldiz sakatzea	«Nukleora iritsi zara! ×10.000» errotulua, nukleo osoa oihalaren erdian eta «Nukleoa ikusten ari zara. Atomo osoa 25.833 aldiz handiagoa da...» koadroa (hidrogenoa)
Urrundu	«← Urrundu» botoia, eskala naturaletik lau jauziraino	Atomoa txikitu egiten da eta kotak eskualde handiagoak erakusten ditu, hidrogenoaren kasuan 620 nm-raino

Modua	Irakasleak zer kontrolatzen duen	Zer erakusten duen
Beheko zerrenda	Engranajea: «Erakutsi tarteko zoom-lerroak» eta «Erakutsi pixelak barretan» (hasieran desaktibatuta)	Barra bat atomoarentzat eta beste bat nukleoarentzat, eskala berean. Lehen laukiarekin, «Atomoaren 1/10», «Atomoaren 1/100» eta abarreko barrak agertzen dira

Hiru elementuk eusten diote azalpenari:

- **Elementuaren fitxa.** Hautagailuaren azpian «Protoiak (Z)», «Neutroiak (N)», «Nukleoaren diametroa», «Atomoaren diametroa», «Atomoa nukleoa baino handiagoa da» eta «Geruza elektronikoak» agertzen dira. Hidrogenoarentzat: 2,4 fm, 62 pm eta «25.833 aldiz».
- **Kota, idazkera zientifikoan.** Jauzi bakoitzak diametroa erakusten du unitate erosoenean eta metrotan, adibidez «D = 2,4 fm = 2,40 × 10^{-15} m». 10en berreturak ozenki zenbatzeko aukera ematen du.
- **Nukleoaren erregela zerrendan.** Nukleoaren barra gorria atomoa bezain luzea den pista baten gainean doa. Pistak marka bat du 100 diametro nuklearreko («100·D», «200·D»...). Hidrogenoan 258 marka daude; oso elkarren ondoan geratzen direnean, batzuetatik bat bakarrik errotulatzen da.

«Gida azkarra» zabalgarriak ikusten dena, zoom-bidaia, beheko zerrenda eta teklatuko lasterbideak laburtzen ditu.

Maila bakoitzean nola erabili

DBHko 3. mailan, simulazioak Rutherforden eredua aurkezteko eta egitura atomikoa idazkera zientifikoarekin lantzeko balio du. DBHko 4. mailan, ereduen konparazioari eta geruzei laguntzen die. Batxilergoan noizbehinka erabiltzen da. Aipatutako oinarrizko jakintzak 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 egitura atomikoa eta eredu atomikoak DBHko 3. mailan agertzen dira lehen aldiz; DBHko 1. eta 2. mailetako Natura Zientziek materiaren eredu zinetikoa eta sistema materialak lantzen dituzte. Horregatik, Rutherforden ereduaren aurkezpena eta eskalekin 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): Rutherforden atomoa eta egitura atomikoa eskalan

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.*». A multzoa: «Hizkuntza zientifikoa: Nazioarteko Sistemaren unitateak eta hauen sinboloak. Oinarrizko tresna matematikoak hainbat zientzia- eta ikas-egoeratan.*» 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), 1.2 (problema fisiko-kimikoak lege eta teoria egokiekin ebaztea, emaitzak behar bezala adieraziz) eta 3.2 (fisikaren eta kimikaren oinarrizko arauak behar bezala erabiltzea, neurketa-unitateak eta tresna matematikoak barne).

Curriculumak ez ditu izenez aipatzen idazkera zientifikoa eta ioiak; «oinarrizko tresna matematikoetan» eta «egitura atomikoan» sartzen dira.

Helburuak. Atomoak nukleo zentral bat eta inguruan elektroiak dituela ohartzea. Nukleoa atomoaren aldean oso txikia dela ulertzea. Atomoa deskribatzea protoiak eta neutroiak dituen nukleo gisa eta elektroiak dituen azal gisa. Tamaina atomikoak eta nuklearrak idazkera zientifikoan adieraztea eta atomoa nukleoa baino zenbat aldiz handiagoa den kalkulatzea. Z, N eta A interpretatzea.

Azalpen-sekuentzia, lehen zatia: Rutherforden atomoa (15-20 min).

1. Hidrogenoa «Eskala naturala» moduan (hasierako konfigurazioa). Galdetu non dagoen nukleoa. Irakurri koadroa: erdigunean dago, baina ez da ikusten.
2. Gogoratu Thomsonen eredua: karga positiboa atomo osoan banatuta. Kontrajarri Rutherfordena: karga positiboa nukleo txiki-txiki batean bilduta.
3. Sakatu «Hurbildu →» jauziz jauzi. Lehenengoaren ondoren, nukleoa ikusezina da oraindik eta errotuluak «Jatorrizko tamaina ×10» markatzen du.
4. Jarraitu puntu gorri bat agertu arte, bigarren edo hirugarren jauzian, pantailaren arabera. Laugarren eta azken jauzian nukleo osoa eta «1p · 0n» errotulua ikusten dira.
5. Irakurri «Atomoa nukleoa baino handiagoa da»: 25.833 aldiz. Itzuli hori: nukleoa 1 cm-ko kanika bat balitz, atomoak 258 m inguru neurtuko luke.
6. Aldatu Karbonora eta irakurri «Protoiak (Z)»: 6. Seinalatu Z-k elementua identifikatzen duela eta hautagailuan «Karbono (Z=6)» gisa agertzen dela.

Azalpen-sekuentzia, bigarren zatia: egitura atomikoa eskalan (15-20 min).

1. Hidrogenoa «Eskala naturala» moduan. Idatzi kota arbelean: D = 62 pm = 6,20 × 10^{-11} m. Errepasatu pm = 10^{-12} m.
2. Sakatu «Hurbildu →» behin. Kota «D = 6,2 pm = 6,20 × 10^{-12} m»-ra pasatzen da. Galdetu zer gertatu den berretzailearekin: bat jaisten da jauzi bakoitzean.
3. Jarraitu hurbiltzen kota «Hidrogeno nukleoa» izatera aldatu arte, «D = 2,4 fm = 2,40 × 10^{-15} m»-rekin. Aurkeztu femtometroa, 10^{-15} m.
4. Zatitu arbelean: 6,20 × 10^{-11} m / 2,40 × 10^{-15} m ≈ 2,6 × 10^{4}. Egiaztatu «Atomoa nukleoa baino handiagoa da» atalarekin: 25.833 aldiz.
5. Aldatu Sodiora. Irakurri Z = 11 eta N = 12, eta ondorioztatu A = 23. Laugarren jauzian, nukleoak «11p · 12n» erakusten du. Zenbatu 2 + 8 + 1 = 11 elektroi «Geruza elektronikoak» atalean: atomoa neutroa da.
6. Amaitu Uranioarekin: 92 protoi eta 146 neutroi (uranio-238). Azaldu beste isotopo batek N aldatuko lukeela, ez Z. Simulazioak ez du hori aldatzen uzten.

DBHko 4. maila (Fisika eta Kimika): eredu atomikoak eta geruza elektronikoak

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.*» eta «Atomoen egitura elektronikoa: atomo baten konfigurazio elektronikoa eta horrek taula periodikoan duen posizioarekin eta bere propietate fisiko-kimikoekin duen erlazioa.*».

Ebaluazio-irizpideak. 1.1 (eguneroko fenomeno fisiko-kimikoak ulertzea eta printzipio, teoria eta lege egokien arabera zorrotz azaltzea) eta 6.1 (zientzia etengabe eraikitzen ari den prozesua dela onartzea, aurrerapen zientifikoen analisi historikoaren bidez).

Helburuak. Rutherforden eredua eta geruzen eredua garapen historikoan kokatzea. Protoiak, neutroiak eta elektroiak beren kokapenaren arabera deskribatzea. Geruza kopurua periodoarekin erlazionatzea. Orbiten marrazkiaren mugak ezagutzea.

Azalpen-sekuentzia (15-20 min).

1. Urrea «Eskala naturala» moduan. Gogoratu Rutherforden esperimentua urrezko xaflarekin. Galdetu zergatik zeharkatzen zuten xafla ia alfa partikula guztiek.
2. Hurbildu laugarren jauziraino: nukleoiak eta «79p · 118n» errotulua agertzen dira. Irakurri atomoa zenbat aldiz den handiagoa: 19.478. Atomo ia osoa materia nuklearrik gabeko espazioa da.
3. Itzuli «Berrabiarazi bidaia» botoiarekin eta irakurri «Geruza elektronikoak»: «6 (K:2, L:8, M:18, N:32, O:18, P:1)». Erlazionatu sei geruzak 6. periodoarekin.
4. Konparatu Sodioa, «3 (K:2, L:8, M:1)», eta Burdina, «4 (K:2, L:8, M:14, N:2)». Seinalatu burdinaren M geruzak ez dituela 8 elektroi.
5. Seinalatu koadro urdina: «Elektroiak puntu gisa irudikatzen ditugu zein geruzatan dauden ikus dezazun, ez haien benetako tamaina adierazteko.» Azaldu Bohr-Sommerfelden ereduak eta eredu kuantikoak ez dutela orbita zirkular garbirik.

Batxilergoko 1. maila: noizbehinkako errepasoa

16-17 urte · 11th grade AEBn · Year 12 Erresuma Batuan

Ez dago nukleoaren tamainari buruzko jakintza espezifikorik. Simulazioak errepaso gisa balio dezake «Taula periodikoaren garapena: gaur egungo osaerari egindako ekarpen historikoak eta elementuen propietateak aurreikusteko tresna gisa duen garrantzia» lantzean (A multzoa). Adibidez, sodioak (Z = 11) 332 pm-ko diametroa du eta urreak (Z = 79), 272 pm. Tamaina ez da Z-rekin handitzen. Erradio guztiak kobalenteak dira eta taula beretik ateratzen dira; beraz, elkarren artean konpara daitezke (ikus sinplifikazioak).

Batxilergoko 2. maila (Fisika): nukleoaren tamaina

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

E multzoan, «Fisika erlatibista, kuantikoa, nuklearra eta partikulena», simulazioak «Nukleo atomikoak eta isotopoen egonkortasuna. [...]» irudikatzen du. Diametro nuklearra R = 1,2 fm · A^(1/3) erabiliz kalkulatzen da. Konparatu Hidrogenoa (2,4 fm) eta Uranioa (14,9 fm): zatidura 6,2 da, 238ren erro kubikoa. Hortik ondorioztatzen da bolumen nuklearra A-rekin handitzen dela eta dentsitate nuklearra ia konstantea dela.

Zuzentzen laguntzen dituen ideia okerrak

Simulazioak batez ere nukleo handia duen atomo trinko baten ideiari egiten dio aurre. Errenkada bakoitzak ohiko aurretiazko ideia bat eta simulazioarekin nola desegin adierazten du.

Ikasleen ideia	Ideia zuzena	Nola erakutsi
«Nukleoak atomoaren zati handi bat hartzen du, liburuko marrazkietan bezala»	Atomoa nukleoa baino 14.699 eta 48.643 aldiz artean handiagoa da	Hidrogenoa, «Eskala naturala»: nukleoa ez da ikusten. Irakurri «Atomoa nukleoa baino handiagoa da»: 25.833 aldiz
«Atomoa bola trinko txiki bat da»	Atomo ia osoa nukleoaren eta elektroien arteko espazio hutsa da	Urrea, hurbildu lau jauzi: nukleoa ikusten da eta inguruan ez dago ezer; K geruza pantailatik kanpo geratzen da
«Nukleoaren eta elektroien artean airea dago»	Airea molekulaz osatuta dago, eta molekulak, berriz, atomoz; atomoaren barruan hutsa dago	Hidrogenoa lehen jauzian: oihal osoa atomoaren barrualdea da eta ez du partikularik

Ikasleen ideia	Ideia zuzena	Nola erakutsi
«Lupa batekin edo apur bat handitzen duen mikroskopio batekin nukleoa ikusten da»	Atomoaren gainean lau magnitude-ordena inguru handitu behar da	Sakatu «Hurbildu →» behin: ×10-ekin koadroak oraindik dio nukleoa txikiegia dela ikusteko
«Protoi gehiago dituzten atomoak askoz handiagoak dira»	Tamaina atomikoa ez da Z-ren proportzioan handitzen	Konparatu Sodioaren (Z = 11, 332 pm) eta Urrearen (Z = 79, 272 pm) «Atomoaren diametroa»
«Nukleo guztiak berdin handiak dira»	Nukleoa nukleoi kopuruarekin handitzen da	Konparatu «Nukleoaren diametroa»: 2,4 fm Hidrogenoan eta 14,9 fm Uranioan
«Elektroiak marraztutako puntuen tamainako bola txikiak dira»	Elektroiek ez dute eskala honetan neur daitekeen tamainarik	Irakurri oihaleko koadro urdina: puntuek geruza bakarrik adierazten dutela azaltzen du

Ezagutzea komeni diren sinplifikazioak

Simulazioak lehentasuna ematen dio nukleoa atomoaren aldean txiki-txikia dela dioen ideiari. Horretarako, azalaren eta nukleoaren marrazkia sinplifikatzen du. Komeni da lizentzia horiek ezagutzea, nahi gabe ideia okerrak ez indartzeko.

1. **Bidaia ez da nukleoaren tamaina zehatzera iristen.** Lau jauzi dira (×10.000) elementu guztietarako, nahiz eta benetako tasa 14.699tik (Helioa) 48.643ra (Sodioa) bitartekoa izan. Amaieran nukleoak atomoaren zirkuluaren bosten bat eta bi heren artean hartzen du; «Nukleoa ikusten ari zara» koadroak faktore zehatza ematen du.
2. **Jauziak 10en berreturak dira.** «Gida azkarra» atalak tartea ematen du (15.000 eta 49.000 aldiz artean), eta elementu bakoitzaren fitxak bere tasa zehatza. Komeni da kalkuluetan fitxakoa erabiltzea.
3. **Nukleoa zein jauzitan agertzen den pantailaren araberakoa da.** Puntu gorria 0,5 pixeleko erradioa gainditzean agertzen da. Nukleoiak 5 pixeletik aurrera marrazten dira, eta «p · n» errotulua 20tik aurrera. Pantaila txiki batean jauzi bat gehiago behar izan dezake.
4. **Geruzak zirkunferentzia gisa.** Geruzak n^2-rekin handitzen dira, Bohren atomoan bezala: barnekoak nukleotik hurbil pilatuta geratzen dira eta hurbiltzean bereizten dira. Elektroiek orbita zirkularretan egiten dute bira. DBHko 4. mailatik aurrera komeni da gogoratzea ez dagoela ibilbide zehatzik.
5. **Erradio kobalenteak.** Erradio guztiak kobalenteak dira eta taula beretik ateratzen dira (Cordero et al., 2008): adibidez, 31 pm hidrogenoarena eta 136 pm urrearena. Atomoaren diametroa haren bikoitza da. Beste taula batzuek (erradio metalikoak, van der Waalsenak) beste balio batzuk ematen dituzte: atomo baten «tamaina» nola neurtzen den araberakoa da.
6. **Nukleoa, formula enpiriko batekin.** Diametro nuklearra 2 · 1,2 fm · A^(1/3)-tik ateratzen da. Protoi batentzat 2,4 fm ematen du, haren neurtutako tamaina baino zertxobait handiagoa. Batxilergoko 2. mailan komeni da hurbilketa gisa aurkeztea.
7. **Nukleo laua eta ertz garbikoa.** Protoiak (gorriak) eta neutroiak (grisak) ausaz astintzen dira zirkulu baten barruan. Errealitatean, nukleoa hiru dimentsiokoa da eta haren gainazala lausoa da.
8. **Isotopo bakarra elementu bakoitzeko.** Elementu bakoitzak masa-zenbaki finko bat du: H-1, He-4, C-12, O-16, Na-23, Fe-56, Au-197 eta U-238. Isotopoei buruz hitzez hitz egin behar da.
9. **Erregelaren errotuluak tartekatuta.** «100·D» markak oso elkarren ondoan geratzen direnean, batzuetatik bat bakarrik errotulatzen da irakur daitezen; tartekoak markatuta daude oraindik ere.

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 6.era bitarteko jarduerak, Aplikatu ikasitakoa, Berrikusi zure ideiak eta Autoebaluazioa	50-55 minutuko saio bat, edo bi azalpenaren lehen zatia aurretik egiten bada
DBHko 4. maila	4.etik 6.era bitarteko jarduerak eta Gehiago jakiteko	30 minutu

«Hasi aurretik» taulak atomoari buruzko bost aurretiazko ideia biltzen ditu. Hobe da hasieran ez zuzentzea: ikasleak «Berrikusi zure ideiak» atalean itzultzen dira hara. Nukleoa zein jauzitan hasten den ikusten pantailaren tamainaren araberakoa da.

Soluzioak

Atala	Soluzioa
Hasi aurretik	a) G: atomoa 25 000 aldiz inguru handiagoa da (2. jarduera). b) G: milaka aldiz handitu beharko litzateke (1. jarduera). c) G: puntuek geruza adierazten dute, ez tamaina (6. jarduera). d) G: urrea, 79 protoirekin, sodioa baino txikiagoa da (5. jarduera). e) E: Z-k elementua identifikatzen du (4. jarduera)
1. jarduera	Eskala naturala: ez da ikusten; D = 62 pm = 6,20 × 10^{-11} m. ×10: ez da ikusten; 6,2 pm. ×100 edo ×1000 aldera puntu gorri bat agertzen da. ×10 000: «Nukleora iritsi zara!», D = 2,4 fm = 2,40 × 10^{-15} m. Ez da ikusten atomoa baino askoz txikiagoa delako
2. jarduera	Nukleoa 2,4 fm = 2,4 × 10^{-15} m; atomoa 62 pm = 6,2 × 10^{-11} m; 25 833 aldiz. 6,2 × 10^{-11} / 2,4 × 10^{-15} ≈ 2,6 × 10^{4}. Nukleoa 1 cm-koa balitz, atomoak 258 m inguru neurtuko luke, segidako bi edo hiru futbol-zelai bezala
3. jarduera	0. jauzia: atomoa, 272 pm = 2,72 × 10^{-10} m. 1. jauzia: atomoa, 27,2 pm = 2,72 × 10^{-11} m. 2. jauzitik aurrera (pantailaren arabera) kotak nukleoa neurtzen du: 14 fm = 1,4 × 10^{-14} m. Berretzailea 1 jaisten da jauzi bakoitzean, jauzi bakoitzak ×10 handitzen duelako. 2,72 × 10^{-10} / 1,4 × 10^{-14} ≈ 1,9 × 10^{4}: 19 478 aldiz
4. jarduera	Karbonoa: 6, 6, 12, 6, 2 (K:2, L:4). Oxigenoa: 8, 8, 16, 8, 2 (K:2, L:6). Sodioa: 11, 12, 23, 11, 3 (K:2, L:8, M:1). Burdina: 26, 30, 56, 26, 4 (K:2, L:8, M:14, N:2). Neutroa da protoi adina elektroi dituelako. Z-k elementua identifikatzen du
5. jarduera	Sodioa: 6,83 fm eta 332 pm. Urrea: 14 fm eta 272 pm. Uranioa: 14,9 fm eta 392 pm. Nukleoa Z-rekin (eta A-rekin) handitzen da; atomoa ez: zenbat geruza dituen eta nukleoak elektroiak zer indarrez erakartzen dituen araberakoa da
6. jarduera	«Elektroiak puntu gisa irudikatzen ditugu zein geruzatan dauden ikus dezazun, ez haien benetako tamaina adierazteko.» Urrea: 6 geruza (K:2, L:8, M:18, N:32, O:18, P:1). Elektroiak ez dira zirkuluetako bola txikiak: egungo ereduan, non aurkitzeko probabilitate handiena dagoen baino ez da jakiten (orbitalak)
Aplikatu ikasitakoa	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}, 27 700 aldiz inguru. 3) 13 protoi, 14 neutroi eta 13 elektroi. 4) Masa ia osoa nukleoan dago, eta nukleoak atomoaren bolumenaren zati txiki-txiki bat hartzen du
Gehiago jakiteko	1) $^{238}_{92}U$; uranio-235ak 92 protoi berak eta 143 neutroi ditu (beste isotopo bat). 2) 1/10eko 10 barra sartzen dira; hidrogenoan 25 800 nukleo inguru sartzen dira ilaran

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/atomo-real/.