Guia docent: simulació de densitat

Fitxa ràpida

La simulació de densitat relaciona massa, volum i densitat (ρ = m / V) amb nou materials reals i un de personalitzat. Tot passa a escala macroscòpica: els volums van en litres i les masses en quilograms, la densitat es llegeix com la massa d'un cub d'1 L i les masses es comparen amb una balança de braços. A Catalunya el seu ús principal és al bloc de 1r a 3r d'ESO, amb aplicació a 4t d'ESO, on el currículum anomena la densitat entre les propietats macroscòpiques de les substàncies.

Dada	Detall
Enllaç	simulaciencia.es/ca/simulacions/densidad/
Cursos	1r a 3r d'ESO (ús principal), 4t d'ESO; repàs puntual a Química de 1r de Batxillerat
Matèria	Física i Química; Química 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	Concepte de massa i de volum, unitats kg i L, divisió senzilla
Accessibilitat	Tema fosc, clar i d'alt contrast (botó de la roda dentada). Els controls lliscants es mouen amb el teclat (fletxes, Re Pàg / Av Pàg, Inici i Fi)

Com funciona la simulació

La simulació té dos modes, «Un objecte» i «Comparar», que es trien a la part superior del tauler esquerre. En tots dos es veu el bloc de material i una barra inferior que situa la densitat en una escala de 0 a 14 kg/L amb la línia de l'aigua marcada.

Unitats. El volum es dona en litres (L), la massa en quilograms (kg) i la densitat en kg/L. Com que 1 kg/L = 1 g/cm³, les densitats tenen els mateixos nombres que en g/cm³ (aigua 1,00; ferro 7,87) i la referència és senzilla: un litre d'aigua té un quilogram de massa.

Mode	Què controla el docent	Què mostra
Un objecte, material real	Material (suro, fusta, gel, aigua, plàstic PET, alumini, ferro, coure, plom) i volum de la mostra, de 0,1 a 10 L, o la seva massa	La massa canvia amb el volum i la densitat no. Mostra la massa d'1 L, el càlcul amb nombres i si sura o s'enfonsa en l'aigua
Un objecte, «Personalitzat»	Massa (0,1–20 kg) i volum (0,1–20 L) per separat	La densitat que resulta d'aquest quocient, amb la seva flotabilitat en l'aigua
Comparar, mateix volum	Volum comú (0,1–10 L) i material d'A i de B	Dos blocs iguals als plats d'una balança, que s'inclina cap al de més massa. El tauler diu quin és més dens
Comparar, mateixa massa	Massa comuna (0,1–10 kg) i material d'A i de B	Dos blocs de mida diferent i la balança equilibrada

Cinc elements sostenen l'explicació:

- **La fórmula amb nombres.** El tauler escriu el quocient amb els valors actuals, per exemple 1,2 kg / 2 L = 0,600 kg/L per a la fusta. Permet comprovar el càlcul en veu alta.
- **El cub d'1 L.** A «Un objecte», al costat de la densitat apareix un cub d'un litre del material amb la seva massa: 1 kg per a l'aigua, 7,87 kg per al ferro. És la densitat llegida com «quants quilograms té cada litre».
- **Els controls de massa i volum lligats.** Amb un material real es pot moure el volum o la massa: en moure'n un, l'altre canvia i la densitat queda fixa.
- **La balança de braços.** A «Comparar», els blocs van sobre els plats. Amb el mateix volum, la balança s'inclina cap al material més dens; amb la mateixa massa, queda equilibrada encara que els blocs siguin de mida molt diferent. L'aigua va en un got que es considera tarat.
- **L'indicador de flotació.** Compara sempre amb l'aigua: per sota d'1 kg/L sura, per sobre s'enfonsa i al voltant d'1 queda en equilibri.

El desplegable «Conceptes clau» del tauler resumeix massa, densitat com a propietat intensiva, què compara la balança i les equivalències 1 L = 1 dm^3 = 1000 cm^3 i 1 kg/L = 1 g/cm^3 = 1000 kg/m^3.

Ús a cada curs

Al bloc de 1r a 3r d'ESO la simulació serveix per introduir la densitat i per treballar-la després com a magnitud derivada i amb canvis d'unitats; a 4t d'ESO, com a base de l'estudi de les forces en líquids i de les propietats macroscòpiques de les substàncies.

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.

La seqüència de 1r a 3r té dues parts: la primera introdueix la densitat i la segona la tracta com a magnitud derivada, amb gràfiques i canvis d'unitats. El centre pot fer-les al mateix curs o en cursos diferents.

1r a 3r d'ESO: introduir la densitat i tractar-la com a magnitud derivada

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

Sabers. La matèria: «Realització d'experiments relacionats amb els sistemes materials per conèixer-ne i descriure'n les propietats, la composició i la classificació» i «Diferenciació de substàncies i mescles per les seves propietats, i de substàncies elementals i compostes». 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 gràfics i taules), 2.3 (portar a terme dissenys experimentals i interpretar-ne els resultats amb eines matemàtiques) i 3.2 (utilitzar adequadament les unitats de mesura i les eines matemàtiques).

El currículum català del bloc de 1r a 3r no anomena la densitat, els factors de conversió ni les xifres significatives; entren en les propietats dels sistemes materials i en l'ús de les unitats i les eines matemàtiques.

Objectius. Primera part: distingir massa, volum i densitat, calcular la densitat com a mesura indirecta, reconèixer que la densitat és pròpia del material i no de la mida de l'objecte i predir si un material sura en l'aigua. Segona part: tractar la densitat com a quocient de dues magnituds fonamentals, convertir kg/L a g/cm³ i a kg/m³ amb factors de conversió i interpretar la relació lineal entre la massa i el volum d'un mateix material.

Seqüència d'explicació, primera part: introduir la densitat (15–20 min).

1. Mode Comparar, mateix volum, fusta davant de ferro (és el que apareix en entrar a «Comparar»). Abans de mirar, preguntar cap a quin costat s'inclinarà la balança si els dos blocs són iguals. Mostrar les masses amb 1 L de cadascun: 0,6 kg davant de 7,87 kg.
2. Tornar a «Un objecte» amb ferro i després amb fusta i assenyalar el cub d'1 L: 7,87 kg davant de 0,6 kg. Definir la densitat com «quanta massa hi ha a cada litre».
3. Passar a Un objecte amb aigua. Moure el volum de 0,1 a 10 L: la massa puja (1 L, 1 kg; 2 L, 2 kg...), la densitat continua a 1,00 kg/L. Repetir-ho amb l'alumini, aquesta vegada movent el control de la massa. Concloure que la densitat no depèn de la mida de la mostra.
4. Llegir la fórmula amb nombres del tauler i escriure-la a la pissarra: $\rho = m / V$, en kg/L.
5. Recórrer suro, fusta, gel i plàstic mirant l'indicador de flotació i la línia de l'aigua a la barra inferior. Tancar amb el gel (0,92 kg/L), que sura en l'aigua líquida.
6. Comparar, mateixa massa, suro davant de plom: la balança queda equilibrada encara que un bloc és molt més gran. Preguntar per què ocupen tan diferent.

Seqüència d'explicació, segona part: densitat com a magnitud derivada (15–20 min).

1. Un objecte amb alumini. Anotar a la pissarra la massa per a 1, 2, 4 i 8 L (2,7; 5,4; 10,8 i 21,6 kg) i mostrar que es duplica en duplicar el volum. Dibuixar la gràfica m–V: una recta per l'origen el pendent de la qual és la densitat.
2. Repetir dos punts amb suro i amb plom sobre la mateixa gràfica: cada material té la seva recta i la més inclinada és la del més dens.
3. Convertir 2,70 kg/L a kg/m³ (1 m³ = 1000 L) i a g/cm³ amb factors de conversió i comprovar-ho amb l'equivalència de «Conceptes clau».
4. Mode Personalitzat: fixar 5 kg i 2 L i obtenir 2,500 kg/L. Discutir quantes xifres significatives té sentit donar.
5. Comparar, mateixa massa, suro davant de plom: la balança està equilibrada. Explicar per què el bloc de suro és tan més gran: $V = m / \rho$.

4t d'ESO: densitat i flotació

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

Sabers. La matèria: «Argumentació i predicció de les propietats macroscòpiques de diverses substàncies (estat, conductivitat, densitat, temperatura d'ebullició i de fusió...) amb relació al tipus de substància i la seva estructura». La interacció: «Identificació i representació de les principals forces de l'entorn quotidià, com ara el pes, la normal, el fregament, la tensió o l'empenta...» i «Valoració dels efectes de les forces aplicades en líquids i gasos, i especialment del concepte de pressió...».

Criteris d'avaluació. 1.1 (analitzar conceptes i fenòmens interpretant informació en diferents formats) i 1.2 (interpretar i predir el comportament de fenòmens quotidians argumentant-lo amb models, lleis i teories).

El currículum català no anomena el principi d'Arquimedes; forma part dels «efectes de les forces aplicades en líquids i gasos».

Objectius. Relacionar la condició de flotació amb la comparació entre la densitat de l'objecte i la del fluid. Explicar la densitat a partir de la massa de les partícules i de com estan de juntes, més enllà del que mostra la simulació.

Seqüència d'explicació (15–20 min).

1. Repassar en 3 minuts ρ = m / V amb el mode Un objecte.
2. Amb Personalitzat, ajustar massa i volum fins a ρ ≈ 1 kg/L i mostrar l'estat «equilibri en l'aigua». Plantejar l'empenta: un objecte submergit desplaça el seu volum d'aigua, i sura o s'enfonsa segons si pesa més o menys que aquesta aigua.
3. Comparar, mateix volum, gel davant d'aigua: la balança s'inclina només una mica cap a l'aigua (0,92 kg davant d'1 kg amb 1 L de cadascun). Explicar per què el gel sura i per què només en sobresurt una petita part de l'iceberg (0,92 / 1,00).
4. Fer notar que la simulació només compara amb l'aigua. Proposar en veu alta què passaria amb el ferro en mercuri (13,6 kg/L) o amb el gel en alcohol (0,79 kg/L), on s'enfonsa, i enllaçar amb la simulació d'Arquimedes, que sí que permet canviar el líquid.
5. Sense la simulació, discutir amb plom davant d'alumini que la densitat depèn de la massa de cada àtom i no només de quants n'hi ha: el plom té uns 3,3 · 10^{22} àtoms/cm^3, menys que l'alumini (6,0 · 10^{22}), i és més dens perquè cada àtom té molta més massa.

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 de densitat. La simulació pot servir de repàs en tractar el «Càlcul de quantitats de matèria en sistemes fisicoquímics concrets, com ara gasos ideals o dissolucions...» (Reaccions químiques): amb la massa molar i la densitat del ferro, el coure i el plom es calcula quants àtoms hi ha al cub d'1 L que mostra la simulació.

Concepcions alternatives que ajuda a corregir

La simulació ataca sobretot la confusió entre densitat, massa i mida. Cada fila indica la idea prèvia freqüent i com desmuntar-la amb la simulació.

Idea de l'alumnat	Idea correcta	Com mostrar-ho
«El que pesa molt s'enfonsa i el que és lleuger sura»	Surar depèn de la densitat, no de la massa	Personalitzat amb 15 kg i 20 L: ρ = 0,75 kg/L i sura. Després 1 kg i 0,5 L: ρ = 2,0 kg/L i s'enfonsa
«Un tros més gran és més dens»	La densitat és intensiva: no canvia en partir l'objecte	Un objecte amb ferro: moure el volum de 0,1 a 10 L i veure que ρ continua a 7,87 kg/L
«Densitat i massa són el mateix», «dens vol dir pesant»	La massa és la quantitat total de matèria; la densitat, matèria per unitat de volum	Comparar, mateixa massa, suro davant de plom: la mateixa massa i volums molt diferents
«Els objectes grans pesen més»	Amb el mateix volum, la massa depèn del material	Comparar, mateix volum, fusta davant de ferro
«El gel sura perquè té aire a dins»	El gel és menys dens que l'aigua líquida	Comparar, mateix volum, gel davant d'aigua: la balança s'inclina cap a l'aigua, perquè el gel té menys massa

Idea de l'alumnat	Idea correcta	Com mostrar-ho
«Si la balança està equilibrada, els dos objectes són iguals»	La balança compara masses, no volums ni materials	Comparar, mateixa massa, suro davant de plom: equilibrada amb blocs de mida molt diferent
«Els materials que suren no tenen massa» o «el suro no pesa»	Tot objecte amb matèria té massa	Un objecte amb suro a 10 L: 1,8 kg

Simplificacions que convé conèixer

La simulació prioritza la idea «més densitat, més massa a cada litre» i per això simplifica el dibuix i la mesura. Convé conèixer aquestes llicències per no reforçar idees incorrectes sense voler.

1. **Només escala macroscòpica.** No hi ha partícules. Barrejar en una mateixa imatge l'estructura del suro, les molècules i els àtoms, o pintar les partícules del color del material, afavoreix idees errònies. Per explicar la densitat amb el model de partícules convé fer-ho a part, per exemple amb la simulació de canvis d'estat.
2. **La mida del bloc no és proporcional al volum a «Un objecte».** El bloc creix amb una escala logarítmica perquè el canvi es noti a tot el control. A Comparar, mateixa massa, sí que es respecta la proporció real entre els dos blocs, fins a una diferència de mida d'unes 6,7 vegades de costat.
3. **Balança idealitzada.** La inclinació creix amb la diferència relativa de masses i arriba a un límit, com el fidel d'una balança real. Les diferències de menys del 0,5 % es veuen equilibrades. El got de l'aigua es considera tarat i no es té en compte l'empenta de l'aire.
4. **Massa i volum lligats.** Amb un material real, els dos controls avancen junts de 0,1 L en 0,1 L: el de la massa puja $\rho \cdot 0{,}1$ kg a cada pas.
5. **Tall en 2D.** Els blocs es dibuixen com una secció plana.
6. **Densitats fixes.** Cada material té un valor únic, sense efecte de la temperatura ni de la pressió. La fusta (0,60 kg/L) i el plàstic (PET, 1,38 kg/L) varien molt segons el tipus, i l'aigua és exactament 1,00 kg/L.
7. **Només es compara amb l'aigua.** L'indicador de flotació fa servir sempre aigua dolça i considera «equilibri» qualsevol densitat entre 0,995 i 1,005 kg/L. No té en compte objectes buits, com un vaixell d'acer, on compta la densitat mitjana del conjunt.

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, primera part	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 es fan a classe els problemes
1r a 3r d'ESO, segona part	Abans de començar, activitats 2, 4 i 6, Aplica el que has après i Per ampliar	Una sessió
4t d'ESO	Activitats 3, 5 i 6 com a repàs abans de les forces en fluids	20–25 minuts

La taula d'«Abans de començar» recull cinc de les idees prèvies de la taula de concepcions alternatives. Convé no corregir-la al principi: l'alumnat hi torna a «Revisa les teves idees», i el contrast entre la predicció i el que s'ha observat és el que fa canviar la idea.

Solucions

Apartat	Solució
Abans de començar	Totes falses. a) Amb la mateixa mida, la massa depèn del material (activitat 1). b) Surar depèn de la densitat, no de la massa (activitat 6). c) La densitat no depèn de la mida (activitat 2). d) El suro ocupa 63 vegades més (activitat 4). e) El gel és menys dens que l'aigua líquida (activitat 5)
Activitat 1	Fusta 0,6 kg; ferro 7,87 kg; alumini 2,7 kg; suro 0,18 kg. La balança s'inclina cap al ferro. Amb el mateix volum, cada material té una massa diferent: depèn del material
Activitat 2	2,7; 5,4; 10,8 i 21,6 kg. m / V = 2,7 kg/L sempre. En duplicar el volum es duplica la massa i la densitat no canvia. «La densitat d'un material és la massa que hi ha a cada litre (unitat de volum). No depèn de la mida de l'objecte»
Activitat 3	Suro 0,18, fusta 0,60 i gel 0,92 suren; PET 1,38, alumini 2,70 i ferro 7,87 s'enfonsen. Suren els menys densos que l'aigua; la frontera és 1 kg/L, la densitat de l'aigua
Activitat 4	La balança queda equilibrada perquè compara masses, i totes dues són d'1 kg. Suro 5,56 L; plom 0,0882 L. 5,56 / 0,0882 ≈ 63 vegades (també 11,34 / 0,18 = 63). El plom és molt més dens: la mateixa massa cap en menys volum
Activitat 5	Gel 0,92 kg i 0,92 kg/L; aigua 1 kg i 1,00 kg/L. El gel sura perquè és menys dens que l'aigua líquida, no perquè tingui aire: el bloc de la simulació és gel massís
Activitat 6	ρ = 15 kg / 10 L = 1,5 kg/L: s'enfonsa. Amb 15 L queda en equilibri (1,00 kg/L); sura a partir de 15,1 L (0,993 kg/L). És fals: el que decideix és la densitat. Exemples: un tronc gros, un iceberg, un vaixell (en aquest cas compta la densitat mitjana del buc i l'aire que tanca)
Aplica el que has après	1) ρ = 1,84 kg / 2 L = 0,92 kg/L; queda per sobre de l'aigua. 2) ρ = 8,1 kg / 3 L = 2,7 kg/L: alumini. 3) m = ρ · V = 8,96 kg/L · 5 L = 44,8 kg. 4) V = m / ρ = 3 kg / 0,60 kg/L = 5 L
Per ampliar	1) Tres rectes que passen per l'origen; la més inclinada és la del plom, perquè el seu pendent és la densitat. 2) 2,70 kg/L · (1000 g / 1 kg) · (1 L / 1000 cm^3) = 2,70 g/cm^3; 2,70 kg/L · (1000 L / 1 m^3) = 2700 kg/m^3

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/densidad/.