



Universitat
de les Illes Balears

TREBALL DE FI DE MÀSTER

LABORATORIS VIRTUALS. ESTUDI COMPARATIU I PROPOSTA DIDÀCTICA

Maria Padilla Marcos

Màster Universitari de Formació del Professorat

(Especialitat/Itinerari de Física i Química)

Centre d'Estudis de Postgrau

Any Acadèmic 2020-21

LABORATORIS VIRTUALS. ESTUDI COMPARATIU I PROPOSTA DIDÀCTICA

Maria Padilla Marcos

Treball de Fi de Màster

Centre d'Estudis de Postgrau

Universitat de les Illes Balears

Any Acadèmic 2020-21

Paraules clau del treball:

laboratori virtual, física, química, laboratori físic.

Nom Tutora del Treball: Iris Morey Serra

Índex

Resum	1
1. Importància del tema	1
2. Objectius del treball	2
3. Estat de la qüestió	3
3.1. Aprenentatge basat en investigació	3
3.2. Tipus de treballs pràctics	5
3.3. Competència digital	6
3.4. Eines virtuals per a l'aprenentatge basat en investigació	7
3.5. Laboratoris virtuals	8
4. Anàlisi comparada de laboratoris	10
4.1. Comparació entre laboratori físic i laboratori virtual	10
4.2. Comparació de laboratoris virtuals	14
4.2.1. Selecció de laboratoris virtuals	14
4.2.2. Elaboració de la llista de control	15
4.2.3. Descripció i comparació dels laboratoris virtuals	16
5. Proposta didàctica	36
5.1. 2n ESO	36
5.2. 4t ESO	42
5.3. 2n Batxillerat	45
6. Conclusions	50
7. Referències	52
8. Bibliografia	57
9. Annexos	59
Annex 1: Activitat d'investigació de 2n d'ESO	59
Annex 2: Rúbrica d'autoavaluació del treball cooperatiu	60
Annex 3: Activitat d'investigació de 4t d'ESO	61
Annex 4: Activitat d'investigació de 2n de batxillerat	62
Annex 5: Rúbrica de coavaluació de la discussió	63

Resum

La investigació és una part essencial de l'aprenentatge de ciències. Aquesta afirmació no és gens nova però tot i així podem trobar casos en els que els docents s'estimen més no fer pràctiques de laboratori per distintes raons. Alguns d'aquests motius, com la falta de temps o de seguretat, es veuen pal·liats si en lloc de realitzar les pràctiques a un laboratori físic es realitzen a un laboratori virtual. En general, els laboratoris virtuals, entre altres avantatges, afavoreixen l'aprenentatge de conceptes. Per altra banda, els laboratoris físics permeten aprendre a manipular físicament els materials i reactius. Per tant, els alumnes es poden beneficiar dels dos tipus de laboratoris i és important combinar-los durant el curs. Hi ha una gran varietat de laboratoris virtuals disponibles, alguns dels quals s'analitzen al present treball. A més s'inclou una proposta didàctica on s'empren laboratoris virtuals a distints nivells educatius (2n i 4t d'educació secundària obligatòria i 2n de batxillerat) basada en els continguts del currículum de física i química.

1. Importància del tema

Frederick William Westaway, escriptor científic anglès, va publicar a principis del segle passat un llibre on argumentava que l'ensenyament de les classes de ciències no era suficient perquè els alumnes adquirissin els coneixements científics necessaris. En aquells moments les classes eren magistrals basades en un enfocament deductiu, és a dir, el professor feia l'explicació dels conceptes nous i els alumnes escoltaven. Westaway trobava que els docents havien de deixar de ser simples emissors de coneixements per passar a ser guies dels seus alumnes. Els estudiants havien d'elaborar les investigacions a partir dels conceptes que ja coneixien per arribar a descobrir conceptes nous, més abstractes, per ells mateixos. Això no només els permetria aprendre més significativament sinó que s'avesarien a fer-se preguntes i investigar pel seu compte (Keller i Keller, 2005).

Han passat uns cent anys des de la publicació del llibre de Westaway però les seves idees principals segueixen vigents avui dia. Tot i així, l'aprenentatge basat en la investigació, com és conegut actualment, no s'aplica de manera

general a totes les aules degut a diverses barreres com la falta de formació del professorat, dificultats en l'avaluació dels alumnes, queixes dels estudiants, falta de temps, problemes de seguretat al laboratori, nombre d'alumnes per classe massa elevat i manca de material de laboratori entre altres (Boesdorfer i Livermore, 2018; Cheung, 2011; Romero-Ariza et al., 2020). No obstant, gràcies a la tecnologia de què disposam avui dia, existeix una alternativa que ens permet pal·liar algunes de les barreres esmentades. Aquesta alternativa són els laboratoris virtuals.

L'ús dels laboratoris virtuals s'ha incrementat els darrers anys gràcies a alguns avantatges com la possibilitat de repetir els experiments tantes vegades com necessiti l'alumne i el seu cost nul (Keller i Keller, 2005; Tatli i Ayas, 2010). A aquests avantatges s'ha de sumar la possibilitat de realitzar experiments a través d'Internet sense ser presencialment a un laboratori, per tant, l'ensenyament a distància es pot beneficiar d'aquesta pràctica. Aquest fet ha esdevingut més important el darrer any degut a la pandèmia mundial de la COVID-19, que ha impossibilitat les classes presencials durant el període de confinament (Kelley, 2020). A més, una vegada s'han restablert les classes presencials alguns centres educatius han prohibit l'ús dels laboratoris per les mesures d'higiene i seguretat adoptades, per tant, els laboratoris virtuals segueixen sent una eina a tenir en compte.

2. Objectius del treball

Els objectius del present treball són els que s'enumeren a continuació:

1. Explicar la importància de la realització de pràctiques de laboratori en l'aprenentatge de ciències.
2. Concretar la definició de "laboratori virtual".
3. Fer una recerca dels laboratoris virtuals disponibles.
4. Analitzar els avantatges i inconvenients que suposen els laboratoris virtuals front els laboratoris físics.
5. Comparar els diversos laboratoris virtuals disponibles entre ells.
6. Elaborar una proposta didàctica que inclogui els laboratoris virtuals com a eina d'aprenentatge.

3. Estat de la qüestió

3.1. Aprenentatge basat en investigació

Existeixen dos enfocaments principals per ensenyar ciències, l'enfocament deductiu i l'inductiu. A l'enfocament deductiu el professor, que és el transmissor dels coneixements, explica els conceptes i a continuació posa algun exemple o aplicació del que acaba de donar a conèixer. En aquest cas el paper dels alumnes és passiu ja que no intervenen en el seu aprenentatge. Per altra banda, l'enfocament inductiu és el contrari. El paper del docent no és transmetre sinó guiar els alumnes perquè construeixin el seu propi coneixement a partir d'exemples més concrets. En lloc d'anar de conceptes més abstractes a més concrets es parteix del més concret per arribar al més abstracte. Aquesta línia d'aprenentatge és més coherent amb el desenvolupament cognitiu i és més motivadora pels alumnes per la qual cosa és més fàcil que s'involucrin en les activitats (Constantinou et al., 2018; Klahr et al., 2007).

El terme "enfocament inductiu" ha evolucionat i ha arribat als nostres dies com a aprenentatge basat en investigació (ABI). Hi ha certa confusió entre els docents sobre el significat de la paraula "investigació" perquè pot donar-se a distints nivells (Boesdorfer i Livermore, 2018; Constantinou et al., 2018). Segons Cheung (2011), podem trobar quatre nivells diferenciats:

- Confirmació: a una pràctica d'aquest tipus els alumnes segueixen un procediment per comprovar algun concepte ja estudiat.
- Investigació estructurada: es planteja una pregunta als alumnes per la qual no tenen resposta però se'ls proporcionen les passes que han de seguir per arribar a la resposta.
- Investigació guiada: els alumnes han de dissenyar els experiments per respondre la pregunta formulada pel professor.
- Investigació oberta: els alumnes han de dissenyar els experiments per respondre una pregunta oberta formulada pel professor o les preguntes formulades per ells mateixos.

Les pràctiques de laboratori han de permetre als estudiants fer-se preguntes, dissenyar experiments, observar, recopilar dades i treure conclusions de les seves investigacions. Els alumnes han d'investigar a les matèries de ciències

durant tota l'etapa educativa i la complexitat de les investigacions ha d'adaptar-se a cada nivell. Encara més, aquesta tasca no hauria de ser un fet aïllat durant el curs, sinó que s'hauria de dur a terme contínuament (National Science Teaching Association, 2007). Per aquests motius, la investigació oberta seria l'ideal, l'objectiu al qual haurien d'arribar els alumnes. Ara bé, si els estudiants mai han fet investigació guiada ni oberta, és probable que els resultats d'una investigació oberta siguin negatius ja que podrien frustrar-se. Per evitar això, convé que facin moltes investigacions guiades abans de fer una oberta. El professor pot decidir com de guiada és la pràctica, per tant al principi pot ser més guiada i gradualment intervenir menys fins arribar a una investigació oberta (Constantinou et al., 2018).

Convé ressaltar que investigar no ha de ser només el mitjà pel qual els alumnes construeixen els seus coneixements sinó que la investigació ha de ser el fi en si mateixa perquè aprendre a investigar és aprendre a fer ciència. La realització d'investigacions guiades i obertes permet als estudiants veure la importància de basar-se en evidències empíriques però també la d'altres aspectes tal vegada menys relacionats amb la ciència com la creativitat i la imaginació. Aquests darrers influeixen molt en els experiments que realitzarà cada grup d'alumnes i les interpretacions dels seus resultats. Aquesta diversitat, fora de suposar un problema, és enriquidora a l'hora de generar coneixement científic (National Science Teaching Association, 2020).

En resum, hi ha diversos arguments a favor d'incorporar l'ABI a les aules. En primer lloc, els alumnes aprenen de manera significativa perquè són els protagonistes del seu aprenentatge. Parteixen d'idees prèvies per construir nous coneixements basats en l'experiència. En segon lloc, el fet de participar activament i partir de les idees prèvies afavoreix la motivació i en conseqüència els alumnes mostren un major interès en la ciència. Aquest punt és important per afavorir un increment en el nombre de graduats en carreres científiques. Finalment, l'ABI promou una millora de l'alfabetització científica, per tant, no només està dirigit a aquelles persones que vulguin seguir una carrera científica sinó que tothom pot beneficiar-se. Una major alfabetització de la societat

afavorirà prendre decisions encertades sobre temes que ens afecten a tots com tenir cura del medi (Romero-Ariza et al., 2020).

3.2. Tipus de treballs pràctics

Segons Caamaño (2004), els treballs pràctics podrien classificar-se en quatre categories:

- **Experiències:** són activitats que permeten als alumnes percebre o sentir de primera mà algun fenomen. Per exemple, sentir la duresa d'un material.
- **Experiments il·lustratius:** permeten interpretar un fenomen, exposar una relació existent entre distintes variables o demostrar un principi. Aquest tipus d'experiments poden rebre el nom de "demostracions" si només les du a terme la professora o professor. Un exemple seria observar la disminució del volum d'un gas amb l'augment de la pressió.
- **Exercicis pràctics:** podem trobar dos subtipus d'exercicis pràctics segons si la seva finalitat és l'aprenentatge de destreses i procediments de laboratori (per exemple realitzar anàlisis volumètriques) o si és corroborar alguna teoria explicada amb anterioritat (comprovar la relació volum-temperatura d'un gas). En els dos casos els alumnes han de seguir un guió detallat amb les passes a seguir.
- **Investigacions:** hi ha dues categories d'investigacions segons si la seva finalitat és resoldre un problema o pregunta pràctica (quin metall condueix millor la calor?) o teòrica (com varia el volum d'un gas en funció de la temperatura?). Com podem veure amb l'exemple de la relació entre volum i temperatura d'un gas, els exercicis pràctics poden modificar-se per passar a ser investigacions. En lloc de donar les pautes detallades s'ha de donar l'oportunitat als alumnes de dissenyar els seus experiments i interpretar els resultats obtinguts.

Podem relacionar els quatre nivells d'investigació de Cheung (2011) amb les categories de treballs pràctics de Caamaño (2004) tal i com es mostra a la Taula 1.

Taula 1. Relació entre els diferents treballs pràctics i els nivells d'investigació

Treballs pràctics	Nivells d'investigació
Experiències	-
Experiments il·lustratius	Confirmació i investigació estructurada
Exercicis pràctics	Confirmació i investigació estructurada
Investigacions	Investigació guiada i oberta

Com podem observar a la Taula 1, les experiències de Caamaño no entrarien dins cap nivell d'investigació. Els experiments il·lustratius i els exercicis pràctics encaixarien en els dos nivells més baixos d'investigació, la confirmació i la investigació estructurada. La única diferència entre confirmació i investigació estructurada es troba en si l'alumne coneix la resposta abans de fer la pràctica (confirmació) o no (investigació estructurada). Els experiments il·lustratius i els exercicis pràctics es poden donar tant abans com després que l'alumne coneixi els conceptes. Finalment, les investigacions pròpiament dites correspondrien als dos nivells superiors d'investigació de Cheung, la investigació guiada i la investigació oberta (Caamaño, 2004; Cheung, 2011).

3.3. Competència digital

L'avenç científic i tecnològic ha contribuït al desenvolupament de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC), un conjunt de tecnologies que ens permet gestionar, emmagatzemar i compartir informació. L'ús de les TIC és habitual a qualsevol àmbit de les nostres vides. Aquest canvi va tenir un gran impacte a la nostra societat, que va passar a ser coneguda com a societat de la informació. No només és fàcil accedir a la informació sinó que també és fàcil publicar-la, el que ha afavorit que hi hagi una gran quantitat disponible. Això fa necessari aprendre a sintetitzar la informació, seleccionar-la, organitzar-la, analitzar-la, fer deduccions..., és a dir, transformar-la en coneixement. Així és com es va començar a emprar les TIC com a eines didàctiques i quan va aparèixer el concepte de tecnologies de l'aprenentatge i el coneixement (TAC). Les TAC són el resultat d'emprar les TIC al context educatiu amb la finalitat d'afavorir l'aprenentatge. Ja no vivim a la societat de la

informació sinó a la societat del coneixement (Domènech Girbau, 2008; Moya López, 2013; Valarezo Castro i Santos Jiménez, 2019).

L'impacte de les TIC al nostre estil de vida és inqüestionable i per tant el sistema educatiu ha d'atendre a la necessitat d'alfabetització digital per viure en la societat del coneixement. La Llei Orgànica 3/2020 contempla la importància del desenvolupament de la competència digital tant dels alumnes com dels docents. La competència digital inclou cinc elements: saber com gestionar la informació, tenir habilitats de comunicació a través de diferents mitjans digitals, saber crear continguts en diversos formats, conèixer els riscos i saber com protegir-se i finalment, estar preparat per resoldre problemes tant tècnics com teòrics. Aquesta competència s'ha de treballar de manera transversal a totes les matèries durant tota l'etapa educativa de l'alumne. Tot i que els alumnes són nadius digitals i tenen facilitats de maneig de dispositius i aplicacions electròniques, han d'aprendre a fer un ús responsable de les TIC i les han d'incorporar com a eina didàctica que els ajudarà a desenvolupar la competència d'aprendre a aprendre. El docent no només ha de tenir domini de les TIC sinó que ha d'implementar les TAC a les seves classes. La formació del professorat s'ha de centrar tant en el maneig de dispositius i eines digitals com en la incorporació de les TAC a la pràctica pedagògica per afavorir l'aprenentatge significatiu fonamentat en la teoria constructivista (Fernández Miravete, 2018; Moya López, 2013; Valarezo Castro i Santos Jiménez, 2019).

3.4. Eines virtuals per a l'aprenentatge basat en investigació

A continuació veurem tres tipus d'eines virtuals que podem emprar a les aules per implementar les TAC en l'aprenentatge basat en investigació (Cataldi et al., 2012; Lloret, 2006):

- **Animacions.** Aquestes poden ser de gran utilitat per mostrar processos i conceptes que no es veuen a simple vista, com per exemple com es forma un enllaç iònic entre dos àtoms. Les animacions són molt visuals però l'alumne té poc poder d'intervenció.
- **Simulacions.** Mostren models més simples de la realitat que ajuden a entendre millor els conceptes. En aquest cas, al contrari que a les

animacions, els alumnes poden intervenir en menor o major mesura depenent de la simulació. Qualcunes fins i tot permeten modificar distintes variables i fer observacions de què ocorre.

- **Laboratoris virtuals.** La majoria dels laboratoris virtuals podrien considerar-se un tipus de simulació amb la diferència que mostren un entorn de laboratori real on els alumnes realitzen experiments científics.

Tot i que les animacions i les simulacions són eines de gran utilitat en el procés d'ensenyament-aprenentatge i en el desenvolupament de la competència digital, el present treball se centra en els laboratoris virtuals que simulen un laboratori real.

3.5. Laboratoris virtuals

Hi ha certes discrepàncies entre diferents autors sobre què és un laboratori virtual. Segons Keller i Keller (2005) un laboratori virtual és qualsevol experiència de laboratori que es pugui dur a terme sense haver d'emprar un laboratori físic. Dins aquesta definició entrarien des dels laboratoris de paper i llapis on els alumnes reben les dades ja recollides i només les han d'interpretar fins a laboratoris creats amb programes informàtics. La majoria d'autors relacionen el terme "virtual" directament amb la utilització d'aparells electrònics com un ordinador, tal i com es pot veure a la Taula 2, per tant delimitaré la definició de laboratori virtual a aquell al qual s'accedeix a través d'un dispositiu electrònic com un ordinador, un mòbil intel·ligent o una tauleta tàtil.

Un altre punt on la majoria estan d'acord és en que un laboratori virtual és una simulació per ordinador on els alumnes poden realitzar experiments i investigar algun fenomen. No obstant, el límit entre simulació i laboratori virtual és difús. A la Taula 2 podem veure que segons alguns autors un laboratori virtual és una simulació que representa un entorn de laboratori real però per altres aquesta característica no és indispensable per considerar una simulació com a "laboratori virtual". Curiosament, els articles més antics tendeixen a requerir que un laboratori virtual ha de ser semblant a un laboratori físic real però els més nous no. Concretament, cal destacar la publicació de Ghergulescu et al. (2018) perquè forma part d'un projecte finançat per la Unió Europea, NEWTON

Horizon 2020, que té com a objectiu establir una xarxa de laboratoris virtuals per promoure l'ABI. La simulació que estudien és *Atomic Structure virtual lab*. Els alumnes tenen l'oportunitat de construir àtoms i molècules a partir de protons, neutrons i electrons, per tant, ni els experiments ni l'entorn no són de laboratori perquè tracten fenòmens que no són visibles ni possibles de realitzar.

Taula 2. Definicions de laboratori virtual ordenades per ordre de publicació

Autors i autores	Definició de laboratori virtual
Keller i Keller (2005)	Qualsevol experiència de laboratori sense laboratori físic. Un laboratori virtual real ha d'incloure experiments reals i diverses metodologies científiques.
Llort (2006)	Tipus especial de simulació per ordinador on es mostra un entorn de laboratori real.
Monge Nájera i Méndez Estrada (2007)	Simulació informàtica de diverses situacions interactives com visites guiades o pràctiques manipulables.
Cuadros (2010)	Simulació informàtica on l'activitat que ha de dur a terme l'usuari és semblant a la que hauria de realitzar a un laboratori real.
Babateen (2011)	Entorn virtual a l'ordinador que simula un laboratori físic real on els alumnes poden realitzar experiments.
Cataldi et al. (2012)	Simulador per ordinador semblant estèticament a un laboratori físic que permet als alumnes interaccionar amb material de laboratori virtual.
de Jong et al. (2013)	Simulació informàtica que no ha de reflexar necessàriament la realitat d'un laboratori real. Els experiments virtuals poden estar adaptats per veure, per exemple, fenòmens que no s'observarien a un laboratori físic.
Infante Jiménez (2014)	Lloc web que inclou programes que simulen les condicions d'un laboratori físic.
Potkonjak et al. (2016)	Simulació per ordinador molt semblant a la realitat.
Ghergulescu et al. (2018)	Entorn virtual que no ha de ser necessàriament paregut a un laboratori real. L'exemple d'aquest article és una simulació per construir àtoms i molècules.
Bravo Faytong et al. (2019)	Simulació informàtica mitjançant algorismes de fenòmens físics i químics entre altres.
Yildirim (2021)	Simulació en la que el programari permet canviar alguns paràmetres dels experiments. L'exemple de laboratori virtual de l'article no mostra un entorn de laboratori real.

Per aquests motius, no és sorprenent que quan es fa una cerca a Internet de laboratoris virtuals trobem animacions, simulacions i simulacions que mostren entorns de laboratori (Cataldi et al., 2012). Per delimitar el present treball, consideraré que és requisit que la simulació presenti un entorn de laboratori el més paregut al real (almenys que els materials siguin els que s'empren a un laboratori físic), per tant la definició de laboratori virtual seria la següent: simulació per ordinador que mostra un entorn de laboratori paregut a la realitat on els alumnes interactuen amb distintes variables per realitzar experiments.

4. Anàlisi comparada de laboratoris

4.1. Comparació entre laboratori físic i laboratori virtual

Com ja hem vist, les pràctiques de laboratori són una part fonamental de l'ABI. Els alumnes han de tenir l'oportunitat d'investigar de primera mà els fenòmens que han d'estudiar per així arribar a un aprenentatge significatiu. Avui dia podem decidir entre laboratoris físics o virtuals per realitzar les pràctiques. Els dos tenen avantatges i inconvenients que analitzarem a continuació. Les característiques de cada laboratori es troben agrupades en set categories: aprenentatge de conceptes; aprenentatge d'habilitats pràctiques; temps; espai, materials i equip; motivació dels alumnes; seguretat i finalment cost. Podem trobar un resum a la Taula 3.

Aprenentatge de conceptes. Els dos tipus de laboratori generalment són adients per a l'aprenentatge de conceptes i un podria substituir l'altre. No obstant, hi ha alguns casos on un és un poc millor en comparació. Per una banda, s'ha vist que el laboratori físic té un lleuger avantatge sobre el virtual en el cas d'alumnes de primària perquè no tenen molta experiència prèvia en fenòmens físics. En aquest cas els alumnes es beneficien de l'experimentació física per incorporar nous conceptes. Per altra banda, els laboratoris virtuals que mostren models de fenòmens que no es poden veure a simple vista a un laboratori real (per exemple el flux d'electrons dins un circuit o la formació de molècules) ajuden més a entendre els conceptes abstractes. A més, a un experiment virtual es poden eliminar els elements que confondrien l'estudiant

de manera que la interpretació dels resultats sigui més senzilla que a un laboratori físic (de Jong et al., 2013).

Taula 3. Comparació entre laboratori físic i laboratori virtual

	Laboratori físic	Laboratori virtual
Aprentatge de conceptes	Millor en el cas d'alumnes de primària.	Millor en el cas de fenòmens que no es veuen a simple vista.
Aprentatge d'habilitats pràctiques	Aprentatge relacionat amb la manipulació física dels equips, materials i reactius.	No és favorable per aprendre habilitats pràctiques.
Temps	Limitat. Els alumnes dediquen més temps en decidir quins experiments realitzar i com fer el muntatge.	No limitat. Els alumnes poden dedicar més temps a la discussió dels resultats.
Espai, materials i equip	Limitat.	Il·limitat.
Motivació dels alumnes	Elevada.	Elevada.
Seguretat	Hi ha riscos però els alumnes aprenen mesures de salut i seguretat.	No hi ha riscos però tampoc aprenen mesures de salut i seguretat.
Cost	Elevat.	Rendible.

Aprentatge d'habilitats pràctiques. Si bé els dos tipus de laboratori serveixen per aprendre nous conceptes, els laboratoris físics tenen un clar avantatge sobre els virtuals en l'aprenentatge d'habilitats pràctiques. A un laboratori virtual el muntatge de l'experiment es fa amb un clic però al físic els alumnes tenen l'oportunitat de veure i tocar el material de laboratori. Aprenen a muntar els experiments, prendre mesures correctament, solucionar problemes que es trobin de manera inesperada, recollir dades i finalment netejar el material, és a dir, aprenen habilitats necessàries per treballar dins un laboratori. Generalment a un entorn virtual no obtindran errors de mesura. Tot i que això ajuda a la comprensió dels resultats i la identificació de patrons, no és representatiu del que passa a un entorn real (de Jong et al., 2013; Puntambekar et al., 2021; Tatli i Ayas, 2010).

Temps. Les pràctiques a un laboratori físic estan molt condicionades pel temps disponible de les sessions de classe. Un dels motius pels quals els professors

decideixen no dur a terme ABI és la limitació del temps. En lloc de fer pràctiques guiades o obertes els alumnes realitzen investigacions estructurades (Cheung, 2011) o exercicis pràctics on només han de seguir un guió detallat per arribar a la resposta de la pregunta plantejada pel professor (Caamaño, 2004). Així els alumnes no han de pensar en decidir els experiments ni en com fer el muntatge. Si tot i així el docent decideix dur a terme una pràctica guiada o oberta, per falta de temps els alumnes passarien més estona en decidir quins experiments dur a terme i fer el muntatge que en la discussió dels resultats. Fins i tot podria ser que no arribassin a obtenir-los. Sense resultats ni la discussió posterior no poden aprendre els nous conceptes. A més, no tots els alumnes aprenen al mateix ritme. La limitació de temps per dur a terme un experiment que no es podrà repetir pot ser desesperant per alguns estudiants (Ghergulescu et al., 2018; Puntambekar et al., 2021; Tatli i Ayas, 2010).

D'altra banda, els laboratoris virtuals tenen l'avantatge que no tenen limitació de temps. A més, el muntatge dels experiments és molt més ràpid i senzill que a un laboratori físic, per tant, poden fer més proves en menys temps i obtenir més resultats. També poden dedicar més temps a la discussió dels resultats el que afavoreix l'aprenentatge. Els alumnes que necessitin més temps per aprendre determinats conceptes, els que per algun motiu no hagin pogut anar a classe de manera presencial o els que simplement vulguin repassar per l'examen poden repetir els experiments tantes vegades com desitgin (Ghergulescu et al., 2018; Puntambekar et al., 2021; Tatli i Ayas, 2010).

Espai, materials i equip. Els laboratoris físics generen residus contaminants, el que ja és un desavantatge important. A més, cada centre educatiu disposa d'un espai concret amb uns materials i equips determinats, el que té tres conseqüències principals. La primera és que hi ha experiments impossibles de realitzar per falta d'equip. Per exemple, si el centre educatiu no disposa de campana de gasos, no podran emprar cap reactiu que desprengui vapors tòxics. La segona és que el material és limitat. No tots els alumnes tendran una participació activa si no hi ha material suficient per tothom. La tercera és que si un alumne no assisteix al centre el dia de la pràctica no la podrà realitzar. D'altra banda, per emprar un laboratori virtual es necessita un dispositiu

electrònic com un telèfon intel·ligent, una tauleta tàctil o un ordinador. En funció del laboratori virtual emprat es requereix o bé accés a Internet o tenir el programa descarregat. Amb això els alumnes ja poden realitzar les seves investigacions. Tots poden accedir alhora i l'espai no està restringit al laboratori físic, per tant aquest tipus de laboratoris són útils en formació en línia. Així mateix, donat que els laboratoris virtuals no estan restringits per la realitat, es poden dissenyar experiments amb variables que de cap manera serien possibles com la possibilitat de canviar el camp magnètic de la Terra (Cataldi et al., 2012; de Jong et al., 2013; Tatli i Ayas, 2010).

Motivació dels alumnes. Tot i que la motivació de l'alumnat és en general elevada als dos tipus de laboratoris, en alguns estudis s'ha vist que els estudiants es troben més motivats a les pràctiques virtuals. Una possible raó seria l'ús de les TIC perquè són atractives pels joves i en tenen un gran domini. Un altre motiu seria que els laboratoris virtuals permeten una major participació dels alumnes a l'experimentació, per tant mostren més interès, entenen millor els conceptes i la motivació augmenta (Babateen, 2011; Bravo Faytong et al., 2019; Cataldi et al., 2012; Tatli i Ayas, 2010). Tot i així, hi ha diferències d'opinions. Alguns estudiants prefereixen els laboratoris físics perquè hi ha sentits com el tacte i l'olfacte que no es poden emprar a un laboratori virtual (Tatli i Ayas, 2010).

Seguretat. Aprendre sobre els riscos d'un laboratori i les mesures de salut i seguretat a seguir és una part indispensable en la formació científica. Tot i que hi ha laboratoris virtuals on aprendre aquestes mesures, la realitat és que un laboratori físic és l'entorn ideal perquè és on es posaran en pràctica. A un entorn virtual els alumnes es relaxen o no s'ho prenen seriosament perquè no hi ha risc. No obstant, que no hi hagi risc pot ser també un avantatge perquè hi ha pràctiques molt perilloses a la vida real, com per exemple experiments amb radioactivitat, que d'altra manera no les realitzarien. A més, la seguretat és un altre dels motius pels quals alguns professors decideixen no preparar pràctiques basades en la investigació quan el nombre d'alumnes és elevat (Cheung, 2011; Ghergulescu et al., 2018; Tatli i Ayas, 2010).

Cost. Mantenir un laboratori físic té un cost i alguns experiments no es poden dur a terme degut al preu prohibitiu dels equips o reactius. A un laboratori virtual la situació és diferent. En alguns casos és necessari pagar la llicència d'ús o la llicència del producte però tot i així són més rendibles que un laboratori físic. Encara més si tenim en compte que les pràctiques efectuades a un entorn virtual poden ser pràctiques molt costoses a un laboratori físic. A més, els experiments estan disponibles pels alumnes sempre que els vulguin realitzar i els poden repetir tantes vegades com necessitin sense cost addicional (de Jong et al., 2013; Tatli i Ayas, 2010).

4.2. Comparació de laboratoris virtuals

4.2.1. Selecció de laboratoris virtuals

He trobat els laboratoris virtuals de dues maneres. La primera ha sigut mitjançant una recerca per Internet amb les paraules “laboratori virtual”, “laboratorio virtual” o “virtual lab”. També he repetit la cerca afegint les paraules “física” i “química” (una d’elles o ambdues) en català, castellà i anglès. La segona ha sigut a partir dels laboratoris recomanats a la bibliografia consultada. Un dels problemes que he trobat és l’ambigüitat de la definició de “laboratori virtual”. Tant a la recerca per la xarxa com a la bibliografia he trobat simulacions que no encaixen amb la definició de “laboratori virtual” proposta al present treball. Totes les simulacions que no mostren un entorn de laboratori físic o no empren materials que podem trobar a un laboratori real han sigut descartades. Un altre problema és que alguns dels laboratoris esmentats a la bibliografia ja no existeixen o no he pogut trobar-los, com és el cas de *Crocodile Chemistry* (Cataldi et al., 2012). A aquests casos a més hem d’afegir les simulacions que sí he trobat però que ja no es poden visualitzar perquè van ser creades amb Adobe Flash Player. Aquesta aplicació va deixar de funcionar el 31 de desembre de 2020, fet que ja va ser informat per Adobe el 2017 per proporcionar el temps suficient per migrar els continguts a altres estàndards com HTML5 (Adobe, 2021).

Vaig obtenir una primera llista amb tots els laboratoris virtuals trobats tant a la xarxa com a la bibliografia que funcionaven i encaixaven amb la definició de

“laboratori virtual”. Aquesta llista va passar per un segon cribatge. Si els laboratoris eren molt semblants m’he decantat per aquells on l’accés era més senzill o no havia de descarregar cap programa perquè no és una opció àgil per dur a terme amb els alumnes. En el cas de pàgines web que fossin col·leccions de recursos i activitats he descartat aquelles on he trobat més dificultat per trobar els laboratoris virtuals desitjats o no hi havia una gran varietat de laboratoris en castellà o català. Aquest seria el cas, per exemple, de NSDL, elearning i LabXchange. Finalment els laboratoris comparats són nou: Go-Lab, Smart Science, Educaplus, PhET, OLabs, Labster, ChemCollective, BASF Virtual Lab i Labovirtual.

Taula 4. Enllaços als laboratoris virtuals

Laboratori virtual	Pàgina web
NSDL	https://nsdl.oercommons.org/
elearning	https://elearning.cpp.edu/learning-objects/
LabXchange	https://www.labxchange.org/
Go-Lab	https://www.golabz.eu/labs
Smart Science	https://www.smartscience.online/
Educaplus	https://www.educaplus.org/
PhET	https://phet.colorado.edu/
OLabs	http://www.olabs.edu.in/
Labster	https://www.labster.com/
ChemCollective	http://www.chemcollective.org/
BASF Virtual Lab	https://basf-es.kids-interactive.de/
Labovirtual	https://labovirtual.blogspot.com/p/fisica.html

4.2.2. Elaboració de la llista de control

Per poder comparar els laboratoris virtuals trobats he realitzat una llista de control (Taula 5). Els ítems estan organitzats en tres categories: informació general, aspectes tècnics i aspectes pedagògics. Aquestes categories coincideixen amb les dimensions proposades per Cataldi et al. (2012) per

avaluar els laboratoris virtuals, no obstant això, els ítems avaluats al present treball no són els mateixos. Els punts comparats els he escollit en funció de la pròpia experiència d'ús dels laboratoris virtuals. Per exemple, donada la importància de l'aprenentatge basat en la investigació, he trobat interessant saber el nivell d'investigació que permet cada laboratori. Altres característiques que he trobat positives o negatives dels laboratoris tant en l'aspecte tècnic com en el pedagògic també són ítems com per exemple els dispositius en els que podem veure la simulació, que l'aplicació faci una avaluació automàtica del progrés dels alumnes i que l'ús de la simulació sigui intuïtiu. Per considerar un laboratori virtual intuïtiu s'ha de poder emprar amb facilitat sense rebre cap instrucció o unes instruccions mínimes.



4.2.3. Descripció i comparació dels laboratoris virtuals

Go-Lab

- Informació general. És una col·lecció de recursos que va ser finançada pel programa Horizon 2020 de la Unió Europea. Ens permet filtrar per tres tipus de laboratoris: remot, virtual o conjunt de dades. Cal aclarir que dins l'opció de "laboratori virtual" trobam tant simulacions com laboratoris virtuals segons la definició del present treball. Podem filtrar les simulacions per matèria, rang d'edats (des de menys de 7 anys fins a més de 16) i idioma. Actualment de física hi ha 666 simulacions en anglès, 67 en castellà i 24 en català. De química hi ha 97 en anglès, 23 en castellà i 12 en català (vegeu Figura 1). Totes les simulacions són gratuïtes.
- Aspectes tècnics. Les simulacions estan pensades per ser reproduïdes a un ordinador. La majoria de les aplicacions que he provat funcionen bé a un mòbil intel·ligent i una tauleta tàctil però pot ser que algunes no funcionin perquè això depèn del desenvolupador. El disseny de la majoria de les simulacions és en dues dimensions i són molt intuïtives. Els laboratoris virtuals mostren entorns de laboratori molt senzills on només surten els materials necessaris per realitzar la pràctica. Els alumnes no s'han de registrar per emprar els laboratoris virtuals i per

tant tampoc es guarda el seu progrés. Les simulacions no es poden enllaçar amb Google Classroom directament des de Go-Lab però es pot compartir l'enllaç. Hi ha una àrea de suport on trobam informació sobre Graasp, una aplicació vinculada a Go-Lab que permet dissenyar activitats i espais d'ABI i fer un seguiment dels alumnes. Els estudiants tenen l'opció de registrar-se (amb nom d'usuari i contrasenya) o no (només nom d'usuari). Aquestes activitats sí que es poden enllaçar amb Google Classroom.

- Aspectes pedagògics. Donada la gran quantitat de laboratoris virtuals disponibles podem trobar laboratoris que mostren tant experiments reals com impossibles de realitzar dins un laboratori i alguns inclouen elements de reforç com animacions o simulacions de fenòmens que no es veuen a simple vista. Tot i la gran quantitat de laboratoris disponibles, no he trobat cap simulació que ensenyi sobre seguretat ni neteja del laboratori ni laboratoris que incloguin errors de mesura. Referent als nivells d'investigació, hi ha laboratoris virtuals que permeten investigació oberta, guiada i estructurada. Alguns inclús, segons com es dissenyi l'activitat, permeten els tres nivells d'investigació. Com ja he esmentat, Go-Lab està vinculada a una altra aplicació, Graasp, que ens permet crear activitats i espais d'ABI. Aquests espais estan disponibles per tothom, per tant podem trobar alguns ja creats per altres docents. Si afegim una activitat d'avaluació al final de l'espai d'aprenentatge veuríem els resultats dels estudiants a Graasp.

GO-LAB Labs Apps Spaces Authoring Support Premium About News   EN ▾

Online Labs

Find online labs to enrich your classroom activities with exciting scientific experiments.

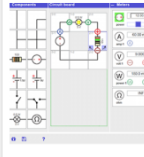
Online labs provide your students with the possibility to conduct scientific experiments in an online environment. Remotely-operated labs (remote labs) offer an opportunity to experiment with real equipment from remote locations. Virtual labs simulate the scientific equipment. Data sets present data from already performed lab experiments. Please use the filters on the right to find appropriate online labs for your class. Labs can be combined with dedicated Apps to create Inquiry Learning Spaces (ILSs).

If you are looking for online labs especially suitable for the curricula of Benin, Kenya or Nigeria, please visit our Collections page.

Electrical Circuit Lab

★★★★★ Rating: 4.3 - 10 votes

In the Electrical Circuit Lab students can create their own electrical circuits and do measurements on it. In the circuits the students can use resistors, light bulbs, switches, capacitors and coils. The circuits can be powered by a AC/DC power supply or batteries.



How to publish your lab

Propose Lab

Sort

Most Viewed today ▾

Sort

Subject Domains

- Astronomy (33)
- Biology (65)
- Chemistry (97)
- Engineering (7)
- Environmental Education (33)
- Geography And Earth Science (18)
- Mathematics (69)
- Physics (666)
- Technology (14)


Big Ideas Of Science

- Energy Transformation (288)
- Fundamental Forces (485)
- Our Universe (38)
- Structure Of Matter (222)
- Microcosm (Quantum) (59)
- Evolution And Biodiversity (37)
- Organisms And Life Forms (49)

Iodine Test For Starch

★★★★★ Rating: 4.4 - 3 votes

Conduct the Iodine test with different food items to test for the presence of starch.



Separation Of Mixtures Using Different Techniques

★★★★★ Rating: 2 - 3 votes

With this lab you will find out how separation of mixtures is done using the following




Figura 1. Cercador de laboratoris virtuals de Go-Lab. [Captura de pantalla]. (Go-Lab, s. d.b)

Smart Science

- **Informació general.** Smart Science és una empresa dels Estats Units creada per professors que van trobar la necessitat de crear activitats que substituïssin els laboratoris reals quan aquesta pràctica no era possible. Aquest servei no és gratuït però tampoc informen dels preus perquè els personalitzen a les necessitats de cada centre educatiu. Les activitats estan dirigides a alumnes des de primària fins a batxillerat que cursin matèries de física, química o biologia. Hi ha més de 80 activitats disponibles però no podem considerar totes les simulacions com a laboratoris virtuals perquè hi ha casos com el d'estructura atòmica on només apareixen preguntes que els alumnes han de respondre sense la possibilitat de definir cap tipus de variable ni realitzar cap experiment. La pàgina pot ser traduïda a diferents idiomes, no obstant, com empen la traducció automàtica de Google ens trobam alguns errors. A més, hi ha àudios explicatius que només s'escolten quan tenim la pàgina en anglès.

- Aspectes tecnològics. S'accedeix a les simulacions en línia a través d'un ordinador, una tauleta tàctil o un mòbil intel·ligent, no obstant, personalment crec que és més còmode emprar l'ordinador perquè, com veurem més envant, és important ser precisos en les mesures que prenem. El disseny és en dues dimensions i va acompanyat en molts casos de vídeos o fotografies d'experiments reals (Fígura 2). En general, el disseny no l'he trobat molt atractiu i pot arribar a ser un poc avorrit. L'ús és intuïtiu i a més apareixen vídeos explicatius sobre com realitzar les activitats. Cada alumne i docent tenen un usuari i una contrasenya per accedir a la plataforma. Això permet als alumnes deixar activitats inacabades per continuar-les més tard i el professor pot fer un seguiment del progrés dels estudiants. Aquest seguiment només és possible a través de la pròpia plataforma ja que no es poden enllaçar les activitats amb Google Classroom. Smart Science compta amb un equip de suport tècnic al qual es pot contactar per correu electrònic.
- Aspectes pedagògics. La investigació és clarament guiada. Totes les activitats estan predissenyades i els experiments són reals ja que totes les variables són reals i els experiments estan gravats en vídeo. Els experiments no van acompanyats de simulacions que mostrin fenòmens que no es veuen a simple vista. Una característica que fa especial aquesta plataforma és que poden haver errors de mesura. A distintes simulacions els alumnes han de prendre mesures clicant sobre els fotogrames dels vídeos dels experiments. Han de ser acurats perquè com millor prenguin les mesures, més fàcil serà interpretar els resultats obtinguts, tal i com ocorre a una pràctica de laboratori real. La seguretat i la neteja al laboratori no es tracten a les activitats. Es pot fer una avaluació dels resultats dels estudiants a través de la mateixa plataforma.

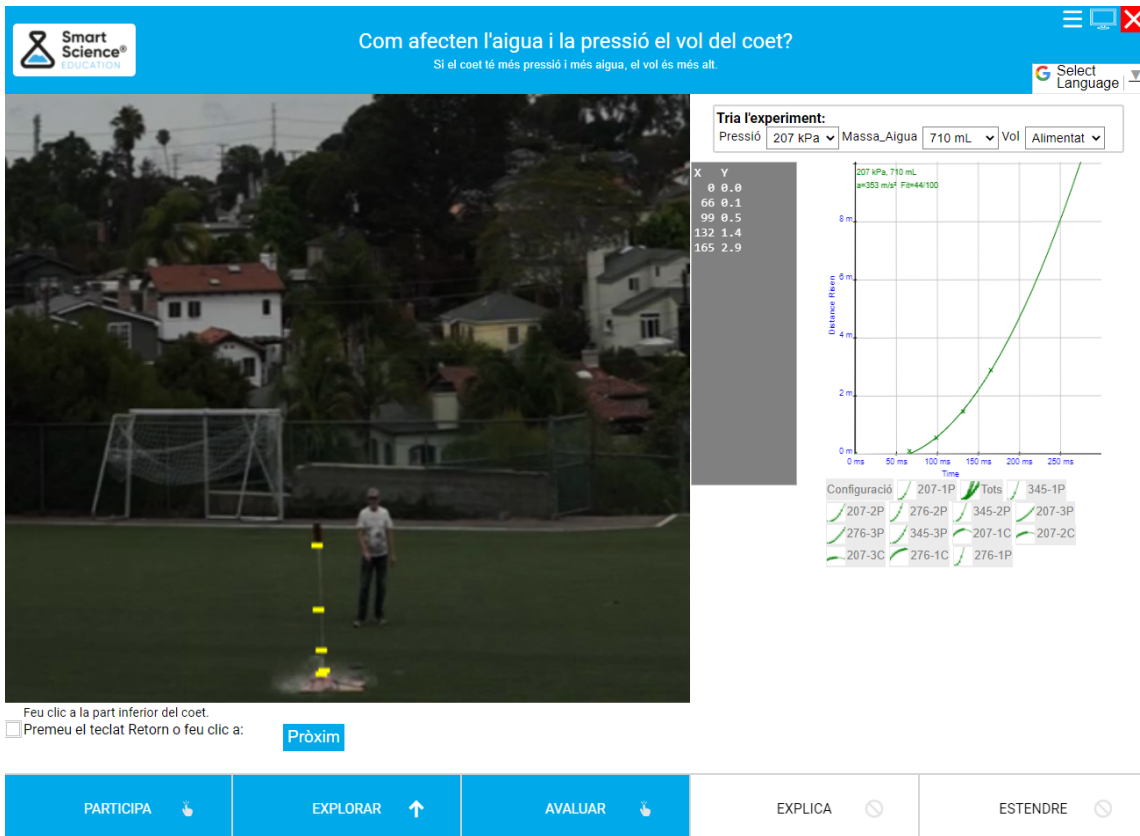


Figura 2. Experiment de coets d'aigua. [Captura de pantalla]. (Smart Science, 2021b).

Educaplus

- Informació general. Educaplus és una pàgina web espanyola desenvolupada l'any 1998 pel professor de física i química Jesús Peñas. Totes les simulacions són gratuïtes, es troben en castellà i les matèries disponibles són matemàtiques, física, química, biologia, ciències de la terra, tecnologia i educació artística (Figura 3). Dins física hi ha 115 simulacions i dins química 46. No totes les podem considerar laboratoris virtuals ja que també hi ha animacions i altres tipus de simulacions. Hi ha activitats per alumnes de primària, secundària i batxillerat.
- Aspectes tecnològics. L'accés és en línia a través d'un ordinador, tauleta tàctil o mòbil intel·ligent, tot i que hi ha simulacions on s'especifica a quins dispositius no funciona. Les simulacions són molt intuïtives i el disseny és en dues dimensions i bastant atractiu en la majoria de casos, tot i que alguns laboratoris es veuen antiquats. Els laboratoris virtuals no mostren tot l'entorn del laboratori sinó que només es veu el material de

laboratori emprat en la pràctica (Figura 4). Quant al registre, hi ha la possibilitat de registrar-se però la finalitat no és clara ja que ni tan sols es guarda el progrés de l'alumne. Ara bé, cal dir que les simulacions són bastant curtes així que tampoc és un problema. Si volem fer un seguiment dels alumnes serà necessari posar una tasca a Google Classroom amb l'enllaç a la simulació perquè la pàgina web d'educaplus no dona aquesta opció. Si trobam alguna errada o tenim alguna proposta didàctica podem posar-nos en contacte per correu electrònic.

- Aspectes pedagògics. Els laboratoris virtuals disponibles permeten desenvolupar investigacions obertes, guiades o estructurades, en funció de com es dissenyi l'activitat. Podem trobar algunes activitats predissenyades però no en tots els casos. La majoria dels experiments dels laboratoris virtuals són reals però alguns estan simplificats de manera que els alumnes puguin entendre millor què és el que experimenten. Finalment, a aquests laboratoris virtuals no hi ha errors de mesura, no es mostren aspectes com la seguretat ni la neteja del laboratori i tampoc permeten fer una avaluació directa, sinó que s'ha de fer a partir de l'avaluació de les activitats proposades pel docent.

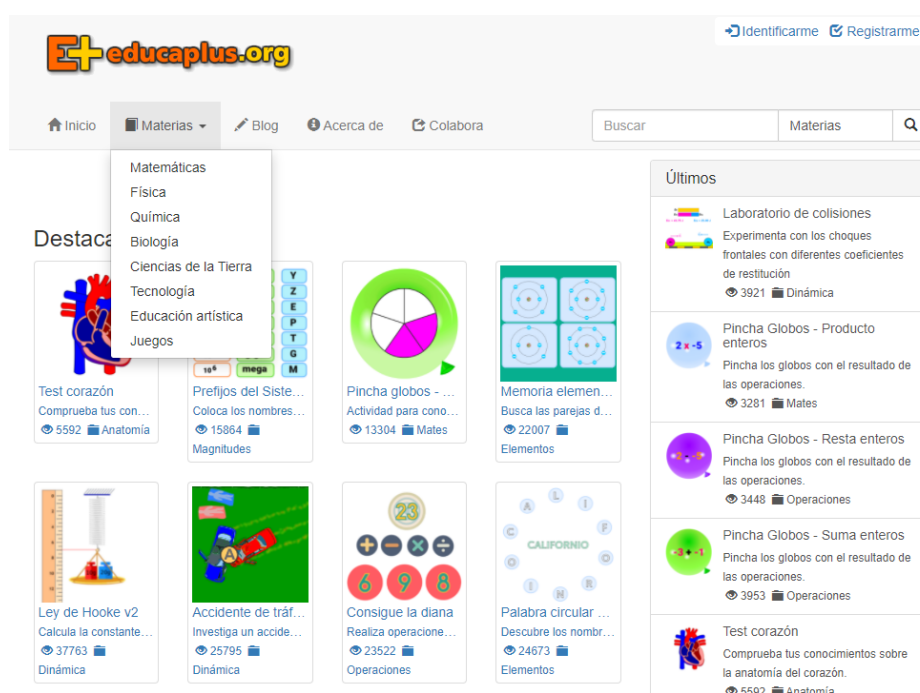


Figura 3. Pàgina d'inici d'Educaplus. [Captura de pantalla]. (Peñas, 2021a).

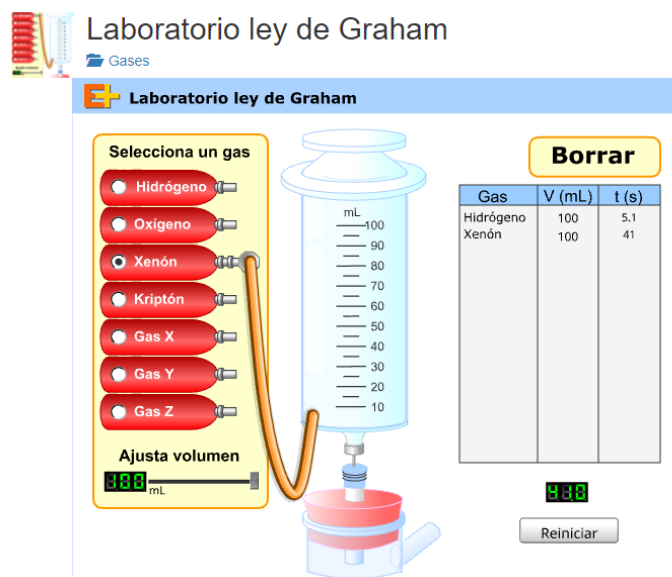


Figura 4. Detall del laboratori de Graham. [Captura de pantalla]. (Peñas, 2021b).

PhET

- Informació general. PhET és un projecte iniciat a la Universitat de Colorado Boulder l'any 2002. El fundador va ser el doctor Carl Wieman, guanyador del Premi Nobel de Física de 2001. Totes les simulacions són gratuïtes, dirigides a alumnes de primària fins a batxillerat i estan agrupades en 5 grans grups: física, química, matemàtiques, ciències de la Terra i biologia (Figura 5). Si no comptam amb les simulacions desenvolupades amb Adobe Flash, que ja no funcionen, hi ha 96 simulacions de física i 51 de química. Totes les simulacions de física i química les podem trobar en anglès i castellà. En català, de moment, hi ha 42 de física i 25 de química. Com ocorre a la majoria de plataformes, no totes les simulacions són laboratoris virtuals.
- Aspectes tecnològics. L'accés és en línia però també donen la possibilitat de descarregar les simulacions. Per accedir podem emprar un ordinador, una tauleta tàctil o un mòbil intel·ligent, tot i que aquest darrer no el recomanen. Si alguna simulació no funciona a un determinat dispositiu queda especificat abans d'entrar-hi. El disseny de les simulacions és en dues dimensions i són molt intuïtives i atractives. Els laboratoris virtuals, al igual que els d'Educaplus, només mostren el

material de laboratori i els reactius necessaris per dur a terme la pràctica, però el fons de la simulació sol ser blanc o negre. Sobre el registre, tant els docents com els alumnes poden registrar-se però no és necessari per accedir a les simulacions. El registre és perquè els professors puguin compartir les activitats que dissenyen i descarregar activitats d'altres docents. Pels alumnes no hi ha cap necessitat perquè tanmateix no es guarda el progrés a les simulacions. No obstant, de la mateixa manera que ocorre a Educaplus, les simulacions són curtes i per tant aquest fet no suposa un problema. Els laboratoris virtuals han estat creats amb HTML5, CheerpJ, Java o Adobe Flash (que ja no existeix). En el cas de ser compatibles amb HTML5 poden compartir-se directament amb Google Classroom. Actualment només empen HTML5 per desenvolupar noves simulacions per tant cada vegada n'hi haurà més. Quant al suport tècnic, comptem amb un centre d'ajuda on hi ha les preguntes més freqüents i a més tenim l'opció de contactar per qualsevol dubte.

- Aspectes pedagògics. El nivell d'investigació de la majoria d'activitats dissenyades és investigació guiada. No obstant, el disseny dels laboratoris virtuals ens permet elaborar activitats d'investigació oberta o estructurada en cas necessari. Els experiments solen ser reals però podem trobar algunes variables impossibles de realitzar a un laboratori físic com la possibilitat d'eliminar la gravetat d'un experiment. A més, la majoria de laboratoris són models simplificats d'un laboratori real perquè sigui més fàcil entendre els conceptes i alguns van acompanyats de models de fenòmens que no es veuen com la proporció d'oxonis i hidroxils que hi ha a una dissolució. Per acabar, com a la majoria de laboratoris virtuals, no hi ha errors de mesura, no es tracta la seguretat ni la neteja del laboratori i si volem avaluar els alumnes haurà de ser a partir d'alguna activitat proposada pel docent.

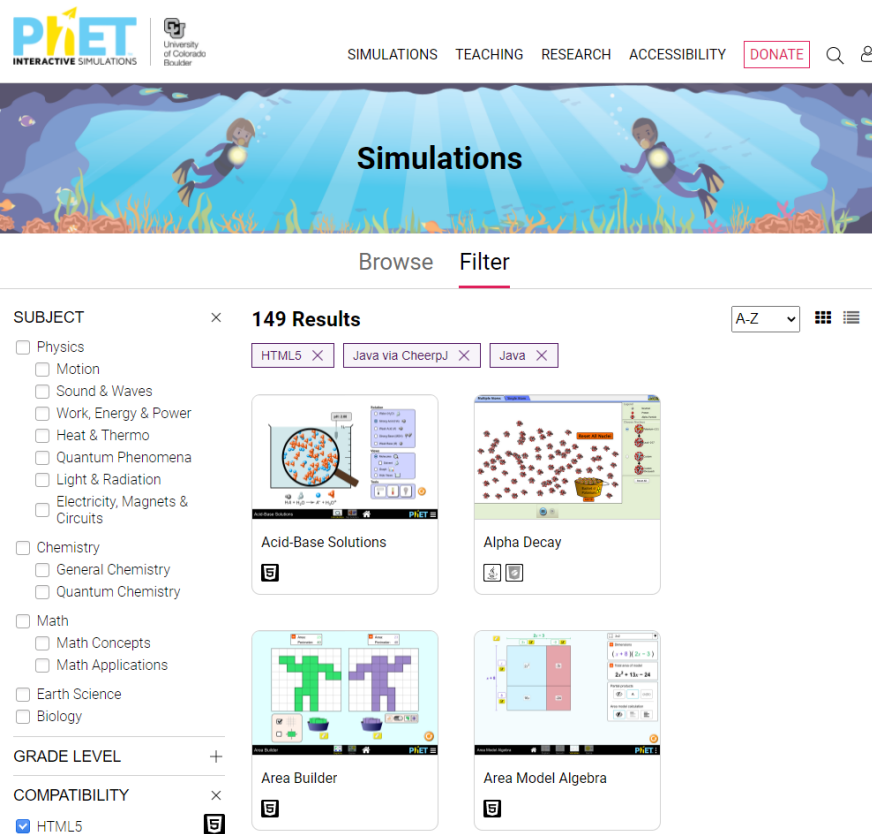


Figura 5. Cercador de simulacions de PhET. [Captura de pantalla]. (PhET, 2021b).

OLabs

- Informació general. OLABS és una plataforma en línia gratuïta creada en conjunt per la universitat d'Amrita Vishwa Vidyapeetham i el *Centre for Development of Advanced Computing* de Mumbai. Ofereixen activitats de física, química, biologia, matemàtiques i anglès, dirigides a alumnes de secundària i batxillerat (Figura 6). De física hi ha 54 simulacions i de química hi ha 46. En aquest cas, la majoria de simulacions sí que les podem considerar laboratoris virtuals i totes es troben en anglès (Figura 7). A la banda superior dreta podem seleccionar l'idioma però si seleccionem castellà no hi ha cap canvi.
- Aspectes tecnològics. Segons la informació disponible a la secció de preguntes més freqüents, les simulacions es poden emprar en línia tant a ordinadors com a dispositius tàctils. Ara bé, personalment recomanem no emprar dispositius tàctils perquè alguns laboratoris són més complicats d'emprar d'aquesta manera. El disseny és en dues dimensions i és

atractiu a la majoria de casos tot i que pot ser que s'hagi quedat un poc antiquat (Figura 7). El major inconvenient d'aquests laboratoris virtuals és que el seu ús no és intuïtiu, o al menys no tant com a la resta de laboratoris. A més, algunes variables són difícils de modificar, ja sigui perquè no queda clar si l'element s'ha d'arrossegar o només clicar o perquè s'ha d'insistir perquè respongui. Referent al registre, no és necessari per accedir als laboratoris virtuals però hi ha l'opció tant per professors com alumnes. Si tothom es registra el professor o professora podrà veure els resultats del qüestionari d'autoavaluació que respon l'alumne després de fer la pràctica. Aquest seria l'únic motiu per fer el registre perquè tanmateix no es guarda el progrés a una simulació i per tant si es tanca el laboratori després s'ha de tornar a començar. Tampoc no hi ha la possibilitat d'enllaçar les activitats directament amb Google Classroom però podem compartir l'enllaç. Per acabar, si tenim algun problema es pot contactar a través d'un formulari o directament per correu electrònic.

- Aspectes pedagògics. Els laboratoris virtuals permeten elaborar activitats d'investigació oberta, guiada o estructurada segons el laboratori del que es tracti. Les activitats predissenyades solen ser d'investigació estructurada i es troben a la pestanya de procediment. A més, hi ha una pestanya amb el nom de "Viva Voce" on hi ha un qüestionari d'autoavaluació. Tots els experiments són reals i cada un inclou a la pestanya d'animació un vídeo explicatiu sobre la pràctica. Entre totes les pràctiques no hi ha cap on es tracti la seguretat ni la neteja del laboratori i no hi ha errors de mesura. Aquesta plataforma sí que permet fer una avaluació del treball dels alumnes gràcies al qüestionari final però el professor només tindrà accés als resultats si tant ell com l'alumne estan registrats i l'alumne ha enviat una invitació al docent.

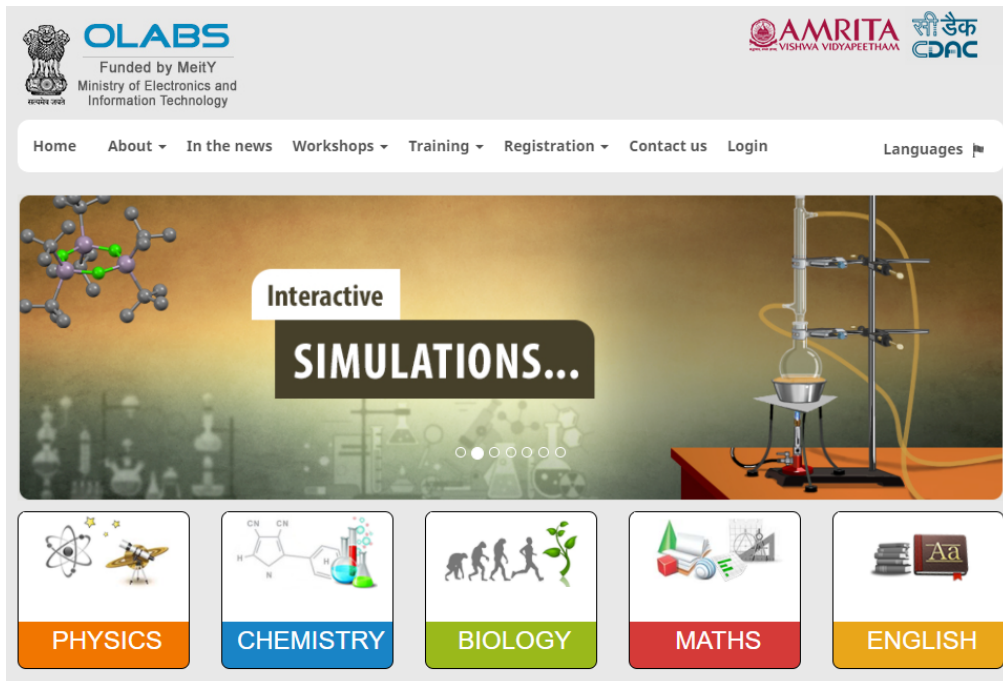


Figura 6. Pàgina d'inici d'OLabs. [Captura de pantalla]. (OLabs, 2021a).

Physics

Class 12

Ohm's law and resistance	Potentiometer-Internal Resistance of a Cell	Potentiometer-Comparison of emf	Figure of Merit of a Galvanometer
Conversion of Galvanometer to Ammeter	AC Sonometer	Concave Mirror-Focal Length by u-v Method	Convex Mirror-Focal Length
Concave Lens-Focal Length	Spectrometer-Prism	Refractive Index of Liquid	Metre bridge-Resistance of a wire

Figura 7. Detall dels laboratoris de física d'OLabs. [Captura de pantalla]. (OLabs, 2021b).

Labster

- Informació general. Labster és una empresa dedicada al desenvolupament de laboratoris virtuals dirigits principalment a alumnes de batxillerat i estudis universitaris però algunes simulacions també poden ser emprades per estudiants d'educació secundària. Els laboratoris es troben classificats en sis camps d'investigació: biologia, química, enginyeria, ciències generals, medicina i física (Figura 8). Hi ha més de 200 simulacions disponibles. Concretament, de física hi ha 15 i de química 44. Totes les simulacions es troben en anglès i de moment només hi ha 37 en castellà. El preu depèn del nombre d'alumnes i del nombre de simulacions. Per un centre educatiu amb accés a totes les simulacions el preu mínim és de 5000 \$ per any.
- Aspectes tecnològics. Només es pot accedir als laboratoris virtuals amb un ordinador amb accés a Internet. El disseny és dels més atractius que trobam ja que pareix un videojoc. Les imatges estan en tres dimensions i tenim la possibilitat de passejar pel laboratori (Figura 9). L'ús és intuïtiu però a més ens acompanya un assistent virtual que ens mostra al començament com hem d'interactuar amb l'entorn virtual i ens dona indicacions al llarg de la pràctica. Labster es pot integrar amb Google Classroom. Aquesta integració no només serveix perquè els alumnes tinguin un enllaç al laboratori virtual, sinó que poden accedir directament a les simulacions sense haver de registrar-se. A més, es guarda el progrés perquè puguin continuar amb la pràctica més tard. Davant qualsevol dubte, Labster compta amb una pestanya de suport on trobam articles d'ajuda. També hi ha l'opció de contactar directament amb l'equip de suport a través d'un xat i si no es troben en línia hi ha un bot de conversa disponible.
- Aspectes pedagògics. Les investigacions són guiades o estructurades. Com les pràctiques són d'aproximadament 30 minuts, al llarg d'una mateixa simulació podem trobar els dos tipus d'investigació. Totes les activitats estan predissenyades i hi ha experiments tant reals com impossibles. Per exemple, hi ha una simulació per aprendre sobre la llei

de la gravitació universal on es pot canviar la massa de la Terra. Labster aprofita els avantatges del món virtual principalment de dues maneres. La primera és l'ús de simulacions per mostrar fenòmens invisibles a l'ull humà com el comportament de les molècules a una reacció química. La segona és que la narrativa de les activitats és molt motivadora pels alumnes. Hi ha experiments que, tot i ser reals, la narrativa els fa impossibles de realitzar a un laboratori físic i a la vegada els fa més interessants. Un exemple seria el laboratori virtual sobre destil·lació. Està ambientat a una colònia a Mart on han d'emprar aquesta tècnica per produir biodièsel a partir dels residus originats. Quant a la seguretat al laboratori, hi ha simulacions que tracten aquest tema de manera exclusiva però a més, a la resta de laboratoris també es tracta perquè per entrar al laboratori és obligatori posar-se bata i ulleres de protecció, a més de guants quan són necessaris. El que no es tracta molt és la neteja del laboratori. Finalment, les simulacions inclouen preguntes al llarg de la pràctica que avaluen els alumnes. La puntuació obtinguda queda reflexada a Classroom el que permet al docent fer una avaluació.

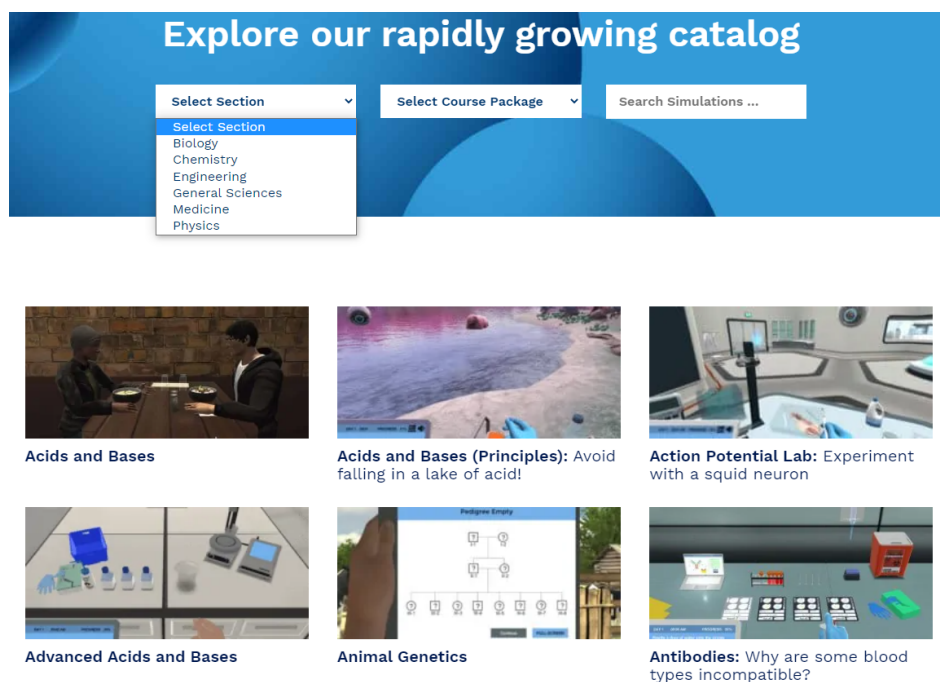


Figura 8. Catàleg de simulacions de Labster. [Captura de pantalla]. (Labster, 2021b).

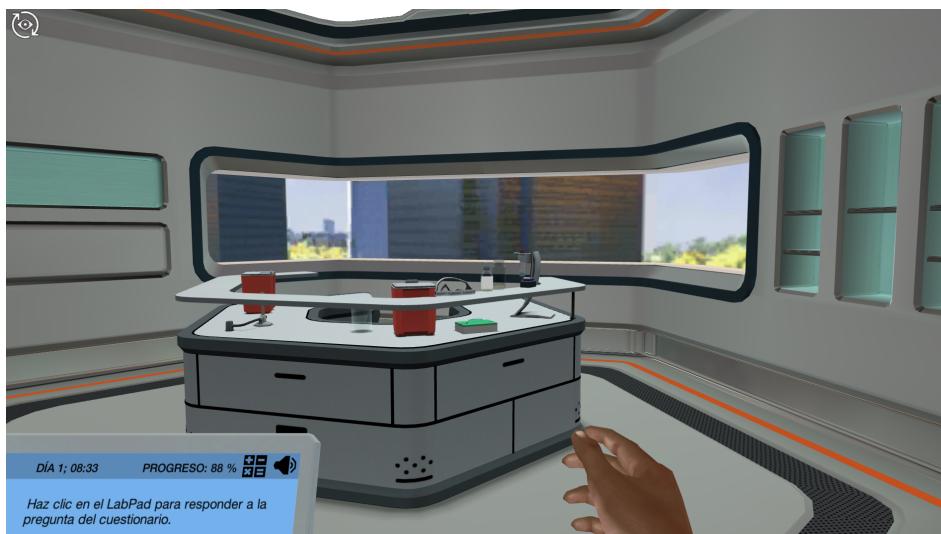


Figura 9. Simulació de seguretat al laboratori. [Captura de pantalla]. (Labster, 2021c).

ChemCollective

- Informació general. ChemCollective va néixer l'any 2000 com un projecte dirigit pel doctor David Yaron. Ofereixen recursos gratuïts de química a alumnes d'educació secundària i batxillerat. Els recursos es poden filtrar segons el tema o el tipus. En aquest cas, si filtram per laboratoris virtuals o per "Autograded problems" sí que són tots laboratoris virtuals perquè tots empen materials i reactius que trobaríem a un laboratori real. Totes les simulacions, un total de 70 entre les dues categories, es troben en anglès i se suposa que les podem traduir al castellà però no funciona correctament ja que no ens mostra el laboratori que hem triat sinó el laboratori bàsic. Tenim alguns laboratoris disponibles en castellà i català si ens descarregam el programa però no hi són tots.
- Aspectes tecnològics. Només funciona correctament si accedim a través d'un ordinador. Podem decidir si emprar la versió en línia o descarregar el programa. Si el descarregam hi ha dos laboratoris en català i 7 en castellà. El disseny és molt poc atractiu, en dues dimensions. Es nota que el projecte es va iniciar fa vint anys (Figura 10). A més, és poc intuïtiu, sobretot el laboratori descarregable, pel que és necessari llegir el manual d'ús. No hi ha l'opció de registrar-se i per tant no es guarda el progrés. Tampoc es pot compartir directament amb Classroom però

podem copiar l'enllaç al laboratori (en anglès). Per resoldre dubtes tenim disponible el manual d'ús, un apartat amb les preguntes més freqüents, un telèfon i un correu electrònic.

- Aspectes pedagògics. Els laboratoris virtuals de ChemCollective permeten la investigació estructurada, guiada o oberta segons com es dissenyi l'activitat. En general, les activitats predissenyades són d'investigació oberta però podem dissenyar altres activitats. Tots els experiments que es proposen són reals i no hi ha cap simulació de reforç perquè aquests laboratoris virtuals són un calc del que podríem trobar a un laboratori real. Un avantatge important d'aquest laboratori és que podem decidir si volem introduir errors de mesura o no. A l'hora de mesurar volums podem escriure directament el volum desitjat o podem escollir l'opció realista i mantenir pitjat el botó d'abocar fins arribar aproximadament al volum que necessitam. Per acabar, no hi ha cap laboratori que tracti la seguretat ni la neteja del laboratori i només alguns dels laboratoris permeten comprobar si la resposta a la que s'arriba és la correcta, però només la veurà l'alumne.

VIRTUAL LAB: Cola and Sucrose Concentration Problem

We are pleased to announce a new HTML5 based version of the virtual lab. Please use FireFox or Chrome web browser to access this page, errors have been reported when using Internet Explorer.

[Introductory Video and Support Information](#)

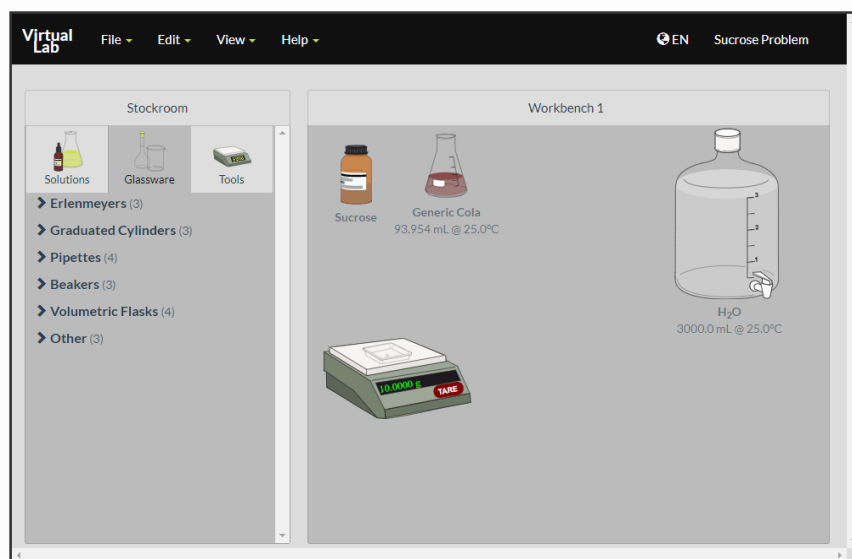


Figura 10. Detall del laboratori de concentració de sacarosa. [Captura de pantalla].
(ChemCollective, s. d.b).

BASF

- Informació general. BASF és un petit laboratori virtual on podem trobar 7 pràctiques de física i química en anglès i castellà. Aquestes pràctiques són gratuïtes i estan dirigides a alumnes d'educació primària i secundària.
- Aspectes tecnològics. Només es pot accedir en línia amb un ordinador. El disseny és atractiu per alumnes joves, és en dues dimensions i és molt intuïtiu. Hi ha una opció per fer un registre i així guardar el seguiment i els punts obtinguts amb cada activitat però no funciona correctament. Tampoc es pot compartir directament amb Classroom però podem compartir l'enllaç. No hi ha suport tècnic.
- Aspectes pedagògics. La investigació és en part estructurada i en part guiada. Els alumnes no poden decidir quins experiments realitzar però tampoc tenen la informació exacta de què han de fer (Figura 12). Els experiments són reals i s'inclouen explicacions animades dels fenòmens que s'estudien. A més, es tracta lleugerament la seguretat al laboratori ja que hem d'agafar una bata i unes ulleres protectores abans d'entrar. El que sí es tracta en més profunditat és la neteja, tema que a cap altre dels laboratoris trobats s'ha mencionat. En acabar la pràctica els alumnes tenen l'opció de classificar el material emprat segons si són residus, si es pot guardar directament al seu lloc o si s'ha de netejar. Finalment, no hi ha errors de mesura com a la majoria de laboratoris virtuals i tampoc es pot avaluar el seguiment de l'alumne a partir de l'aplicació.



Figura 11. Detall del laboratori d'aigua bruta. [Captura de pantalla]. (BASF, s. d.b).

Labovirtual

- Informació general. Labovirtual és un blog creat per un professor de física i química de Sevilla, Salvador Hurtado. Hi ha un total de 28 simulacions de física i 25 de química dirigides a alumnes d'educació secundària i batxillerat. La majoria de simulacions les podem considerar com a laboratoris virtuals. Tots es troben en castellà i són gratuïts.
- Aspectes tecnològics. Es poden emprar a un ordinador, tauleta tàctil o mòbil intel·ligent i l'accés és en línia. El disseny és senzill, en dues dimensions i una mica antic però el seu ús és intuïtiu (Figura 12). No hi ha l'opció de registrar-se i per tant no guarda el progrés per poder continuar més tard. De tota manera, donat que les simulacions són curtes això no suposa un problema. Tampoc permet enllaçar directament amb Classroom però podem compartir l'enllaç al laboratori. Finalment, si tenim algun dubte ens podem posar en contacte amb el creador del blog a través dels comentaris.

- Aspectes pedagògics. La investigació és generalment guiada. A la majoria de laboratoris virtuals hi ha una activitat d'investigació guiada predissenyada per Salvador Hurtado però el disseny de les simulacions permet realitzar investigacions obertes o estructurades si és el que es desitja. La majoria dels laboratoris virtuals mostren experiments reals tot i que hi ha alguns d'impossibles com calcular el període d'un pèndol a la Lluna. No s'inclouen animacions ni simulacions de fenòmens que no es veuen a simple vista però sí que podem trobar en alguns casos enllaços a recursos externs on trobar informació sobre la teoria relacionada amb l'experiment. A la majoria de laboratoris no hi ha errors de mesura amb excepció d'aquells on s'hagi de cronometrar manualment. Finalment, no es tracta la seguretat ni la neteja del laboratori i no es pot avaluar directament el treball de l'alumne.



Figura 12. Pàgina d'inici de Labovirtual. [Captura de pantalla]. (Hurtado Fernández, 2021a).

Taula 5. Llista de control de laboratoris virtuals

Nom del laboratori	Go-Lab	Smart Science	Educaplus	PhET	OLabs	Labster	ChemCollective	BASF	Labovirtual
Informació general									
Idioma	A, Cs, Ct	Tots	Cs	A, Cs, Ct	A	A, Cs	A, Cs, Ct	A, Cs	Cs
Camp d'investigació	F, Q, +	F, Q, +	F, Q, +	F, Q, +	F, Q, +	F, Q, +	Q	F, Q	F, Q
Curs	P, S, B	P, S, B	P, S, B	P, S, B	S, B	S, B, U	S, B	P, S	S, B
Gratuït	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí
Col·lecció	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No
Aspectes tècnics									
Maquinari	PC	PC, T, M	PC, T, M	PC, T, M	PC	PC	PC	PC	PC, T, M
Accés en línia o descàrrega	En línia	En línia	En línia	Ambdós	En línia	En línia	Ambdós	En línia	En línia
Disseny	2D	2D	2D	2D	2D	3D	2D	2D	2D
Intuïtiu	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí
Registre alumnes	No	Sí	No	No	No	No	No	No	No
Guarda progrés	No	Sí	No	No	No	Sí	No	No	No
Google Classroom	Depèn	No	No	Sí	No	Sí	No	No	No
Suport tècnic	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí

Taula 5 (continuació). Llista de control de laboratoris virtuals

Nom del laboratori	Go-Lab	Smart Science	Educaplus	PhET	OLabs	Labster	ChemCollective	BASF	Labovirtual
Aspectes pedagògics									
Nivell d'investigació	E, G, O	G	E, G, O	E, G, O	E, G, O	G, E	E, G, O	G, E	G
Activitats predissenyades	Algunes	Sí	Algunes	Algunes	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Experiments reals/impossibles	Ambdós	Reals	Ambdós	Ambdós	Reals	Ambdós	Reals	Reals	Ambdós
Elements de reforç	Alguns	No	No	Alguns	Sí	Sí	No	Sí	Alguns
Errors mesura	No	Sí	No	No	No	No	No/Sí	No	No/Sí
Seguretat laboratori	No	No	No	No	No	Sí	No	Sí	No
Neteja laboratori	No	No	No	No	No	No	No	Sí	No
Avaluació	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí/No	No	No

Nota. A la fila *idioma* es fa constar la llengua en la que es pot trobar la simulació: A. Anglès; Cs. Castellà; Ct. Català. A *camp d'investigació* hi ha les matèries tractades pels laboratoris virtuals: F. Física; Q. Química; +. Altres camps d'investigació distintes de física i química. A la següent fila queden reflectits els nivells als quals van dirigits els laboratoris: B. Batxillerat; P. Educació primària; S. Educació secundària; U. Estudis universitaris. La fila de *col·lecció* indica si el recurs és un recull de laboratoris de diferents fonts o no. La filera *maquinari* mostra els dispositius electrònics que es poden emprar: M. Mòbil intel·ligent; PC. Ordinador; T. Tauleta tàctil. La fila *registre alumnes* indica si és necessari registrar-se per accedir als laboratoris virtuals. A *nivell d'investigació* es mostra a quin nivell pertanyen els laboratoris segons la classificació de Cheung (2011): E. Investigació estructurada; G. Investigació guiada; O. Investigació oberta. A la fila *experiments reals/impossibles* s'especifica si les simulacions mostren pràctiques realitzables dins un laboratori o si inclouen variables que només es podrien dur a terme a un laboratori virtual. La darrera fila indica si el laboratori virtual permet fer una avaluació de les tasques de manera automàtica.

5. Proposta didàctica

5.1. 2n ESO

Laboratori virtual

La pràctica triada com a proposta didàctica per 2n d'ESO és el càlcul experimental de la densitat a partir de la massa i el volum d'un sòlid. Tot i que és una pràctica senzilla de realitzar a un laboratori físic, he trobat que el laboratori virtual té diferents avantatges. El primer és que no hi ha errors de mesura i d'aquesta manera és més fàcil establir una relació conceptual entre la massa, el volum i la densitat. El segon és el temps perquè per una banda els alumnes poden realitzar més experiments en menys temps i per tant tenen més temps per discutir els resultats. Per altra banda els estudiants que necessitin més temps per realitzar la pràctica la tenen disponible en qualsevol moment perquè és en línia. El tercer és que a un laboratori físic pot haver limitació de material i no tots els alumnes podrien participar de manera activa. En canvi, al laboratori virtual sí que participen tots.

Objectius

- Determinar experimentalment la massa i el volum d'un sòlid i calcular la densitat.
- Relacionar la densitat d'un cos amb la seva capacitat per surar o enfonsar-se en un líquid.

Continguts

Aquesta proposta didàctica està englobada al bloc 2, la matèria, de l'assignatura de física i química de 2n i 3r d'ESO segons el Decret 34/2015 pel qual s'estableix el currículum d'ESO. Es treballaran les propietats de la matèria, concretament la massa, el volum i la densitat.

Recursos

Els alumnes necessitaran una tauleta tàctil o un ordinador per accedir al laboratori virtual. Aquest laboratori en concret no funciona correctament a un mòbil intel·ligent perquè no es veu la simulació completa a pantalles petites. Tot i aquest petit inconvenient, he seleccionat aquest laboratori virtual perquè és gratuït i en línia, per tant l'accés és fàcil des de qualsevol dispositiu amb accés a la xarxa. L'ús és molt intuïtiu de manera que no és necessària una formació

prèvia i el disseny és senzill, atractiu i adequat pels joves. A més, permet dissenyar activitats d'investigació oberta i guiada. Opcionalment, a més de la tauleta o l'ordinador, els estudiants també poden necessitar paper, bolígraf i una calculadora.

Metodologia

La metodologia emprada en el disseny de les activitats és l'aprenentatge basat en investigació. Els alumnes partiran de conceptes o observacions que coneixen i han de construir nous coneixements a partir de l'experimentació. En aquest cas parteixen de l'observació que alguns cossos suren a l'aigua i altres no i han de construir el concepte de densitat a partir de la relació entre massa i volum. Tot i que l'ideal és que la investigació sigui oberta, aquesta serà guiada perquè serà una de les primeres investigacions que realitzaran els alumnes de 2n d'ESO. Primer s'han de familiaritzar amb el procés d'investigació amb l'ajuda de la professora o professor perquè algun dia arribin a elaborar investigacions obertes. No és estructurada, tot i que es podria dissenyar d'aquesta manera, perquè si partim d'una guiada la podem convertir en estructurada en cas necessari però no és possible fer-ho al revés. Un avantatge de les investigacions guiades és que poden ser més o menys guiades en funció de les necessitats de l'alumne.

Orientacions pel professorat

Es pot accedir al laboratori virtual a través de l'enllaç directe, mitjançant una cerca a la pàgina principal d'Educaplus o amb les paraules "educaplus laboratorio densidad" al cercador de Google. El laboratori és molt senzill tal i com es pot observar a la Figura 13. Apareixen 12 objectes a una prestatgeria que poden ser arrossegats a la balança electrònica per mesurar la massa, a una proveta amb líquid per mesurar el volum i a un vas per observar si aquests objectes suren o no. La densitat del líquid del vas pot modificar-se de dues maneres. La primera i la més intuïtiva és arrossegar el cercle taronja al llarg de la barra grisa fins al valor desitjat. La segona és escriure el valor al requadre del costat de la barra grisa. És necessari clicar fora del requadre perquè la nova densitat s'actualitzi. El valor de la densitat del líquid només pot estar comprès entre 0,2 g/mL i 10,0 g/mL, ambdós inclosos.

El temps recomanat per realitzar l'activitat és una sessió completa. Així els estudiants tenen temps de dissenyar l'experiment, recollir les dades i discutir els resultats per extreure unes conclusions. Fins i tot, si una sessió de classe no és suficient, podrien acabar l'activitat en horari extraescolar o a la següent sessió, segons el nombre d'alumnes que no hagin acabat, les preguntes que els quedin sense contestar i les dificultats que s'hagin trobat. L'activitat es podria realitzar de manera individual però recoman que es faci en grups de dos o tres alumnes per fomentar l'intercanvi d'idees entre els estudiants i el treball cooperatiu. El professor o professora podrà donar pistes i suggeriments a aquells alumnes que ho necessitin, per exemple, sobre com organitzar la recollida de dades.



Figura 13. Laboratori virtual de densitat. [Captura de pantalla]. (Peñas, 2021c).

Guia didàctica

Els alumnes són els protagonistes a l'activitat proposada, per tant, ells mateixos han de plantejar una hipòtesi, fer un disseny experimental, recollir les dades i elaborar unes conclusions. Que ells siguin els protagonistes no significa que el paper del docent sigui menys important. El professor és el guia dels joves en la investigació i ha d'estar al corrent de les seves necessitats. Les preguntes i problemes a les que s'enfrontin els estudiants han de ser reptes assolibles perquè de no ser així es poden frustrar. Tot i que han d'aprendre a gestionar aquest tipus de sentiment, és important que no es frustrin en excés perquè poden perdre tota la motivació per continuar amb la investigació. Per evitar-ho, la professora o professor ha de parar atenció al comportament dels alumnes i oferir pistes en cas necessari, a poder ser, en forma de preguntes. L'ajuda ha de ser personalitzada per cada grup.

L'activitat del laboratori de densitat (Annex 1) pot servir per introduir i desenvolupar el concepte de "densitat", per tant no cal introduir-ho amb antelació. Els conceptes de massa i volum sí que convé veure'ls abans. També seria beneficiós realitzar una activitat pràctica que consistiria en dur a l'aula dos objectes amb el mateix volum i diferent massa i altres dos amb la mateixa massa i diferent volum perquè els alumnes puguin tocar els objectes i comparar-los. Aquest tipus d'activitat, segons Caamaño (2004), es tractaria d'una experiència. Es pot realitzar abans, durant o després de l'activitat amb el laboratori virtual de densitat.

Els continguts que es tracten no són aliens als estudiants de 2n d'ESO, per tant tenen unes idees prèvies, que podrem observar amb el plantejament de la hipòtesi. Les més comuns seran relacionar la flotabilitat només amb la massa (o el pes perquè encara no coneixen la diferència) o el volum (la mida). També ens podem trobar que relacionin la flotabilitat amb la presència d'aire dins l'objecte. Normalment relacionaran la capacitat de surar només amb les característiques de l'objecte i no tindran en compte les característiques del líquid on es situa el cos (Napal Fraile et al., 2018). Totes aquestes hipòtesis poden ser refutades ràpidament amb el laboratori virtual, el que afavoreix el conflicte cognitiu.

El segon repte que es trobaran els alumnes és trobar la relació entre massa i volum per calcular la densitat. Alguns, a partir de les unitats sabran relacionar el fet que g/mL és una divisió però altres poden tenir problemes. Convé evitar donar la resposta directament perquè no seguiria un enfocament constructivista. Una opció seria fer-los veure que g/mL és una fracció i que una fracció és una divisió. El primer pas seria mostrar que g/mL és el mateix que escriure $\frac{g}{mL}$ i el segon mostrar que és el mateix que g:mL. Si encara tenen dificultats podem posar un exemple amb valors senzills com el següent: un cos de massa 10 g i volum 5 mL té una densitat de 2 g/mL, quina operació heu hagut de fer per calcular la densitat?

Una vegada saben com calcular la densitat han de dissenyar un experiment i anotar els resultats. L'ideal seria que obtinguessin una taula similar a la que es mostra a la Taula 6. No és necessari que sigui exactament igual. En lloc del número de l'objecte poden posar el nom i poden experimentar amb diferents valors de densitat del líquid. La part important és que siguin ordenats perquè, de no ser així, no podran establir relacions entre la flotabilitat i la densitat de l'objecte i la del líquid on se submergeix. El docent pot proposar als alumnes que presentin majors dificultats amb la recollida de dades que facin una graella. Fins i tot, en cas necessari, la investigació guiada podria ser estructurada i oferir la Taula 6 buida als alumnes que mostren més dificultats. És recomanable que emprin un full de càlcul perquè es familiaritzin amb el seu ús. A més, si l'entrega de les respostes és en línia, és millor que emprin una eina digital que no un paper.

En finalitzar la recollida de dades, els estudiants han d'interpretar els resultats per arribar a les conclusions i les han d'escriure. Durant aquesta fase el docent ha de vigilar que les conclusions no siguin errònies com que la flotabilitat depèn de la quantitat d'aire que conté l'objecte. És important que també vegin la rellevància de la densitat del líquid on se submergeix l'objecte. Si per exemple els alumnes conclouen que tots els objectes que contenen aire dins suren, podem demanar què passa idò amb la pilota de tennis quan la densitat del líquid és 0,5 g/mL (o qualsevol altre valor per sota de 0,8 g/mL). És possible

que no sàpiguen com és una pilota de tennis per dintre. Si és el cas, els hem de recomanar que ho cerquin a Internet.

Taula 6. Exemple de recollida de dades

Objecte	Massa (g)	Volum (mL)	Densitat (g/mL)	Sura?		
				d = 1 g/mL	d = 8 g/mL	d = 0,5 g/mL
1	18,7	13,0	1,44	No	Sí	No
2	12,4	10,5	1,18	No	Sí	No
3	40,0	50,0	0,80	Sí	Sí	No
4	60,0	7,1	8,45	No	No	No
5	8,0	7,0	1,14	No	Sí	No
6	79,0	30,0	2,63	No	Sí	No
7	2,2	21,4	0,10	Sí	Sí	Sí
8	34,0	22,0	1,55	No	Sí	No
9	111,0	46,0	2,41	No	Sí	No
10	13,0	63,0	0,21	Sí	Sí	Sí
11	65,0	40,0	1,63	No	Sí	No
12	103,0	113,0	0,91	Sí	Sí	No

Les preguntes 7, 8 i 9 de l'activitat (Annex 1) són per confirmar que han assimilat el concepte de densitat i la seva relació amb la flotabilitat. És possible que durant la resolució de les darreres preguntes sigui necessari explicitar a alguns alumnes que han d'explicar les respostes en funció de la densitat del cos i la del líquid. No s'ha afegit aquesta informació als enunciats per no donar pistes abans de temps.

Avaluació

Com a avaluació es proposa la pròpia activitat d'investigació (Annex 1). La podem entregar als estudiants impresa o penjar-la a la plataforma d'aprenentatge que s'empra al centre. Inclús, podríem afegir una tasca (a Google Classroom rep el nom de tasca amb test) amb totes les preguntes de manera que les respostes dels alumnes es recollirien automàticament, el que

facilitaria l'avaluació. A més, es proposa una rúbrica d'autoavaluació del treball cooperatiu a l'Annex 2.

5.2. 4t ESO

Laboratori virtual

A 4t d'ESO la proposta didàctica se centra en l'estudi dels moviments rectilini uniforme (MRU) i rectilini uniformement accelerat (MRUA). El principal avantatge de realitzar aquesta pràctica a un laboratori virtual és que no hi ha errors de mesura, el que facilita establir relacions entre les variables que intervenen a ambdós moviments. Aquest punt és important perquè l'activitat té un enfocament constructivista, per tant, els alumnes no coneixen amb anterioritat les relacions existents i els errors de mesura poden dificultar aquesta tasca. Altres avantatges, comuns als laboratoris virtuals, són que és possible repetir la pràctica tantes vegades com es desitgi i que no hi ha limitació de material, el que afavoreix la participació activa de tots els estudiants.

Objectius

- Deduir la fórmula matemàtica que relaciona les variables del MRU i del MRUA.
- Representar els resultats en gràfics de posició-temps i velocitat-temps.
- Interpretar les diferències entre MRU i MRUA a partir dels gràfics.

Continguts

La proposta didàctica està englobada al bloc 4, el moviment i les forces, de la matèria de física i química de 4t d'ESO segons el Decret 34/2015 pel qual s'estableix el currículum d'ESO. Es treballaran els conceptes de MRU i MRUA.

Recursos

Per accedir al laboratori virtual es necessita un mòbil intel·ligent, una tauleta tàctil o un ordinador, tots amb connexió a Internet perquè és en línia. L'accés és gratuït i el seu ús és molt intuïtiu. Apareix una breu explicació del funcionament a la pàgina però no és imprescindible. El disseny no és molt atractiu però funciona correctament i permet dissenyar activitats d'investigació oberta i guiada. A la pàgina web on trobam el laboratori virtual apareixen algunes

activitats d'investigació estructurada però no les seguirem degut a la metodologia emprada a la present proposta didàctica. A més del dispositiu electrònic amb accés a Internet, els alumnes poden necessitar paper, bolígraf i calculadora si no volen o no poden emprar alguna eina d'ofimàtica com un full de càlcul o un full de text.

Metodologia

En el disseny de les activitats partim d'un enfocament constructivista de l'ensenyament, concretament, aplicarem l'ABI perquè els alumnes descobreixin per ells mateixos els conceptes de MRU i MRUA a partir de la investigació. La investigació és lleugerament guiada però si fos necessari podria ser més guiada o inclús convertir-se en estructurada tot i que no és el recomanable pel seu aprenentatge.

Orientacions del professorat

El laboratori virtual emprat a l'activitat és del blog de Labovirtual. Podem accedir a través de l'enllaç directe o d'una cerca als continguts de física del blog o podem cercar "labovirtual movimiento rectilíneo" al cercador de Google. Com es pot veure a la Figura 14, el laboratori és senzill. A la part superior hi ha una cinta mètrica i un objecte que és el que es desplaçarà en línia recta. A l'esquerra hi ha quatre rectangles blaus on es mostra el temps en segons, la posició en metres, la velocitat en m/s i l'acceleració en m/s^2 . La posició, la velocitat i l'acceleració inicials poden modificar-se amb les fletxes que es troben al costat dels rectangles. A sota hi ha un botó que posa "Iniciar" abans de començar i "Anotar" una vegada ja ha començat a moure's l'objecte. Cada cop que clicam a "Anotar" apareixeran els valors corresponents a temps, posició i velocitat a la graella de la dreta.

L'activitat està dissenyada per realitzar-la en dues sessions. La primera sessió estaria dedicada a l'estudi del MRU i la segona al MRUA. Els alumnes que avancin més ràpid poden continuar amb la següent activitat. El problema final es pot realitzar o bé a classe o bé a casa. És recomanable que els estudiants realitzin la tasca en grups petits, de dos o tres alumnes, perquè compartir les idees amb els companys afavoreix l'aprenentatge però si són molts la seva participació disminueix.



Figura 14. Laboratori de moviment rectilini. [Captura de pantalla]. (Hurtado Fernández, 2021b).

Guia didàctica

L'activitat proposta a l'Annex 3 és una activitat d'introducció i desenvolupament de moviments rectilinis (MRU i MRUA). A partir de les seves investigacions els alumnes crearan nous coneixements al respecte, per tant no és necessari introduir amb anterioritat aquests moviments. Sí que seria beneficiós que ja hagin estudiat conceptes com la posició, la velocitat, el desplaçament, la trajectòria i l'espai recorregut. Els moviments rectilinis són un tipus de moviment que els estudiants observen al seu dia a dia i hem d'aprofitar aquest fet per motivar-los. L'elecció dels experiments serà lliure i podran fer tants com vulguin. Com hauran de recollir un gran nombre de resultats, seria recomanable que els alumnes empremsin un full de càlcul.

Durant l'experimentació podem ajudar a qui ho necessiti amb preguntes guiades com per exemple, què passa si la posició inicial no és zero o què ocorre si la velocitat o l'acceleració són negatives. És possible que alguns alumnes no arribin al complet desenvolupament de les fórmules per ells mateixos, especialment les del MRUA que són més complexes. De tota manera, el laboratori virtual els ajudarà a entendre les característiques de cada tipus de moviment i la procedència de les fórmules. A més, la interpretació dels resultats

en gràfics posició-temps i velocitat-temps és també un dels objectius i un dels punts on els alumnes solen mostrar més dificultats. Haver de representar els gràfics per primera vegada per ells mateixos afavorirà l'aprenentatge de la interpretació d'aquests.

El problema final és proper a l'experiència dels alumnes. Veuen que l'estudi de MRU i MRUA té aplicacions pràctiques a la vida real, el que fa que estiguin més motivats per resoldre'l. Es poden trobar amb diferents dificultats en la resolució del problema. La primera és entendre quin tipus de moviment, MRU o MRUA, es dona en cada moment. La segona és emprar les unitats correctes. A la taula els valors apareixen amb diferents unitats i s'han de fixar en això. La tercera és tenir present que quan el patinet desaccelera es tracta també d'un MRUA i l'han de tenir en compte en el càlcul de la distància màxima. En aquest cas, l'acceleració tindrà un valor negatiu i la velocitat inicial no serà zero, dos punts que solen confondre als estudiants. La darrera dificultat que es podrien trobar és en la realització dels gràfics, sobretot el de posició-temps perquè la posició final és un nombre molt elevat comparat amb els nombres que estan més ayesats a representar.

Avaluació

D'aquesta proposta didàctica són avaluables l'informe de la darrera activitat i el treball cooperatiu mitjançant la rúbrica de l'Annex 2.

5.3. 2n Batxillerat

Laboratori virtual

La pràctica de 2n de batxillerat triada és una volumetria àcid-base. Aquesta pràctica es realitza habitualment a un laboratori físic, però la investigació sol ser estructurada degut a la limitació del temps. Els alumnes d'aquest nivell poden beneficiar-se molt d'una investigació oberta o lleugerament guiada i amb el laboratori virtual és possible gràcies a que poden dedicar-hi més temps. Un altre avantatge és que poden fer tantes proves com vulguin, no només perquè no hi ha limitació de temps sinó perquè tampoc hi ha limitació de reactius, per tant si s'equivoquen o volen provar altres alternatives, poden repetir

l'experiment sense cost extra. A més, a alguns centres pot ser que no hi hagi material suficient per tothom el que limita la participació activa dels alumnes.

Objectius

- Descriure el procés experimental per realitzar una volumetria àcid-base.
- Determinar, mitjançant una volumetria àcid-base, la concentració d'una base o àcid.

Continguts

Aquesta proposta didàctica està englobada al bloc 3, reaccions químiques, de la matèria de química de 2n de batxillerat segons el Decret 35/2015 pel qual s'estableix el currículum de batxillerat. Es treballaran els conceptes d'àcid-base, dissolució i volumetria.

Recursos

El laboratori virtual de volumetria només es pot visualitzar a un ordinador perquè a pantalles tàctils no funciona correctament. He escollit aquest laboratori perquè és ideal perquè els alumnes aprenguin a fer una volumetria àcid-base per ells mateixos. A més, és gratuït i en línia. Només es pot visualitzar en anglès però no ho he trobat un inconvenient. Per emprar totes les funcionalitats del laboratori els alumnes haurien de llegir el manual d'ús o visualitzar el vídeo explicatiu però no serà necessari per l'activitat que durem a terme. El disseny no és molt atractiu però tampoc és un gran impediment pels alumnes de 2n de batxillerat. El major avantatge és que el propi laboratori ve acompanyat d'una activitat d'investigació oberta que serà la que hauran de completar els alumnes. A més de l'ordinador els alumnes necessitaran paper, material per escriure i una calculadora, ja que hauran de fer diferents càlculs.

Metodologia

La metodologia, al igual que a la resta de propostes didàctiques, és l'ABI. En aquest cas, els estudiants parteixen dels conceptes que coneixen (àcid-base, reacció de neutralització i dissolució) i han de construir per ells mateixos el procediment a seguir per realitzar una valoració àcid-base. La investigació serà oberta tot i que si necessiten ajuda poden demanar al professor o professora. Podria haver sigut guiada però trobo que els alumnes de 2n de batxillerat tenen

la suficient maduresa com per fer front a una investigació oberta. Tot i així, sempre es pot tornar guiada en cas necessari.

Orientacions pel professorat

L'accés al laboratori virtual es pot fer a través de l'enllaç directe però també podem accedir a la pàgina principal de ChemCollective. El laboratori de l'activitat rep el nom de "Determine the Concentration of the Unknown Strong Acid" i es troba a "Acid-Base Chemistry" que a la seva vegada es troba dins "Autograded problems". El laboratori virtual és el que veim a la Figura 14. A l'esquerra es troba la llista de materials i reactius que podem necessitar per realitzar la pràctica. Hi ha més dels necessaris, el que reflexa una situació real de laboratori. Amb un sol clic damunt ells podem moure'ls a l'espai de treball. Per eliminar-los de l'espai de treball hem de clicar amb el botó dret del ratolí al damunt i escollir l'opció "Remove". Els materials i reactius poden interactuar entre ells si arrossegam un damunt l'altre. Per exemple, si volem transvasar aigua d'un erlenmeyer a un matràs aforat, arrossegam l'erlenmeyer al damunt del matràs aforat i ens apareixerà un requadre. Aquest requadre ens dona l'opció d'escriure el volum precís que volem, d'emprar xifres significatives (només accepta valors apropiats al material que empram) o de transvasar líquid mentre es manté pitjat un botó (en aquest darrer cas hi haurà error humà). Si al finalitzar la pràctica la resposta és correcta, el programa deixa descarregar un justificant. Si l'alumne decideix repetir la pràctica els valors canviaran, per tant els càlculs seran diferents.

Com es tracta d'una investigació oberta, és recomanable que l'activitat la realitzin per parelles tot i que es pot fer també individualment. A més, si els alumnes estan avesats a treballar per parelles al laboratori físic, seria beneficiós que també treballassin per parelles al laboratori virtual. L'activitat es pot dur a terme durant una sessió de classe o en horari extraescolar com a deures, en funció de la planificació i de les sessions de classe disponibles.

Determine the Concentration of the Unknown Strong Acid

In this activity you will use the virtual lab to determine the concentration of a strong monoprotic acid. To do this, you can perform a titration using NaOH and phenolphthalein found in the virtual lab. (Note: The concentration of the acid is between 0.025M and 2.5M so you will need to dilute the NaOH solution so that the volume to reach the endpoint is between 10 and 50 mL).

Once you have determined the concentration of the acid, please enter your answer into a form at the bottom of this page.

The screenshot shows the 'Virtual Lab' interface. At the top, there is a menu with 'File', 'Edit', 'View', and 'Help'. The title bar indicates 'EN' and 'Unknown Acid Problem'. The main area is divided into two sections: 'Stockroom' on the left and 'Workbench 1' on the right. The 'Stockroom' section contains four items, each with a plus sign to add it to the workbench:

- Distilled H₂O / Distilled Water / 3.0 L
- 10.0 M NaOH / 10.0 M Sodium Hydroxide / 0.1 L
- Unknown Acid / 0.1 L
- Phenolphthalein / Phenolphthalein Indicator Solution / 0.1 L

The 'Workbench 1' section is currently empty. At the bottom of the interface, there is a text input field with the prompt: 'What is the concentration of the acid (Please use three significant figures for your answer)'. Below the input field is a 'Check' button.

Figura 15. Laboratori virtual de valoració àcid-base. [Captura de pantalla].
(ChemCollective, s. d.c).

Guia didàctica

Els estudiants tenen el control total de la pràctica. El paper del docent queda relegat a un segon pla per resoldre algun dubte puntual que puguin tenir els alumnes. L'activitat de l'Annex 4 serveix per introduir el procediment d'una valoració àcid-base sense cap explicació prèvia al respecte tot i que sí que és necessari que ja hagin vist els conceptes d'àcid-base i reaccions de neutralització. Poder realitzar una investigació oberta a un laboratori virtual sense limitació de temps ni reactius beneficia als alumnes perquè poden repetir l'experiment tantes vegades com vulguin. En finalitzar la pràctica hauran dissenyat per ells mateixos un protocol de volumetria àcid-base, per tant

l'aprenentatge serà més significatiu que si els haguéssim entregat un protocol ja escrit que només haguessin de memoritzar.

Una de les errades que podem trobar en els protocols dels estudiants és en l'ús de materials. Per exemple, per passar 10 mL d'una dissolució a un matràs aforat, amb el laboratori virtual tenim com a opció ràpida abocar el volum desitjat directament al matràs. Si bé pot ser un avantatge perquè podem treballar més ràpid quan volem repetir alguna passa, a un laboratori físic hauríem d'agafar una pipeta o una proveta. Una manera de corregir els protocols seria realitzar la mateixa pràctica a un laboratori físic, si és possible, i que cada grup d'alumnes empri el seu protocol. Amb tot i això, el protocol general, que és el que els poden demanar a les proves d'accés a la Universitat, el tindrien clar.

Com hi ha més de 15 resultats diferents disponibles al laboratori virtual, una activitat interessant a realitzar després de la pràctica virtual seria fer una discussió on els alumnes exposessin els seus protocols i expliquessin quins problemes s'han trobat i quines decisions van haver de prendre. Així tots podrien aprendre dels experiments dels altres companys.

Avaluació

El protocol és avaluable. Si es fa la pràctica al laboratori físic es pot avaluar abans o després d'aquesta pràctica. També seria avaluable la intervenció a la discussió. Cada alumne podria coavaluar un company mitjançant la rúbrica de coavaluació de l'Annex 5.

6. Conclusions

Al present treball he definit un laboratori virtual com una simulació a la qual s'accedeix a través d'un dispositiu electrònic com un ordinador, tauleta tàctil o mòbil intel·ligent, que mostra un entorn de laboratori real i es pot interactuar amb distintes variables per realitzar experiments. Aquesta definició m'ha servit per concretar la cerca de laboratoris però hem de tenir present que el fet que sigui un laboratori virtual no el fa necessàriament millor que un altre tipus de simulació. Els recursos s'han d'adaptar a les nostres necessitats i si una simulació que no mostra un entorn de laboratori s'adapta millor que un laboratori virtual, no l'hem de descartar. A més, no hi ha consens en la definició de laboratori virtual. La línia entre simulació i laboratori és difusa i segons la tendència pareix que "simulació" i "laboratori virtual" acabaran sent sinònims.

Ambdós tipus de laboratoris, físics i virtuals, presenten avantatges i inconvenients. Els laboratoris virtuals poden ajudar a entendre millor alguns conceptes mentre que els físics són els únics on els alumnes poden aprendre habilitats pràctiques. Per aquests motius, sempre que s'afavoreixin les investigacions obertes i guiades sobre les estructurades, pens que la millor solució no és decidir-se per un o l'altre sinó emprar ambdós. A diversos estudis s'ha vist que només realitzar pràctiques físiques o virtuals no és tan avantatjós com la seva combinació, que en general és igualment profitosa independentment de si primer es realitza la pràctica virtual o la física (de Jong et al., 2013). En alguns casos, sobretot quan el muntatge o el protocol de l'experiment és complicat, tal vegada seria millor primer fer la pràctica virtual abans de la física perquè els alumnes es familiaritzin amb l'experiment. Al contrari, si el muntatge és senzill, podrien fer primer l'experiment físic i després el virtual. Inclús en alguns casos es recomana fer pràctiques físiques i virtuals intercalades (Puntambekar et al., 2021). Per exemple, a la proposta didàctica de 2n de batxillerat vaig trobar beneficis pels alumnes realitzar primer una activitat virtual i després una física perquè puguin dissenyar un protocol per ells mateixos sense la limitació del temps. Donada la complexitat a l'hora de decidir el tipus de pràctiques a realitzar és important formar els docents en aquest àmbit de manera que puguin prendre decisions més encertades. Han de saber

aprofitar els avantatges que ofereixen ambdós tipus de laboratoris per dissenyar les classes. També han de saber guiar els alumnes en el seu aprenentatge des d'un enfocament constructivista perquè sigui significatiu (de Jong et al., 2013).

Existeix una gran varietat de laboratoris virtuals. Per una banda això suposa un avantatge perquè tenim moltes opcions disponibles i per tant tenim més possibilitats de trobar un laboratori que s'adapti a les necessitats dels alumnes i docents. Per altra banda, aquesta varietat pot ser una mica angoixant per les professores i professors que es decideixen a emprar laboratoris virtuals per primera vegada. Per tenir un primer contacte recomanem emprar Go-Lab perquè és una col·lecció de simulacions i laboratoris virtuals de diferents creadors. Ens permet filtrar per matèria, bloc temàtic, edat i idioma, el que afavoreix la cerca de recursos.

Els laboratoris virtuals més versàtils són els que presenten un disseny més senzill, com per exemple, els que trobam a Educaplus, Labovirtual o PhET. La senzillesa d'aquest tipus de laboratoris, tot i que els fan menys atractius, permet dissenyar activitats d'investigació estructurada, guiada i oberta a una mateixa simulació i per distints nivells. A les tres pàgines esmentades hi ha activitats elaborades per altres docents però no estam limitats al seu ús perquè l'activitat no està inclosa al disseny de la simulació com és el cas d'altres laboratoris més complexos. Els laboratoris de pagament esmentats al present treball, Smart Science i Labster, són d'aquest tipus. Els docents no han de dissenyar cap activitat i a més les qualificacions dels alumnes es recullen de manera automàtica. El treball del professor es simplifica molt però les activitats potser no encaixen amb el currículum d'educació o no s'adapten a les necessitats dels estudiants. En aquest cas hem de prioritzar l'aprenentatge dels joves per damunt de la comoditat del docent. En definitiva, no podem dir que existeixi un laboratori virtual perfecte per qualsevol situació però sí que hi ha suficient varietat per escollir i que els alumnes practiquin l'ABI.

7. Referències

- Adobe Flash Player End of Life. (2021, gener 13). *Adobe Flash Player EOL General Information Page*. Recuperat 7 abril 2021, de <https://www.adobe.com/es/products/flashplayer/end-of-life.html>
- Babateen, H. M. (2011). The role of virtual laboratories in science education. *IPCSIT*, 12, 100-104. <http://www.ipcsit.com/list-44-1.html>
- BASF. (s. d.a). *Virtual Lab*. Recuperat 16 maig 2021, de <https://basf-es.kids-interactive.de/>
- BASF. (s. d.b). *Detall del laboratori d'aigua bruta*. Recuperat 1 juny 2021 de <https://basf-es.kids-interactive.de/>
- Boesdorfer, S. B., i Livermore, R. A. (2018). Secondary school chemistry teacher's current use of laboratory activities and the impact of expense on their laboratory choices. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(1), 135-148. <https://doi.org/10.1039/C7RP00159B>
- Bravo Faytong, F. A., Morán Borja, L. M., i Baidal Bustamante, E. F. (2019, octubre). Laboratorio físico vs virtual: preferencia de los estudiantes en el aprendizaje del movimiento rectilíneo uniforme acelerado. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*. <https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/10/laboratorio-fisico-virtual.html>
- Caamaño, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos? *Alambique*, 39, 8-19. <https://bit.ly/3gnWbC8>
- Cataldi, Z., Dominghini, C., Chiarenza, D., i Lage, F. J. (2012). TICs en la enseñanza de la química: propuesta de evaluación laboratorios virtuales de química (LVQs). *TEyET*, 7, 50-59. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/18288>
- ChemCollective. (s. d.a). *Online Resources for Teaching and Learning Chemistry*. Recuperat 16 maig 2021, de <http://www.chemcollective.org/>
- ChemCollective. (s. d.b). *Detall del laboratori de concentració de sacarosa*. Recuperat 5 juny 2021 de <http://chemcollective.org/activities/vlab/66>
- ChemCollective. (s. d.c). *Laboratori virtual de valoració àcid-base*. Recuperat 5 juny 2021 de <http://chemcollective.org/activities/autograded/124>

- Cheung, D. (2011). Teacher beliefs about implementing guided-inquiry laboratory experiments for secondary school chemistry. *Journal of Chemical Education*, 88(11), 1462-1468. <https://doi.org/10.1021/ed1008409>
- Constantinou, C. P., Tsivitanidou, O. E., i Rybska, E. (2018). What Is Inquiry-Based Science Teaching and Learning? Dins O. Tsivitanidou, P. Gray, E. Rybska, L. Louca, i C. Constantinou (Eds.), *Professional Development for Inquiry-Based Science Teaching and Learning* (pp. 1-23). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91406-0_1
- Cuadros, J. (2010). Portant el laboratori virtual a l'aula de química: alguns coms i alguns perquès. *Educació química*, 6, 4-12. <https://www.raco.cat/index.php/EduQ/article/view/220194>
- Decret 34/2015, de 15 de maig, pel qual s'estableix el currículum de l'educació secundària obligatòria a les Illes Balears. *Butlletí Oficial de les Illes Balears*, núm. 73, sec. I, 16 de maig de 2015, p.25016-25302.
- Decret 35/2015, de 15 de maig, pel qual s'estableix el currículum del batxillerat a les Illes Balears. *Butlletí Oficial de les Illes Balears*, núm. 73, sec. I, 16 de maig de 2015, p.25303-25710.
- de Jong, T., Linn, M. C., i Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>
- Domènech Girbau, M. (2008). L'aula de ciències de secundària: de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC) a les tecnologies de l'aprenentatge i el coneixement (TAC), dels continguts a les competències. *Ciències*, 11, 20-22. <https://bit.ly/2TjsQkq>
- elearning. (s. d.). *Cal Poly Pomona*. Recuperat 6 maig 2021, de <https://elearning.cpp.edu/learning-objects/>
- Fernández Miravete, Á. D. (2018). La competencia digital del alumnado de educación secundaria en el marco de un proyecto educativo TIC (1:1). *EDUTEC*, 63, 60-72. <https://doi.org/10.21556/edutec.2018.63.1027>
- Ghergulescu, I., Lynch, T., Bratu, M., Moldovan, A.-N., Muntean, C. H., i Muntean, G. M. (2018). STEM education with atomic structure virtual lab

- for learners with special education needs. Dins L. Gómez Chova, A. López Martínez, i I. Candel Torres (Eds.), *EDULEARN18 Proceedings* (pp. 8747-8752). IATED Academy. <https://bit.ly/3cAifwe>
- Go-Lab. (s. d.a). *Online Labs*. Recuperat 16 maig 2021, de <https://www.golabz.eu/>
- Go-Lab (s. d.b). *Cercador de laboratoris virtuals de Go-Lab*. Recuperat 31 maig 2021 de <https://www.golabz.eu/labs?type=1205>
- Hurtado Fernández, S. (2021a). *Pàgina d'inici de Labovirtual*. Recuperat 1 juny 2021 de <https://labovirtual.blogspot.com/>
- Hurtado Fernández, S. (2021b). *Laboratori de moviment rectilini*. Recuperat 6 juny 2021 de <https://labovirtual.blogspot.com/2013/07>
- Infante Jiménez, C. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista mexicana de investigación educativa*, 19(62), 917-937. <https://bit.ly/359uqYu>
- Keller, H. E., i Keller, E. E. (2005). Making Real Virtual Labs. *Science Education Review*, 4(1), 2-11. <https://bit.ly/3xg55YW>
- Kelley, E. W. (2020). Reflections on Three Different High School Chemistry Lab Formats during COVID-19 Remote Learning. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2606-2616. <https://bit.ly/3gchgQQ>
- Klahr, D., Triona, L. M., i Williams, C. (2007). Hands on what? The relative effectiveness of physical versus virtual materials in an engineering design project by middle school children. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 183-203. <https://doi.org/10.1002/tea.20152>
- Labster. (2021a). *The World's Leading Provider of Virtual Science Labs*. Recuperat 16 maig 2021, de <https://www.labster.com/>
- Labster. (2021b). *Catàleg de simulacions de Labster*. Recuperat 1 juny 2021 de <https://www.labster.com/simulations/>
- Labster. (2021c). *Simulació de seguretat al laboratori*. Recuperat 1 juny 2021 de <https://www.labster.com/try/>
- LabXchange. (s. d.). Recuperat 16 maig 2021 de <https://www.labxchange.org/>

- Llei orgànica 3/2020, de 29 de desembre, per la qual es modifica la Llei orgànica 2/2006, de 3 de maig, d'educació. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 340, sec. I, 30 de desembre de 2020, p. 122868-122853.
- Llort, J. M. (2006). Les pràctiques virtuals en l'ensenyament de la biologia. *Treballs de la Societat Catalana de Biologia*, 57, 143-154. <https://www.raco.cat/index.php/TreballsSCBiologia/article/view/256574>
- Monge Nájera, J., i Méndez Estrada, V. H. (2007). Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: la opinión del estudiantado en un proyecto de seis años de duración. *Revista Educación*, 31(1), 91-108. <https://doi.org/10.15517/REVEDU.V31I1.1255>
- Moya López, M. (2013). De las TICs a las TACs: la importancia de crear contenidos educativos digitales. *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, 27. <https://raco.cat/index.php/DIM/article/view/275963>
- Napal Fraile, M., Echevarría Morrás, J., Zulet González, A., Santos Cervera, L., i Ibarra Murillo, J. (2018). Estrategias del alumnado de Educación Secundaria para estimar la densidad. *Enseñanza de las ciencias*, 36(1), 61-78. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2215>
- National Science Digital Library. (s. d.). Recuperat 16 maig 2021, de <https://nsdl.oercommons.org/>
- National Science Teaching Association. (2007). *The Integral Role of Laboratory Investigations in Science Instruction*. Recuperat 5 abril 2021, de <https://www.nsta.org/nstas-official-positions/integral-role-laboratory-investigations-science-instruction>
- National Science Teaching Association. (2020). *Nature of Science*. Recuperat 5 abril 2021, de <https://www.nsta.org/nstas-official-positions/nature-science>
- OLabs. (2021a). *Pàgina d'inici d'OLabs*. Recuperat 31 maig 2021 de <http://www.olabs.edu.in/>
- OLabs. (2021b). *Detall dels laboratoris de física d'OLabs*. Recuperat 31 maig 2021 de <http://www.olabs.edu.in/?pg=topMenu&id=40>
- Peñas, J. (2021a). *Pàgina d'inici d'Educaplus*. Recuperat 31 maig 2021 de <https://www.educaplus.org/>

- Peñas, J. (2021b). *Detall del laboratori de Graham*. Recuperat 31 maig 2021 de <https://www.educaplus.org/game/laboratorio-ley-de-graham>
- Peñas, J. (2021c). *Laboratori virtual de densitat*. Recuperat 3 juny 2021 de <https://www.educaplus.org/game/laboratorio-de-densidad>
- PhET. (2021a). *Interactive Simulations for Science and Math*. Recuperat 16 maig 2021, de <https://phet.colorado.edu/>
- PhET. (2021b). *Cercador de simulacions de PhET*. Recuperat 31 maig 2021 de <https://phet.colorado.edu/en/simulations/filter?type=html&sort=alpha&view=grid>
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., i Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: a review. *Computers & Education*, 95, 309-327. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>
- Puntambekar, S., Gnesdilow, D., Dornfeld Tissenbaum, C., Narayanan, N. H., i Rebello, N. S. (2021). Supporting middle school students' science talk: a comparison of physical and virtual labs. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(3), 392-419. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.21664>
- Romero-Ariza, M., Quesada, A., Abril, A. M., Sorensen, P., i Oliver, M. C. (2020). Highly recommended and poorly used: English and Spanish science teachers' views of inquiry-based learning (IBL) and its enactment. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(1), em1793. <https://doi.org/10.29333/ejmste/109658>
- Smart Science. (2021a). *Virtual Science Labs & Digital Science Lessons*. Recuperat 16 maig 2021, de <https://www.smartscience.online/>
- Smart Science. (2021b). *Experiment de coets d'aigua*. Recuperat 31 maig 2021 de <http://www.smartsciencelab.com/>
- Tatli, Z., i Ayas, A. (2010). Virtual laboratory applications in chemistry education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 9, 938-942. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.263>
- Valarezo Castro, J. W., i Santos Jiménez, O. C. (2019). Las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento en la formación docente. *Conrado*, 15(68), 180-186. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/1003>

Yildirim, F. S. (2021). The effect of virtual laboratory applications on 8th grade students' achievement in science lesson. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 7(2), 171-181. <https://www.jeseh.net/index.php/jeseh/article/view/436>

8. Bibliografía

Cataldi, Z., Chiarenza, D., Dominghini, C., i Lage, F. J. (2011). Clasificación de laboratorios virtuales de química y propuesta de evaluación heurística. *XIII Workshop de Investigadores En Ciencias de La Computación*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19937>

Cuadros, J., Mas, F. G. i, i Artigas, C. (2013). Activitats contextualitzades en el laboratori virtual. *Educació Química*, 48–55. <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.106>

European Comission. (2007). *Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. <https://op.europa.eu/s/pe7s>

Ghergulescu, I., Moldovan, A. N., Muntean, C. H., i Muntean, G. M. (2019). Atomic structure interactive personalised virtual lab: Results from an evaluation study in secondary schools. *CSEDU 2019 - Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Education*, 1, 605–615. <https://doi.org/10.5220/0007767806050615>

Makransky, G., Borre-Gude, S., i Mayer, R. E. (2019). Motivational and cognitive benefits of training in immersive virtual reality based on multiple assessments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(6), 691–707. <https://doi.org/10.1111/jcal.12375>

Mazzitelli, C., Maturano, C., Núñez, G., i Pereira, R. (2017). Identificación de dificultades conceptuales y procedimentales de alumnos y docentes de EGB sobre la flotación de los cuerpos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 3(1), 33–50. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3878>

Méndez Coca, D. (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de

- enseñanza en su interés. *Educación XX1*, 18(2), 215-235.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70638708009>
- Mostafa, T., Echazarra, A., i Guillou, H. (2018). *The science of teaching science: An exploration of science teaching practices in PISA 2015*. OECD Education Working Papers, 188, OECD Publishing, Paris.
<https://doi.org/10.1787/f5bd9e57-en>
- Müssig, J., Clark, A., Hoermann, S., Loporcaro, G., Loporcaro, C., i Huber, T. (2020). Imparting materials science knowledge in the field of the crystal structure of metals in times of online teaching: a novel online laboratory teaching concept with an augmented reality application. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2643–2650.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00763>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2006). *Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies*.
<https://www.oecd.org/sti/inno/globalscienceforumreports.htm>
- Selco, J. I. (2020). Using Hands-On Chemistry Experiments while Teaching Online. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2617–2623.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00424>
- Yusuf, I., i Widyaningsih, W. (2020). Implementing E-Learning-Based Virtual Laboratory Media to Students' Metacognitive Skills. *IJET*, 15(5), 63–74.
<https://doi.org/10.3991/ijet.v15i05.12029>

9. Annexos

Annex 1: Activitat d'investigació de 2n d'ESO

Per què suram a l'aigua?

Si heu anat mai a la platja o a la piscina, haureu pogut veure molta gent nedant i jugant a l'aigua. Les persones podem surar a l'aigua al igual que les pilotes de platja o els flotadors, però hi ha objectes com les ulleres de busseig, l'arena o les pedres de la platja que sí que s'enfonsen quan cauen a la mar. Investiguem per què passa això!

1. Abans de començar amb la investigació, escriviu la vostra hipòtesi:

Els cossos s'enfonsen a l'aigua perquè...

2. Entrau al [laboratori virtual](#) i jugau un poc per descobrir què podeu modificar.
3. Com podeu veure al laboratori, les unitats de la densitat són **g/mL**. Quina operació heu de fer per calcular la densitat a partir dels valors de la massa i el volum?
4. Dissenyau un experiment per comprovar de què depèn que s'enfonsi un objecte i anoteu els resultats de manera ordenada.
5. Analitzau els resultats i compareu-los amb la vostra hipòtesi. La confirmen o la desmenteixen?
6. Quines són les conclusions a les que heu arribat?
7. La densitat de l'aigua és 1,0 g/mL. Quins dels objectes del laboratori surarien? Per què?
8. Per què suram les persones a l'aigua?
9. La mar Morta és un llac molt salat (més que l'aigua de la mar) que es troba a Àsia i la seva densitat és de 1,24 g/mL.
 - a. Què és el que fa que la densitat de la mar Morta sigui superior a l'aigua de la mar?
 - b. Si intentam nedar allà, surarem amb més facilitat que a la mar o ens enfonsarem? Per què?

Annex 2: Rúbrica d'autoavaluació del treball cooperatiu

	Expert 4	Avançat 3	Aprenent 2	Novell 1	Puntuació
Implicació	Tots ens hem implicat molt.	Tots ens hem implicat però no al mateix nivell.	Qualcú no s'ha implicat gens.	Una sola persona ha fet tota la feina.	
Planificació	Ens hem organitzat molt bé i hem pogut entregar les tasques a temps i ajudar als companys d'altres grups.	Ens hem organitzat bé i hem entregat les tasques a temps.	Ens ha costat molt organitzar-nos però amb un poc d'ajuda hem pogut entregar les tasques.	Ens ha costat molt organitzar-nos i tot i rebre ajuda ens ha costat molt acabar les tasques en el temps establert/no les hem pogut entregar.	
Autonomia	Hem resolt les tasques en equip sense ajuda externa.	Quasi no hem necessitat ajuda externa.	Algunes vegades hem necessitat ajuda.	Hem necessitat molta ajuda.	
Com ha funcionat el grup?	Molt bé!	Bé.	Hem tengut alguns conflictes però els hem resolt amb un poc d'ajuda externa.	Hem tengut molts conflictes i hem necessitat ajuda externa constantment per resoldre'ls.	
Puntuació total:					

Annex 3: Activitat d'investigació de 4t d'ESO

Moviments rectilinis

El departament de català vol premiar amb un patinet elèctric al guanyador del concurs literari d'enguany. Han trobat diferents models i volen escollir el que permeti recórrer una major distància abans que s'acabi la bateria. He pensat que seria bona idea passar-vos aquest problema, però... oh no! Encara no hem vist ni el moviment rectilini uniforme (MRU) ni el moviment rectilini uniformement accelerat (MRUA). Ràpid, al [laboratori virtual!](#)

- Abans de començar, pensau quina diferència principal hi pot haver entre el MRU i el MRUA. Si no la sabeu, feis una cerca ràpida a la xarxa.
- Investigau com es relacionen la posició, la velocitat, el temps i l'acceleració en els MRU i MRUA.
 1. Dissenyau un experiment.
 2. Anotau els resultats de manera ordenada i representau-los en gràfics.
 3. Quines són les conclusions?
- Quines diferències hi ha entre els gràfics de MRU i els de MRUA?
- Ara ja podeu ajudar-nos a decidir patinet. Com hem d'entregar un informe al departament de català, a més dels càlculs feis un gràfic velocitat-temps i un gràfic posició-temps on es visualitzi la informació dels tres patinets. A la taula trobareu la informació trobada a Internet.

Model	Acceleració	Velocitat màxima	Duració bateria*
Rapinet	v màx en 9,2 segons	24,84 km/h	60 minuts
Ciaoni	v màx en 6 segons	6 m/s	1,5 hores
iRoll	v màx en 13 segons	23,4 km/h	90 minuts

* Passat aquest temps els tres patinets s'aturen en 30 segons.

Annex 4: Activitat d'investigació de 2n de batxillerat

Volumetria àcid-base

Accediu al següent [enllaç](#) i realitzau l'activitat proposada. Anotau el protocol detallat amb els materials i reactius emprats.

Una vegada finalitzada la pràctica heu d'escriure el resultat obtingut a la casella disponible a sota del laboratori virtual i clicar a "Check" per descarregar el justificant.

Nota: cada vegada que actualitzau la pàgina del laboratori virtual canvia la concentració d'àcid, per tant la resposta serà diferent.

Annex 5: Rúbrica de coavaluació de la discussió

	Expert 4	Avançat 3	Aprenent 2	Novell 1	Puntuació
Coneixement del tema	L'alumne mostra un gran domini del contingut.	L'alumne mostra bastant domini del contingut.	L'alumne mostra un domini bàsic del contingut.	L'alumne no ha assimilat el contingut.	
Organització del discurs	El discurs està estructurat de manera lògica.	El discurs està generalment estructurat de manera lògica.	El discurs de vegades no té una estructura clara.	El discurs no està gens estructurat.	
Comunicació verbal	El to de veu, el ritme d'exposició i el vocabulari emprat són correctes.	El to de veu o el ritme d'exposició no han sigut del tot adequats però s'ha entès el missatge. El vocabulari emprat és correcte.	El to de veu ni el ritme d'exposició no han sigut adequats però s'ha entès el missatge. El vocabulari emprat és un poc escàs.	El to de veu ni el ritme d'exposició no han sigut adequats i ha costat entendre el missatge. El vocabulari emprat és escàs.	
Comunicació no verbal	L'alumne transmet molta seguretat i manté el contacte visual amb els seus companys.	L'alumne es mostra segur i sol mantenir el contacte visual amb els seus companys.	L'alumne no es mostra segur i no sol mantenir el contacte visual.	L'alumne no es mostra gens segur i no manté el contacte visual.	
Puntuació total:					