

ESTAT DE L'ART DE
LES TECNOLOGIES
STEM AMB
APLICACIONS A
L'AULA

Autores

Belén López, Rafael Marín, Laura Rubio, David Segarra (FCRi) amb la col·laboració de Martí Badal



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

ÍNDEX

INTRODUCCIÓ.....	2
TECNOLOGIES CONSOLIDADES.....	3
PROGRAMACIÓ.....	3
ROBÒTICA.....	6
LABORATORIS REMOTS VIRTUALS.....	9
VIDEOJOCs EDUCATIUS.....	11
EXPERIMENTS DE BAIX COST.....	16
TECNOLOGIES EMERGENTS.....	18
DIMPRESSIÓ 3D.....	18
ÒPTICA I FOTÒNICA.....	21
NANOTECNOLOGIA.....	23
ANNEX.....	27
ANNEX I.....	27

INTRODUCCIÓ

L'objectiu principal del projecte sySTEAM és incrementar l'ús de l'educació STEAM, tot garantint la qualitat i l'execució de l'aprenentatge basat en projectes, basats en problemes i transdisciplinaris.

Aquest informe sobre l'estat de l'art de les tecnologies existents i emergents que s'utilitzaran a l'aula és el primer pas per aconseguir aquest objectiu.

La selecció de tecnologies presentades aquí implica un ampli ventall de possibilitats perquè cada escola pugui identificar les aplicacions que millor s'adaptin a les seves necessitats. Són tecnologies amb diferents graus de maduresa i desenvolupament a tot el món (per tant, han estat classificats com a "consolidats" o "emergents") i que s'han considerat adequades per la seva capacitat de mobilitzar projectes STEM transversals.

Per a cada tecnologia s'han analitzat diversos aspectes: principi subjacent, antecedents històrics, aplicacions pràctiques, connexió educativa i exemples pràctics. La intenció ha estat donar una visió general general per ajudar els professors de Ciències a preparar alumnes més creatius, de resolució de problemes i crítics per al futur.

A aquest informe li seguirà un altre que presentarà un conjunt de directrius per implementar aquestes tecnologies a l'aula.

TECNOLOGIES CONSOLIDADES

PROGRAMACIÓ

Les habilitats de programació tenen un impacte a diverses àrees clau del desenvolupament de la ciutadania, com ara l'ètica i el pensament crític, l'orientació a la resolució de problemes i la reducció de la bretxa digital i la millora de les perspectives del mercat laboral.

Amb la participació de Jordi Losantos (enginyer informàtic per la Universitat Politècnica de Catalunya - UPC; MBA per ESADE Business School i professor de secundària) i Joan Alemany (llicenciat en Matemàtiques per la Universitat Politècnica de Catalunya - UPC; cofundament de eSeeCode i professor de secundària).

Principi subjacent

En informàtica, entenem per *programació* l'acció de traduir a un llenguatge informàtic un seguit d'instruccions prèviament dissenyades (algorismes) que permeten el processament d'un conjunt de dades d'acord amb un objectiu prefixat.

Qualsevol estratègia de programació requereix d'una modelització prèvia del problema que es vol solucionar, a partir de l'aplicació del pensament computacional (*computer thinking*). Per a això, cal una anàlisi en profunditat del problema i seguir un procés de disseny descendent que separi la possible resolució en processos automatitzables.

La programació d'una aplicació informàtica es basa en la lògica, el coneixement dels processos seqüencials i el correcte ús de la sintaxi particular del llenguatge de programació usat. Per tant, es pot escriure un programa sense un coneixement en profunditat del maquinari en què s'executarà.

Breu història de la Programació

Com a tal, la programació es desenvolupa durant el segle XX a Europa i, sobretot, els Estats Units, amb aplicacions destinades a les grans màquines de calcular electròniques de la segona guerra mundial (com l'ENIAC, el gran computador). La seva explosió es produeix cap a finals de segle amb l'aparició de la microelectrònica i els primers llenguatges de programació d'alt nivell (BASIC, Fortran, Pascal) que ofereixen una interfície raonable, entre un pseudollenguatge humà i el codi màquina. En l'actualitat, els llenguatges de programació més utilitzats (C++, JavaScript, Python, PHP) incorporen un gran nombre de funcionalitats que faciliten la redacció de programes molt complets amb poques línies de codi.

Les últimes tendències en el disseny de llenguatges de programació es mouen en la línia de minimitzar la rígida sintaxi en el codi, amb propostes molt visuals, generalment basades en blocs interactius, que posen més èmfasi en l'estructura lògica del programa i no tant en la correcció sintàctica. Bons exemples d'aquests nous sistemes són l'Scratch, el Swift Playgrounds i el GPblocks. Per bé que són àmpliament utilitzats com a models pedagògics, es tracta d'autèntics llenguatges d'alt nivell amb què es poden programar aplicacions professionals molt sofisticades.

Aplicacions pràctiques en la vida quotidiana

Les habilitats de programació van molt més enllà del coneixement d'uns llenguatges o altres. Els experts consultats coincideixen en que el realment important és la inherent adopció de la lògica computacional, el coneixement de la tecnologia i l'anàlisi enfocat a la resolució de problemes que comporta.

En un món on cada cop interactuem més (i de forma més íntima) amb elements tecnològics de tot tipus, des de màquines més o menys complexes fins a programaris sofisticats, els coneixements en programació seran els que ens donaran les eines per a comprendre i utilitzar eficaçment, per exemple, dispositius mòbils, aplicacions informàtiques professionals, xarxes socials o, fins i tot, electrodomèstics *intel·ligents* connectats.

Aquest últim punt és rellevant, i l'actual tendència a connectar tot tipus de dispositius està cridada a confeccionar l'anomenada Internet de les coses: **IoT** (de l'anglès Internet of Things), que suposarà importants reptes en l'àmbit de la privacitat i el tractament de dades personals. En aquest sentit, també permetrà el desenvolupament de les tecnologies basades en l'anàlisi de grans conjunts de dades, o Big Data, probablement mitjançant eines dotades d'intel·ligència artificial.

Les competències en programació, per tant, repercuteixen en diverses àrees clau del desenvolupament de la ciutadania, com ara l'ètica i el pensament crític, l'orientació a la resolució de problemes, la disminució de la bretxa digital i la millora de les perspectives laborals.

Connexió pedagògica

En l'àmbit educatiu, les necessitats d'ensenyar els fonaments de la programació informàtica a través de llenguatges adaptats als joves és tan antic com la programació mateixa. Un dels primers sistemes adoptats pels centres escolars fou el Logo (creat l'any 1967) que, amb diverses actualitzacions, manté la seva icònica tortuga encara avui com a eina pedagògica. Tanmateix, alguns professionals admeten que la inversió insuficient en maquinari a les escoles, conseqüència de la crisi de la dècada dels anys 90 a Europa, va mantenir les habilitats de programació majoritàriament fora del currículum acadèmic bàsic. No és fins l'arribada del nou segle que, aprofitant el creixement econòmic a Europa en el període 2004 – 2008, apareixen els programes de foment de la informàtica a les escoles. La programació torna a les etapes educatives inicials i la reducció del cost del maquinari, amb bones prestacions gràfiques, popularitzen l'Scratch com a estàndard (introduït el 2005 i parcialment inspirat en Logo). Aquest sistema de programació, basat en la manipulació de blocs interactius més que no pas en la redacció de línies de codi, evita les frustracions d'haver d'escriure en un llenguatge dominat per la sintaxi i permet als estudiants observar els resultats dels seus programes en qualsevol situació. Seguint aquest nou paradigma, neixen altres llenguatges (Swift, GPblocks, eSee

Exemples pràctics

Els experts consultats coincideixen en que no hi ha una única forma d'aprendre les habilitats de programació i els alumnes les desenvolupen a mesura que necessiten les eines. Per tant, les aproximacions basades en la creació són fonamentals. El concepte seria “programar per aprendre”, enlloc d'aprendre a programar.

CREACIÓ DE JOCS SENZILLS

La programació d'un joc senzill, com el dòmino o un solitari, o bé més complex com ara un joc de plataformes, enfronten l'alumne a múltiples reptes que cal resoldre aplicant estratègies de programació basades en l'anàlisi del problema. Aquests petits jocs no només permeten desenvolupar la part de programació, sinó també aspectes artístics (disseny gràfic) i literaris (redacció d'instruccions per al jugador).

MANTENIMENT D'UN ESPAI WEB

Molts docents en les àrees STEM animen els seus alumnes a mantenir un espai web conjunt de la classe, amb informacions diverses sobre el curs. Aquest espai es pot aprofitar per a treballar els diversos llenguatges associats al web, com ara l'HTML, CSS, PHP o JavaScript per dotar de funcionalitat i aspecte personalitzat a l'espai. Per descomptat, també es treballen aspectes de disseny, redacció de continguts i comunicació.

Referències bibliogràfiques

Alemaný, J., Vilella, J. (2016) “eSeeCode: Creating a Computer Language from Teaching Experiences”. Olympiads in Informatics, 2016, Vol. 10, pp. 3 – 18. *IOI, Vilnius University*. Es pot descarregar a: http://www.ioinformatics.org/oi/pdf/v10_2016_3_18.pdf

European Schoolnet (2015) “Computing our future”.
<http://www.allyouneediscodes.eu/documents/12411/67232/Computing/71653b80-4aa1-4ca1-889d-23e9ad618f7d>

Ford, Melissa (2017) “Coding across the curriculum”.
<https://www.edutopia.org/article/coding-across-curriculum>

ROBÒTICA

Les aplicacions de la robòtica a l'aula ens permeten treballar amb aspectes que difícilment es poden tractar només mitjançant esquemes teòrics.

Amb la participació de Jordi Losantos (Enginyer Informàtic per la UPC. MBA per ESADE. Professor de secundària), Joan Alemany (llicenciat en matemàtiques per la UPC. Cofundador d'eSeeCode. Professor de secundària i batxillerat) i Frank Sabaté (Mestre especialista en STEM).

Principi subjacent

La robòtica és una disciplina transversal que s'encarrega de l'estudi, el disseny, la construcció i les aplicacions dels robots. Conceptualment, neix amb la mateixa idea de *robot*, encara que l'adopció dels termes *robot* i *robòtica* segueix una història particular.

Atesa la seva natural multidisciplinarietat, la robòtica es fonamenta en molts principis. D'una banda, es basa en la programació, en el sentit de la codificació dels processos i accions que el robot durà a terme. La informació captada pels sensors serà processada des del punt de vista computacional. De l'altra, ja que el robot és un dispositiu físic, la seva construcció es regeix pels principis bàsics de l'enginyeria, l'electrònica i la mecànica.

Breu història de la robòtica

Actualment no existeix una definició unificada de què és un robot. Tanmateix, els experts consultats acorden que comprendria qualsevol peça d'enginyeria amb capacitat de ser programada, que és capaç d'obtenir informació del seu entorn mitjançant sensors i respondre-hi, d'acord amb el seu programa, gràcies a un conjunt d'actuadors. Cal, per tant, distingir un robot autèntic d'un software automatitzat (popularment anomenats *bots*) que no serien considerats robots pròpiament dits, per bé que poden ser molt sofisticats.

Des d'una perspectiva històrica, hom es podria remuntar a les llegendes de la Grècia o la Xina clàssiques sobre models mecànics animats de diversos animals, o bé els gòlems de la tradició jueva i fins i tot els autòmats: peces recreatives molt populars a Europa durant el segle XIX. Aquestes construccions, però manquen de respostes autènticament adaptades al seu entorn.

El terme *robot* associat a criatures artificials apareix per primera vegada el 1920, en la representació teatral "R.U.R." (acrònim de *Rossumovi Univerzální Roboti*) de l'autor Txec Karel Čapek. En la representació, els *roboti* (de l'eslau *robotá*: treballadors forçats) són servents artificials dels humans, que s'acaben rebel·lant i extingint la humanitat. Encara que en l'obra de Čapek aquests servents no són éssers mecànics (avui en diríem andròides o clons), el nom *robot* és finalment adoptat com a versió moderna de l'autòmat clàssic a partir d'aquest moment.

Seguint aquest fil i d'acord amb l'adopció del terme *robot*, el 1941 apareix la noció de *robòtica* de la ma del novel·lista nord-americà i professor de bioquímica, Isaac Asimov. El neologisme, mencionat per primera vegada en el relat curt "Liar!" (publicat a la revista *Astounding Science Fiction*), és utilitzat

àmpliament en tota la seva literatura posterior, dedicada a explorar els límits de la intel·ligència artificial i el seu impacte en les societats humanes del futur.

Aplicacions pràctiques a la vida quotidiana

D'acord amb els informes de la Comissió Europea sobre robòtica, els beneficis del seu desenvolupament impactarien positivament sobre diversos àmbits:

- **Salut**, amb el desenvolupament de dispositius d'ajuda a quírofans i assistents per a gent gran i/o amb diversitat funcional.
- **Agricultura i bioeconomia**, en la sembra i collita automatitzades i la supervisió dels cultius.
- **Estalvi energètic**, amb el desenvolupament de sistemes productius més eficients i menys contaminants.
- **Transport i gestió de mercaderies**, amb el desenvolupament de vehicles autònoms i magatzems automatitzats.
- **Seguretat**, en la prestació d'ajut, la protecció i la seguretat dels ciutadans en situacions de risc, com ara rescats o assistència en condicions extremes.

Connexió pedagògica

En l'àmbit educatiu, durant els anys 80 es desenvolupen els robots tortuga, associats al sistema de programació Logo. Posteriorment, cap a finals dels 90, la companyia Lego presenta la seva línia de robots programables *Cybermaster*, pensats per ser utilitzats en escoles, que es va modernitzant fins a la versió *Mindstorms NXT* de 2006 i *Mindstorms EV3* de 2013. Actualment, amb la reducció de costos dels components electrònics, existeixen múltiples opcions per a controlar sensors de tot tipus amb tecnologia Arduino o Raspberry Pi.

Des d'un punt de vista pedagògic, les aplicacions de la robòtica a l'aula permeten treballar un seguit d'aspectes que difícilment es poden adreçar mitjançant esquemes purament teòrics. En aquest sentit, el trasllat a la realitat dels conceptes formals suposa un repte important per als alumnes, ja que la interacció del robot amb el món real força el programador a enfrontar-se a dades concretes, estímuls variables i elements imperfectes. Per tant, cal aprendre a dissenyar solucions robustes per a problemes reals, normalment en projectes multidisciplinaris.

Altres aspectes positius del treball en robòtica a l'aula són més transversals, com ara el plus de motivació que comporta per als alumnes, ja que és una aproximació pràctica i vivencial i es percep com un joc. En ocasions, la interacció de l'alumne amb el robot es pot aprofitar per a treballar aspectes conviviais i reforçar les habilitats socials. Una derivada interessant del treball amb robots és apropar i normalitzar la tecnologia en la vida dels estudiants, especialment en una etapa en la que estan desenvolupant les seves fortaleses de futur.

Exemples pràctics

TEATRE DE ROBOTS

Els robots preparats per a simular expressions humanes, com l'Aisoy (<https://www.aisoy.es/>), permeten que els alumnes preparin petites representacions teatrals amb la participació, ja sigui completa o parcial, d'actors robòtics. Les competències que es treballen són múltiples, des de la pròpia programació del robot fins a les expressions plàstiques (confecció dels vestits i atrezzo), arts escèniques, literatura, i relacions humanes.

JOCS DE PRECISIÓ

Es tracta de programar un robot per tal de recórrer una distància determinada i quedar el més a prop possible d'una marca o paret. Els alumnes hauran de donar ordres als sistemes motors i als sensors òptics o de proximitat per tal de decidir quan cal aturar el robot. Aquest exercici mostra a l'alumne que la realitat planteja reptes més complexos dels que el tractament purament teòric pot resoldre, com ara el marge d'incertesa dels sensors o les pèrdues de tracció de l'aparell motor.

Referències bibliogràfiques

European comission (2017) "Follow up to the European Parliament resolution of 16 February 2017 on civil law rules on robotics". <http://www.europarl.europa.eu/oeil/spdoc.do?i=28110&j=0&l=en>

LABORATORIS REMOTS VIRTUALS

En aquests espais simulats, l'alumne pot operar amb instrumental sofisticat i/o perillós amb total seguretat i enfrontar-se (de forma limitada) als reptes que plantejaria una experimentació en un laboratori real.

Amb la participació de Sílvia Zurita (doctora en Química per la Universitat de Barcelona, professora a la Universitat Politècnica de Catalunya, i professora de secundària).

Principi subjacent

El paradigma científic parteix d'una base essencialment empírica, de manera que l'ensenyament de les ciències ha d'incorporar, necessàriament, elements experimentals. Moltes d'aquestes activitats pràctiques es poden fer en espais quotidians, com ara demostracions a classe o sortides de camp, però tot centre educatiu hauria de comptar amb un laboratori: un espai dedicat exclusivament a les ciències experimentals, degudament equipat.

Equipar un laboratori no és una tasca senzilla: l'instrumental científic acostuma a ser car, delicat i, sovint, tòxic o perillós si es manipula incorrectament. Per això, cal docents amb una preparació pràctica sòlida, flexibilitat per a treballar amb grups petits i un finançament adequat. I, tanmateix, molts conceptes simplement no es podran experimentar degut a limitacions evidents, com ara l'estudi de les reaccions nuclears, les combustions explosives o la genètica molecular.

Tanmateix, la competència de treball en laboratori és una demanda creixent en el mercat laboral europeu, cada cop més enfocat a la recerca i la innovació.

Afortunadament, l'avanç de la tecnologia ha permès l'elaboració de simulacions interactives que funcionen, de forma més o menys sofisticada, com un autèntic laboratori virtual. En aquests espais simulats, l'alumne pot operar amb instrumental sofisticat i/o perillós amb total seguretat i enfrontar-se (de forma limitada) als reptes que plantejaria una experimentació en un laboratori real.

Per tal que un laboratori virtual sigui eficaç des del punt de vista pedagògic, cal que els alumnes s'hi sentin atrets. És per això que la tendència actual és a utilitzar elements tant de realitat virtual i realitat augmentada, com de ludificació (*gamification*). Es busca transformar una activitat estàtica, davant d'una pantalla, en una experiència immersiva que persegueixi un propòsit estimulant.

Breu història dels Laboratoris Virtuals i Remots

Laboratoris virtuals

La història de la simulació com a element educatiu és difícil de traçar. Tanmateix, les primeres simulacions eren mitjançant elements físics, com ara els ninots utilitzats durant els anys 60 en les facultats de medicina per a les pràctiques de ressucitació pulmonar.

La popularització dels ordinadors durant els anys 80, junt amb l'aparició dels llenguatges de

programació d'alt nivell, permeten les primeres simulacions de la realitat, especialment els simuladors de vol àmpliament utilitzats en les escoles d'aviació. Aquestes simulacions arriben al gran públic amb un caràcter eminentment lúdic, com el pioner Flight Simulator de Microsoft (1982). L'any 1989 la companyia Maxis llança la primera edició del joc Sim City, un simulador d'urbanisme, que és seguit per Sim Earth (1990), un simulador planetari amb un sistema rudimentari de control climàtic i ecològic. Les universitats també desenvolupen aplicacions virtuals per a complementar els seus estudis, generalment de forma gratuïta, però la seva especificitat, alt nivell i la impossibilitat de fer-ne una distribució massiva, les mantenen en la foscor.

L'any 2004 marca l'inici de l'anomenada Internet 2.0, caracteritzada per una major interacció social i la popularització de la banda ampla. El web és molt més accessible i les aplicacions desenvolupades en entorns universitaris es poden difondre en l'entorn online de forma senzilla. Moltes d'aquestes aplicacions transcendeixen l'àmbit de la universitat i incideixen en els conceptes més senzills tractats a l'escola primària i secundària. Donada la contínua actualització d'aquests espais virtuals, és difícil establir una cronologia. Per tant, en els següents apartats, es farà una revisió (no exhaustiva) dels laboratoris virtuals accessibles actualment.

Laboratoris remots

Com en el cas dels laboratoris virtuals, la història dels laboratoris remots també és opaca. El fet que moltes d'aquestes iniciatives queden limitades a l'àmbit universitari fa difícil trobar-les i, en molts casos, fer-les funcionar per part d'un usuari no experimentat.

En les investigacions fetes sobre el tema, no s'han trobat plataformes ni repositoris per difondre-les.

Aplicacions pràctiques a la vida quotidiana

Els laboratoris virtuals estan pensats com a complement educatiu, de manera que les aplicacions en la vida de la ciutadania es deriven del fet d'haver hi entrat en contacte durant l'etapa escolar i/o universitària.

En aquest sentit, els beneficis directes d'aquesta tecnologia vindrien a ser els mateixos que els de l'ús de laboratoris físics, com ara:

- Aplicació de les metodologies de recerca a la vida diària. Un cas paradigmàtic és l'explosió de la nova cuina, amb gran influència de les tècniques de laboratori.
- Ús en activitats de divulgació. Si bé moltes d'aquestes eines estan pensades per a l'educació formal, obren la porta a ser utilitzades pels divulgadors científics en tot tipus d'activitats, com ara conferències o tallers.
- Promoure el pensament crític. La oportunitat de fer activitats realistes en un entorn de recerca, encara que sigui simulat, permet entendre la complexitat de la metodologia científica i combat, per tant, la proliferació d'idees pseudocientífiques simplistes.

Connexió pedagògica

A l'aula, els laboratoris virtuals ofereixen una gran oportunitat de treballar diversos aspectes del currículum, així com competències transversals.

En la part curricular, ja s'ha esmentat que els laboratoris virtuals permeten la realització d'experiments impossibles de dur a terme en un laboratori escolar degut, per exemple, a la seva perillositat o cost (exploració nuclear o tècniques de medicina genòmica, per exemple).

En la part de competències transversals, però, hi trobem elements molt destacables.

- Motivació de l'alumnat. Les estratègies de ludificació i immersió 3D utilitzades en els laboratoris virtuals moderns, milloren l'atenció i la retenció per part d'alumnat que podria ser menys receptiu a la pràctica científica tradicional. Aquesta tendència va a l'alça amb el desenvolupament de nous sistemes d'interacció sensorial amb la realitat virtual, com ara el tacte o l'olfacte.
- Socialització i interacció. Es preveu que grups d'alumnes podran, properament, interaccionar en el context dels laboratoris virtuals, adoptant rols i col·laborant per a dur a terme la recerca.
- Familiarització amb els entorns digitals. El fet de desenvolupar una activitat en un espai completament virtual pot despertar l'interès de l'alumnat en aquestes tecnologies i inspirar innovacions futures en el camp de la realitat virtual o augmentada.

Exemples pràctics

Existeixen una gran quantitat de laboratoris virtuals actualment en línia. Molts són senzilles simulacions o bé animacions més o menys interactives sobre algun tema concret, generalment

d'accés gratuït. D'altres, en canvi, conformen autèntics laboratoris, dissenyats amb tecnologia de realitat virtual, que recreen instal·lacions professionals completament equipades. A continuació n'exposarem alguns, seguint el criteri de Lynch i Ghergulescu (2017):

Laboratoris 2D, basats en tecnologia web (HTML5 o JavaScript):

- **Go-Lab Project** [<https://www.golabz.eu/>], actualment NextLab, és un portal finançat per la Comissió Europea sota el paraigües de l'horitzó H2020, dedicat a l'IBSL (*Inquiry Based Science Learning*). En els seus laboratoris, eminentment escolars, es poden trobar gran quantitat d'activitats interactives sobre aspectes científics diversos. També conté una eina per tal que els docents dissenyin i comparteixin els seus propis laboratoris virtuals, adaptats a la seva docència particular.
- **ChemCollective** [<http://chemcollective.org/home>] és un repositori de laboratoris virtuals en el camp de la química programats en HTML5 i, per tant, amb capacitat de ser utilitzats des de pràcticament qualsevol navegador actual.
- **NMSU Virtual Labs** [<http://virtuallabs.nmsu.edu/>] és el portal de la New Mexico State University. En els seus laboratoris virtuals es pot treballar diversos aspectes relacionats amb la ciència i tecnologia dels aliments.

Laboratoris virtuals 3D basats en sistemes de realitat virtual:

- **3D Labs UPM** [<https://3dlabs.upm.es/>] és un projecte de la Universidad Politécnica de Madrid que consta de diversos laboratoris virtuals. Els experiments estan centrats en el camp de les enginyeries, la física i la química. Les activitats es realitzen en entorns de realitat virtual, completament 3D, dissenyats amb el software de codi obert OpenSim.
- **Virtual Engineering Sciences Learning Lab (VESLL)** és un espai virtual construït íntegrament a la plataforma SecondLife, on els usuaris poden desenvolupar activitats en un entorn pensat com un museu de ciència. La capacitat d'interacció entre ells permet una capa extra d'habilitats socials menys present en els altres laboratoris virtuals.
- **Labster** [<https://www.labster.com/>] ofereix un laboratori virtual 3D completament equipat, per a la realització de tot tipus d'experiments en l'àmbit de la biologia molecular i la química. Al tractar-se d'una iniciativa privada, els seus serveis són de pagament.

Referències bibliogràfiques

Lynch, T., Ghergulescu, I. (2017) "Review of virtual labs as the emerging technologies for teaching stem subjects". *11th International Technology, Education and Development Conference* 6-8 March, 2017, Valencia, Spain. <http://www.newtonproject.eu/wp-content/uploads/2016/02/review-of-virtual-labs-as-the-emerging-technologies-for-teaching-stem-subjects-1.pdf>

VIDEOJOCOS EDUCATIUS

...els jocs poden posar en funcionament mecanismes socials com ara la resolució de problemes, l'empatia i el treball en equip...

Els jocs poden posar en funcionament mecanismes socials importants, com ara la resolució de problemes, l'empatia i el treball en equip ...

Amb la participació Víctor López (físic, doctorat en didàctica de la ciència. Investigador del CRECIM-UAB. Professor associat de la Universitat Autònoma de Barcelona) i Cristina Simarro (investigadora del CRECIM. Enginyera industrial. Professora associada de la Universitat Autònoma de Barcelona) .

Principi subjacent

La ludificació és una tendència important en l'educació actual. Es refereix a l'ús d'estratègies de joc a l'aula, com guanyar insígnies, punts o altres recompenses després de realitzar tasques particulars, com a mitjà per motivar i relacionar-se amb els estudiants en el seu procés d'aprenentatge.

De manera similar, però no del tot, hi ha l'aprenentatge basat en jocs (GBL). En aquest enfocament, els jocs de taula, les targetes o els videojocs serveixen per aprendre i practicar els conceptes clau de les assignatures i no només per motivar els estudiants.

Ambdues estratègies tenen la capacitat de millorar les dinàmiques de les aules i es poden implementar de moltes maneres, en línia o fora de línia. No obstant això, en aquest informe ens centrarem en el vessant tecnològic del joc i revisarem només els videojocs educatius.

Es creu que el principal principi de la ludificació i la GBL és l'embranchada de la dopamina. La dopamina és el neurotransmissor que el cervell utilitza per controlar la voluntat (d'una manera molt simplificada). Totes les accions amb sentit de propòsit, especialment aquelles que tinguin una recompensa positiva esperada, són conduïdes per la dopamina i produeixen l'activació dels centres de plaer del cervell, un cop feta l'acció.

Així, sempre que els reptes i les recompenses que s'hi ofereixen siguin significatius per a l'estudiant, la ludificació i la GBL poden millorar la concentració de l'estudiant i augmentar el temps dedicat al tema. I aquest és un punt clau de l'èxit de qualsevol d'aquestes estratègies, ja que el joc en si mateix no pot fer que qualsevol nen accepti aprendre. És fonamental un procés educatiu ben planificat i basat en el professorat darrere de la ludificació i el GBL.

Breu història dels jocs educatius

Tot i que alguns reconeixen Pac-Man com el primer videojoc educatiu, la seva intenció era simplement pur entreteniment. No obstant això, Pac-Man incloïa moltes característiques d'un joc educatiu, com ara regles senzilles, recompenses òbvies, sentit d'entusiasme i resolució de trencaclosques.

Molts consideren el primer videojoc educatiu l'entorn de programació de Logo (1967). Pot ser que no es tracti d'un joc, però l'acte de moure la petita tortuga codificant instruccions a la consola

era realment entretingut. I moltes escoles el van utilitzar (i encara ho fan avui) per ensenyar els fonaments del pensament informàtic i els conceptes matemàtics d'una manera divertida.

Amb la popularització dels ordinadors domèstics va sorgir l'aparició de la indústria dels videojocs, i l'àrea educativa era només un altre mercat per ser explotat. "Lemonade Stand" (economia), "Oregon Trail" (història), "Reader Rabbit" (idioma) i "En quina part del món es troba Carmen Sandiego?" (geografia) van ser alguns dels primers videojocs amb intenció educativa produïts durant els anys 80. Alguns es van convertir en molt populars, especialment als EUA.

El rendiment de l'ordinador va augmentar durant els anys 90 i els videojocs van obtenir interactivitat i complexitat. Molts jocs simulen entorns realistes com ara "Sim City", "Sim Earth", "Civilization" i diversos tipus de simuladors de vol, tot aprofitant els fonaments de la realitat virtual. No obstant això, molts d'aquests es van convertir en jocs d'arquitectura amb el temps i van perdre part del seu propòsit educatiu anterior.

A la fi de la dècada dels 90 i a partir de l'any 2000, les consoles domèstiques van assumir la major part dels jocs per a nens fora de les computadores personals. PlayStation, Xbox i Wii van llançar jocs educatius com a mitjà per atraure un públic familiar i no només els habituals adolescents, com ara "Brain Academy" o "MineCraft".

Des de 2007, amb la introducció de l'iPhone i la popularització de dispositius mòbils, la majoria dels jocs educatius es van convertir en aplicacions. Avui, es poden trobar milers de jocs educatius a iTunes i Google Play i molts s'utilitzen diàriament a escoles de tot el món.

Aplicacions pràctiques a la vida quotidiana

Es pot descriure un joc com un conflicte artificial entre els jugadors que s'han de resoldre utilitzant un conjunt d'eines i regles predefinides acordades per tothom. Així, els jocs poden posar en funcionament mecanismes socials importants, com ara la resolució de problemes, l'empatia i el treball en equip, segons el joc.

El 1786, Benjamin Franklin va publicar un assaig titulat "La moral dels escacs" que compara el joc d'escacs amb la vida real. En el text, va esbossar com un jugador d'escacs va aprendre importants valors socials, com ara la perseverança, la previsió i la prudència a través del joc.

El que Franklin va afirmar en el cas dels escacs és cert també per als videojocs. Un equip d'investigadors holandesos va publicar el 2013 una revisió de la recerca sobre els avantatges de jugar a videojocs. Afirmen que hi ha evidències que recolzen la idea que els videojocs moderns desenvolupen un conjunt de diverses habilitats importants, des del reconeixement espacial fins a la interacció social.

D'altra banda, la reproducció de videojocs a l'escola podria posar en contacte a les persones amb ordinadors des d'una perspectiva inesperada. Els nens que no se senten molt atrets per la tecnologia poden desenvolupar algunes habilitats sobre l'ús de l'ordinador i familiaritzar-se amb la realitat virtual o la realitat augmentada.

Connexió educativa

La majoria de les connexions educatives ja considerades per als laboratoris virtuals també són aplicables als videojocs.

En el camp particular dels videojocs basats en STEM, però, els experts coincideixen en la importància de comprometre els estudiants en activitats que mostrin la pràctica científica. En aquest sentit, els laboratoris virtuals ludificats serien el millor enfocament des de la perspectiva educativa, sobretot quan estan immersos en un entorn de realitat virtual.

Els jocs de concursos s'han popularitzat durant els darrers anys, especialment des de la introducció de les plataformes mòbils. Molts estan etiquetats com a "aplicacions educatives" a Google Play o a l'App Store, però no tenen un impacte educatiu rellevant, ja que el seu enfocament és el contingut que el jugador va aprendre i no es practiquen noves habilitats.

Els jocs de preguntes i respostes han esdevingut molt populars en els darrers anys, especialment des de la introducció de les plataformes mòbils. Molts són etiquetats com "aplicacions educatives" a Google Play o App Store, però no tenen un impacte educatiu rellevant, ja que se centren en el contingut ja après pel jugador i no es practiquen noves habilitats. Aquesta noció és coherent amb la idea de "aprendre fent" i cal tenir en compte que, en efecte, els videojocs poden ajudar a practicar i adquirir alguns conceptes bàsics, però els aspectes profunds d'una assignatura encara necessiten la interacció amb un professor per tal de ser compresos plenament. Per tant, sempre que hi hagi un professor amb un pla ben definit, la ludificació i el GBL poden ajudar amb la part motivacional de l'aprenentatge a l'aula i poden ser utilitzats com un mitjà per practicar i consolidar alguns aprenentatges.

Exemples pràctics

Learn Science [Nintendo DS]. En aquest joc per al dispositiu portàtil de Nintendo, el jugador pot jugar a minijocs basats en diversos aspectes de la ciència. El progrés és principalment pràctic, amb demostracions i trencaclosques per resoldre, i es poden obtenir recompenses. Hi ha un element social, ja que un pot desafiar als seus amics en línia per obtenir millors resultats.

Food Fight [qualsevol plataforma <https://www.brainpop.com/games/foodfight/>]. Food Fight és una simulació d'una cadena web ecològica per a dos jugadors. Cada jugador fa el paper d'una espècie i tracta d'augmentar la seva població, mentre que posa en perill l'èxit del seu oponent.

Spore [PC, Mac i plataformes Nintendo]. Dissenyar una criatura i desenvolupar-la a través de diferents etapes evolutives, des de la fase cel·lular fins a la civilització completa i l'exploració espacial. Cada etapa et permet explorar i modificar els fonaments de l'univers a la teva voluntat.

Manga High [Qualsevol plataforma <https://www.mangahigh.com/en/>]. Es troba en algun punt entre la ludificació i l'aprenentatge basat en jocs i ofereix als professors diversos minijocs en el camp de les matemàtiques i la geometria, amb la possibilitat d'assignar i programar tasques per als estudiants.

Blood Typing Game [Qualsevol plataforma <https://www.nobelprize.org/educational/medicine/bloodtypinggame/>]. Joc basat en el web per practicar les bases dels tipus de sang i la compatibilitat sanguínia entre les persones. Hi ha certa semblança amb la pràctica clínica, amb agulles i transfusions als pacients. El jugador ha de tenir algun coneixement previ sobre els tipus de sang per jugar amb èxit

Referències bibliogràfiques

- Granic, I. *et al.* (2013) "The benefits of playing video games". *American Psychologist*, Vol. 69, No. 1, 66–78. Available online at: <https://www.apa.org/pubs/journals/releases/amp-a0034857.pdf>
- Needleman, A. (2017) "A Quick History of Educational Video Games". *Gamer Professionals* [<https://www.gamerpros.co/education-and-video-games/>]
- Zhen, J. "The History of Educational Video Gaming". *Immersed Games* [<http://www.immersedgames.com/the-history-of-educational-video-gaming/>]

EXPERIMENTS DE BAIX COST

...la idea que qualsevol pot fer l'experiment, a qualsevol lloc, encoratja els estudiants a intentar fer-ho a casa, amb la seva família. L'emoció de l'experimentació pot despertar noves vocacions científiques.

Principi subjacent

La base de l'experimentació a baix cost és la divulgació científica. La idea que la ciència és una activitat, més que un conjunt de fets o conceptes, implica que a qualsevol se li ha de permetre experimentar amb les regles naturals per si sol, a qualsevol lloc.

El desavantatge d'aquesta idea desafiant és que, de vegades, es necessiten materials de laboratori cars per veure un efecte particular. Per tant, l'experimentació de baix cost es refereix a qualsevol procediment pel qual qualsevol pot provar aspectes fonamentals de la ciència pràcticament sense cap cost mitjançant l'ús de materials comuns.

Breu història dels experiments de baix cost

L'experimentació de baix cost podria considerar-se una evolució del moviment "Fes-ho tu mateix" (en anglès do it yourself, sovint abreujat com a DIY) que va sorgir als Estats Units a principis del segle XX. La seva maduresa va arribar als anys 60 amb l'escena punk de la zona de San Francisco. La comunitat original de bricolatge no pretenia explicar la ciència que hi ha darrere de qualsevol fenomen, sinó més aviat aconseguir que algun objecte es construeixi fora del mercat. El moviment era en realitat una cosa contracultural i crític amb el consumisme. No obstant això, a mesura que els projectes creixien en complexitat, enginyers de diverses àrees van començar a compartir els seus coneixements tècnics amb la resta de la comunitat.

La divulgació científica, tal com la coneixem avui, va començar als mitjans de comunicació. El seu apogeu pot considerar l'emissió de la mítica sèrie "Cosmos, un viatge personal" durant la tardor de 1980. La mostra, creada i presentada per Carl Sagan, va repassar la història de l'univers, l'evolució de les espècies a la Terra i l'èxit de la humanitat en la recerca del coneixement. Però "Cosmos" era una història meravellosa sobre la ciència, no sobre la ciència en si.

Un dels primers programes de ciència amb activitats pràctiques que es van transmetre per televisió va ser el "Beakman 's World" de 1992. Inspirat en una tira còmica de 1991 de Jok Church i dirigit a un públic bastant jove, tot just adolescent, Paul Zaloom va interpretar el paper d'un científic extravagant que ofería demostracions de diverses curiositats físiques o químiques. La majoria dels experiments van ser dissenyats de tal manera que qualsevol podria repetir-los a casa amb matèries primeres bàsiques.

Des de llavors, s'han produït molts programes de ciència a tot el món amb un format bastant similar.

Aplicacions pràctiques a la vida diària

La idea que qualsevol pot provar els fonaments bàsics del món natural és un repte. El coneixement empíric de com es comporten les coses pot marcar la diferència per a qualsevol i ajudar a proporcionar coneixements científics bàsics als no científics.

Així, el disseny i desenvolupament d'experiments de baix cost (i la seva correcta difusió), pot fer que la nostra societat sigui més racional, menys supersticiosa i més crítica.

Connexió educativa

Les escoles tendeixen a no tenir fons suficients, de manera que qualsevol experiment fet amb materials comuns, com els que es poden trobar en una escola o en una ferreteria local, és benvingut. A més, la idea que qualsevol pot fer l'experiment a qualsevol lloc, encoratja els estudiants a intentar fer-lo a casa amb les seves famílies. L'emoció de l'experimentació pot despertar noves vocacions científiques.

D'altra banda, l'experimentació tendeix a ser multidisciplinària i molts dels experiments que es poden fer amb coses comunes desenvolupen conceptes de moltes matèries, com ara la física, la química, la biologia, les matemàtiques i la tecnologia. La construcció de ponts entre les disciplines a l'escola fa que les classes siguin més dinàmiques i atractives, la qual cosa augmenta la motivació.

A més, la majoria dels materials utilitzats per a l'experimentació són reciclats o reutilitzats, com ara ampolles de plàstic buides o palletes usades, de manera que involucrar els estudiants en la planificació i realització d'aquest tipus d'experiments reforça el seu sentit de sostenibilitat.

Exemples pràctics

Cotxe de reacció [<https://explorable.com/balloon-rocket-car-experiment>]: usant una ampolla de plàstic, un globus i una palleta (i un parell de coses més), qualsevol pot construir un cotxe que es mogui usant la tercera llei de cinemàtica proposada per Newton.

Plantes que veuen la llum [<http://www.untamedscience.com/biology/plants/phototropism/>]: planta algunes llavors en una caixa amb una petita obertura en un costat i espera que eclosionen. En pocs dies veuràs com les plàntules arriben a l'obertura sense tenir en compte cap obstacle al seu camí. Aquest experiment podria mostrar-li una de les propietats de qualsevol planta: el fototropisme.

Gèiser de Mentos [<https://www.stevespanglerscience.com/lab/experiments/original-mentos-diet-coke-geyser/>]: si es deixa caure una pastilla de Mentos en un refresc, els petits forats a la superfície de la pastilla serviran com a punts de nucleació per al CO₂ dissolt. La ràpida formació de bombolles en aquests punts fa que tota l'ampolla esclati amb un corrent potent. Aquesta és una evolució del vell experiment amb bicarbonat i vinagre, però el principi que hi ha darrere és molt diferent.

Referències bibliogràfiques

The do it yourself Wiki "DIY Culture" http://diy.wikia.com/wiki/Do_It_Yourself. Data del darrer accés: Abril 2018.

TECNOLOGIES EMERGENTS

IMPRESSIÓ 3D

La impressió en 3D ha de ser considerada com una eina productiva capaç de ser utilitzada en tots els temes que inclouen parts del disseny.

Amb la participació de Joan Alemany (graduat en Matemàtiques per la Universitat Politècnica de Catalunya, cofundador de eSeeCode. Professor de secundària) i Frank Sabaté (professor especialitzat en STEM).

Principi subjacent

La impressió en 3D és el conjunt de processos que permeten la fabricació d'objectes físics a partir d'un model informàtic, totalment dissenyat en un programari assistit per un ordinador (CAD) o fruit d'un escàner 3D.

Aquest tipus d'impressió es pot classificar en el paradigma de la construcció additiva, on la peça és el resultat del posicionament del material de modelatge, capa per capa, fins que es fa l'objecte final (com en la construcció d'un edifici). Per contra, la construcció subtractiva implica la fosa d'una peça inicial fins a deixar només l'objecte final (com en l'escultura clàssica).

Per aconseguir aquest efecte additiu, s'han d'utilitzar materials semisòlids o sòlids amb una impressora 3D, una eina automàtica i programable capaç de treballar amb volums i no només sobre superfícies, com una impressora tradicional.

Per tant, els principis de la impressió en 3D es basen, d'una banda, en els elements de càlcul i programació que permeten el desenvolupament del disseny en 3D assistit per ordinador i, de l'altra, en els elements mecànics i d'enginyeria que han portat a la fabricació d'impressores en 3D en sentit estricte.

Breu història de la impressió 3D

Els principals sistemes d'impressió tridimensional van ser creats als anys 80 pel Dr. Hideo Kodama, de l'Institut Municipal d'Investigació Industrial de Nagoya, al Japó. Kodama va desenvolupar el precursor de l'actual sistema d'estereolitografia (SLA). La primera patent d'aquest sistema pertany a l'inventor americà Charles Hull el 1984, qui comença la comercialització de la primera impressora 3D basada en SLA-1 de 3D Systems el 1987.

Un any més tard, el 1988, Carl Deckard va presentar la patent del SLS, una nova forma d'impressió 3D basada en la fusió de partícules de pols. El 1992 l'empresa Stratasys comercialitza la primera impressora basada en la deposició de materials fosos (FDM), tot esdevenint l'estàndard de les impressores 3D més populars entre el públic aficionat pel seu baix cost.

Avui dia moltes empreses estan ampliant els límits d'aquestes tecnologies bàsiques amb nous sistemes per treballar i combinar més varietat de materials, com ara els metalls, i augmentar la velocitat d'impressió.

Practical applications in everyday life

Als cercles professionals estan d'acord, també entre els experts consultats, en què la impressió en 3D sacsejarà el sector productiu a escala internacional. Lògicament, també transformarà l'economia mundial.

Encara que difícil de predir, tothom creu que la capacitat de fabricar pràcticament qualsevol objecte, en un ampli espectre de materials, ens situarà en un futur en el qual la majoria dels productes de consum diari ja no es compraran en botigues físiques sinó que s'imprimiran directament a casa. D'aquesta manera, l'usuari final d'un producte comprarà el disseny directament en les grans botigues en línia i el implementarà en la seva pròpia impressora.

Des d'aquest punt de vista, les aplicacions pràctiques de la impressió en 3D a la vida diària serien immenses.

Connexió educativa

Les implicacions esmentades anteriorment en la vida diària giren al voltant de la capacitat del ciutadà per produir localment els consumibles més bàsics. No hi ha, per tant, necessitat d'aprendre, sinó només de triar entre els diversos models que el mercat pot oferir. Des d'un punt de vista pedagògic, però, la impressió en 3D suposa un repte interessant. Els experts consultats estan preocupats per la tendència actual a evitar utilitzar les capacitats de les impressores 3D com a eines d'aprenentatge en favor de les de demostració. Com a conseqüència, la descàrrega de models predissenyats dels repositoris més populars com OpenSCAD [www.openscad.org], Tinkercad [www.tinkercad.com] o Beettle blocks [beetleblocks.com] no es considera una autèntica aplicació educativa d'aquestes tecnologies. Per tant, és essencial establir objectius pedagògics clars abans d'iniciar les activitats d'impressió en 3D a l'aula.

La impressió en 3D ha de ser considerada com una eina productiva capaç de ser utilitzada en tots els temes que inclouen, per exemple, parts del disseny:

- Enginyeria i tecnologia, amb la fabricació de peces per a construir models o dispositius electrònics prèviament dissenyats a l'aula.
- Matemàtiques i geometria, amb capacitat de visualitzar a l'espai formes i figures abstractes obtingudes a través de procediments teòrics.
- Expressió plàstica i artística, amb la possibilitat de dissenyar i fabricar peces d'atrezzo per a teatre o estructures creatives.

Exemples pràctics

Existeixen diverses tecnologies d'impressió en 3D, cadascuna amb les seves pròpies fortaleces i debilitats, adaptades als diversos usos de la destinació de l'objecte imprès. Els exemples més utilitzats són:

Estereolitografia(SLA). El material original és un líquid viscos capaç de solidificar quan s'exposa a una intensa radiació ultraviolada. La construcció del model es fa sobre un contenidor d'aquest material, que compta amb una plataforma motoritzada. Un làser emet un raig de llum

ultraviolada amb la forma de la primera capa de la figura (inferior), i es fixa així el primer full. La plataforma baixa per enfonsar de nou el model en el material i després s'irradia la segona capa, i s'uneix a la primera. I així successivament fins a la finalització del model.

El principal avantatge de SLA és la seva velocitat i el nivell de detall que pot assolir. No obstant això, els models són fràgils i sensibles a la llum solar directa.

Sinterització Làser Selectiva (SLS): des d'un punt de vista mecànic, SLS comparteix similituds amb SLA. però en aquest cas el material original és un niló en pols (encara que també pot ser d'altres materials com ara poliestirè, materials ceràmics). El làser escalfa la primera capa del model sobre el niló de pols perquè les partícules, molt petites, es fonen. Immediatament la plataforma del motor baixa i un raspall col·loca una fina pel·lícula de pols sobre la capa per iniciar la segona capa del model. Al final, la pols de niló restant s'extreu amb aire a pressió.

El principal avantatge és que el niló fos és molt resistent i les peces fetes amb aquesta tècnica poden ser funcionals. A més, com el niló en pols és sòlid, no cal imprimir estructures de suport en el model.

Modelatge per deposició de material fos (FDM). Hi ha diverses possibilitats en aquest cas però, en general, el material inicial és un fil de plàstic sòlid que s'escalfa fins al punt de fusió i s'assenta en capes per mitjà d'una extrusora capaç de moure a l'espai. Generalment el procés va de baix a dalt. Atès que tots els components són bàsicament mecànics, sense làsers ni elements sofisticats, és la solució més econòmica i, per tant, més propera als usuaris no professionals. No obstant això, la qualitat dels models és inferior a la dels sistemes SLS i SLA, ja que el gruix de la rosca determina la resolució i el màxim detall que es pot aconseguir.

Referències bibliogràfiques

Bensoussan, H. (2016) "The History of 3D Printing: 3D Printing Technologies from the 80s to Today". Sculpteo.com. <https://www.sculpteo.com/blog/2016/12/14/the-history-of-3d-printing-3d-printing-technologies-from-the-80s-to-today/>

The Economist (2017) "3D printers start to build factories of the future". The Economist Publishing Group. <https://www.economist.com/news/briefing/21724368-recent-advances-make-3d-printing-powerful-competitor-conventional-mass-production-3d>

ÒPTICA I FOTÒNICA

... no hi ha una manera fàcil d'introduir la naturalesa mateixa de la llum i les seves propietats al currículum escolar ... la llum no és intuïtiva. Com a tal, ha de ser ensenyada amb molta cautela i amb un pla educatiu en ment.

Amb la participació de Víctor Grau (doctor en Física; professor titular a la Universitat de Vic, Departament de Didàctica de les Arts i les Ciències).

Principi subjacent

L'òptica i la fotònica són branques estretament relacionades de la física, tant en l'estudi de la llum com en el seu comportament. L'òptica pot considerar-se el marc clàssic del que va sorgir la fotònica en descobrir la naturalesa quàntica de la llum. D'una manera molt simplificada, la llum pot descriure com una ona electromagnètica i com un feix de partícules diminutes anomenades fotons. Des de la perspectiva d'una ona, la llum es mou a través de l'espai en forma d'un front d'ona que pot mostrar propietats clàssiques com la reflexió, la refracció, la difracció i la interferència. La seva longitud d'ona, la longitud entre pics expressada en nanòmetres, explica el seu color.

Però, la llum és molt més complexa que això i no ha de ser representada com una ona mecànica clàssica, com es pot trobar a molts llibres de text. Les òptiques físiques i geomètriques expliquen i prediuen moltes de les propietats clàssiques de la llum amb gran detall.

Des de la perspectiva d'un feix de fotons, la llum mostra propietats que no es veuen a les ones clàssiques, com ara l'efecte fotoelèctric, representant l'impacte individual dels fotons en un detector, o la llum produïda en un dispositiu LED, on els electrons alliberen un fotó quan cauen en estats de baixa energia. Aquesta nova perspectiva va portar a l'aparició de l'òptica quàntica i camps relacionats.

Breu història de l'òptica i la fotònica

Hi ha una mica de controvèrsia sobre el començament de l'òptica. Un objecte de 3.000 anys d'antiguitat, similar a una lent, va ser trobat en Nimrud (l'Iraq actual), assenyalant a la cultura assíria com els seus primers desenvolupadors. No obstant això, no hi ha consens pel que fa a si realment es va usar com a lent o si va ser només un moble.

Sabem amb seguretat que les antigues cultures grega i romana utilitzaven esferes de vidre plenes d'aigua com lents i van desenvolupar algunes teories sobre la propagació de la llum. En realitat, el terme òptica prové de l'antic grec *optikē*, que significa aparença. Després de la caiguda de les civilitzacions grega i romana, el desenvolupament de l'òptica va continuar als mons àrab i indi, i es van elaborar tractats clau en aquest camp.

Cal destacar que les teories anteriors no representaven adequadament la llum i, tot i que descrivien propietats com la reflexió o la refracció amb cert detall, fracassaven en la descripció del que podia emetre llum i de com es formaven les imatges en la nostra ment. En aquest sentit, el desenvolupament inicial de l'òptica física es va basar en una comprensió deficient dels fonaments de la llum mateixa.

Com a exemple d'aquest malentès, el segle XVII va veure les amargues discussions entre Newton i Hooke, dos dels físics més famosos de tots els temps, sobre la naturalesa mateixa de la llum com un feix de partícules (model de Newton) o com una ona (model de Hook).

Al segle XIX es van donar els primers passos en la resolució del conflicte, amb els experiments de Young i Fresnel sobre la indiscutible naturalesa de la llum com a ona i, darrerament, amb les equacions de Maxwell tot mostrant la llum des del punt de vista electromagnètic. Planck, Einstein i Bohr, durant el segle XX, van completar la teoria de la llum com a ona i com a partícula al mateix temps, i van establir el punt de partida d'un nou camp: l'òptica quàntica. La invenció del làser en 1960 es considera el punt de partida de la fotònica, que tracta principalment de l'estudi dels fotons, les seves propietats físiques, la seva producció i les seves interaccions amb la matèria.

Aplicacions pràctiques a la vida quotidiana

Nosaltres els humans som criatures diürnes i, com a tals, la llum està al nostre voltant la major part del temps. Prenem decisions basades en l'òptica amb força freqüència, com pintar una habitació amb colors clars per maximitzar la il·luminació, o considerar la posició de les finestres quan s'instal·la un televisor a una sala d'estar, per evitar reflexos. No obstant això, moltes d'aquestes decisions es basen en una comprensió intuïtiva dels fenòmens òptics bàsics. I l'òptica pot ser difícil a vegades.

Una sòlida comprensió de la llum i les seves propietats pot ser d'utilitat en la nostra vida diària en molts aspectes:

- Fotografia i vídeo. Particularment considerant l'ús massiu de telèfons intel·ligents i les aplicacions per compartir fotos i vídeos avui dia.
- Avui dia, molts d'aquests dispositius que usem es basen en la llum, com ara els comandaments a distància, els detectors de moviments i els sensors de proximitat.
- Identificació d'efectes òptics, com ara miratges o altres deformacions a causa de la reflexió i refracció de la llum.

Connexió educativa

Segons els experts, no hi ha una manera fàcil d'introduir la naturalesa mateixa de la llum i les seves propietats al currículum escolar. La clau seria començar amb el model de partícules durant l'escola primària (6 - 12) i procedir amb el model d'ones durant l'escola secundària (12 - 18). Les connexions òbvies de l'òptica i la fotònica són les que hi ha entre les matemàtiques, la física i la tecnologia, el nucli STEM. No obstant això, hi ha altres connexions:

- Biologia: l'òptica i la fotònica ajuden a explicar la base de la fotosíntesi a les plantes, el color de les flors i la fisiologia de l'ull.
- Filosofia: la idea mateixa de veure pot plantejar alguns aspectes filosòfics, com ara la subjectivitat de la bellesa.
- Arts i humanitats: moltes expressions artístiques són llum dependent, com ara la fotografia abans esmentada, però la pintura, l'arquitectura o la interpretació també poden estar molt influenciades per la llum.

Exemples pràctics

Una de les qüestions més importants plantejades pels experts quan es tracta d'ensenyar òptica i fotònica, és la noció que la llum no és intuïtiva. Com a tal, ha de ser ensenyada amb extrema

cautela i amb un pla educatiu en ment. Per tant, cap pràctica o analogia seria suficient. Una recomanació important és establir un coneixement bàsic fort sobre l'anomenada òptica clàssica:

Propagació de la llum – La idea que la llum viatja del punt A al punt B en línia recta. Això pot ser obvi per a un adult, però un nen no pot veure el punt ja que no hi ha manera de veure-ho moure realment.

Propietats bàsiques – Reflexió i refracció de la llum, fàcil d'introduir des de la perspectiva d'un feix de partícules.

La idea de detecció i visió – La llum no és emesa pels nostres ulls, sinó reflectida per objectes en el camí d'una font de llum.

Després que la comprensió bàsica ha estat establerta, els conceptes avançats poden ser introduïts als cursos posteriors abans de la universitat:

Model d'ona de llum – Difracció / interferència i color com propietats de la llum relacionades amb les ones.

Polarització – L'angle de rotació de l'ona electromagnètica i com pot ser modificada o restringida.

Teoria quàntica de la llum – De manera limitada, la noció dels fotons com un paquet d'energia que pot ser absorbit o emès durant les transformacions d'energia.

NANOTECNOLOGIA

Atès que la nanotecnologia se situa en un punt intermedi entre la física, la química i la tecnologia, el seu estudi podria resultar beneficiós per estendre ponts entre les diverses disciplines de la ciència, la tecnologia, l'enginyeria i l'enginyeria (STEM).

Amb la participació de Jordi Díaz (doctor en Química i Ciència dels Materials; fundador de NanoEduca y NanoInventum; investigador de la Universitat de Barcelona).

Principi subjacent

La nanotecnologia es refereix a qualsevol activitat tecnològica realitzada a escales d'entre 1 i 100 nanòmetres, sent 1 nanòmetre (1nm) la mil milionèsima part d'un metre (o la mil milionèsima part si s'utilitza l'escala curta). Aquesta és l'escala dels àtoms mateixos, ja que el diàmetre de l'heli és d'aproximadament 0,1 nm.

Així, les aplicacions de la nanotecnologia són aquelles que proporcionen una miniaturització extrema o utilitzen i reorganitzen àtoms individuals a voluntat. Els enginyers estan trobant noves i impressionants propietats dels materials a nanoescala, com ara una major resistència, menor pes i variacions de color relacionades amb la mida. De la mateixa manera, moltes propietats dels materials coneguts, com ara la conductivitat o el magnetisme, mostren comportaments inesperats quan es redueixen a les seves molècules fonamentals.

Per realitzar aquest tipus de manipulacions s'han desenvolupat eines especialitzades, com els Microscopis Electrònics de Transmissió (TEM) d'alta resolució o els Microscopis de Rastreig de Túnel (STM), potents dispositius per a "veure" realment els àtoms. D'altra banda, els microscopis de força atòmica (AFM) són capaços no només de "veure" sinó de moure realment els àtoms.

Avui dia, les aplicacions desenvolupades a nanoescala són àmpliament utilitzades per moltes altres disciplines, com la química, la biologia, la medicina, la ciència dels materials i l'enginyeria.

Breu història de la nanotecnologia

Al llarg de la història s'han observat efectes pràctics de la nanoescala. El color de molts pigments es relaciona amb les diminutes nanopartícules de l'interior. Es creu que la resistència i flexibilitat de les fulles d'acer de Damasc estan relacionades amb la formació de nanotubs de carboni durant la forja. No obstant això, aquestes observacions van romandre en gran mesura inexplicables durant segles.

La idea que la nanoescala estava disponible per a l'experimentació i que els àtoms podien ser reorganitzats a voluntat, va ser abordada per Richard Feynman a la seva inspiradora conferència a Caltech el 1959 "Hi ha molt espai a la part inferior". Aquesta conferència és considerada com l'origen de la nanotecnologia actual, sent el terme utilitzat per primera vegada en 1974 per Norio Taniguchi.

Tot i la manca de tecnologia per desenvolupar realment aplicacions a nanoescala en aquest moment, el professor Feynman va descartar qualsevol limitació teòrica i predir algunes de les aplicacions que veiem avui dia.

El desenvolupament de la nanotecnologia ha estat lligat en gran mesura a la capacitat de veure i manipular coses a una escala minúscula. Així, les fites per a la seva implementació es correlacionen amb la invenció del microscopi d'escombrat de túnels (STM) i del microscopi de força atòmica (AFM), tots dos a principis de la dècada dels vuitanta.

Aquesta nova tecnologia, capaç de reordenar àtoms individuals, es va posar en marxa per primera vegada el 1989, quan IBM —desenvolupador del microscopi d'escombrat de túnels— va utilitzar un dispositiu d'aquest tipus en una impressionant demostració, tot escrivint el seu acrònim amb 35 àtoms de xenó en una superfície de níquel.

Molts han estat discutits sobre els usos potencials del reordenament atòmic, com la nanoenginyeria i la nano-robòtica. No obstant això, hi ha poques aplicacions i és un camp encara en desenvolupament.

La majoria dels avenços actuals en nanotecnologia es refereixen al nanocapado de superfícies amb ions metàl·lics, com la plata o l'or, per dotar els materials existents de millors propietats, o al disseny de noves molècules amb capacitat d'autoassemblatge per construir estructures de sota cap amunt, igual que les estructures biològiques.

Malgrat els enormes beneficis promesos, en els últims temps han sorgit algunes preocupacions per l'ús de la nanotecnologia. Se sap que els metalls pesants, com ara la plata o l'or, són cancerígens quan s'ingereixen o inhalen. De manera similar, alguna evidència suggereix que els nanotubs de carboni podrien ser tan nocius com l'asbest als nostres pulmons.

Aplicacions pràctiques a la vida quotidiana

Les aplicacions actuals de la nanotecnologia s'utilitzen principalment en la producció en massa i en la indústria, com ara la miniaturització de components electrònics o catalitzadors per capturar molècules nocives i reduir la contaminació. El ciutadà mitjà no és molt conscient d'això i, per tant, el coneixement del nanomón segueix sent una mica irrellevant en la vida diària.

No obstant això, algunes idees sobre el que succeeix en les escales minúscules podrien obrir les mentes a noves realitats, nous paradigmes i ajudar amb el pensament lateral. Els ciutadans plenament conscients de la complexa naturalesa del nostre món podrien ser més creatius i crítics.

Connexió educativa

Atès que la nanotecnologia se situa en un punt intermedi entre la física, la química i la tecnologia, el seu estudi podria resultar beneficiós per estendre ponts entre les diverses disciplines de la ciència, la tecnologia, l'enginyeria i l'enginyeria (STEM). En particular, quan l'enfocament és pràctic, els nens poden experimentar amb el magnetisme utilitzant ferrofluids (i veure el camp magnètic en 3D) o considerar les aplicacions diàries de materials superhidrofòbics a l'aula.

Referent a això, s'han realitzat alguns esforços per dur a terme activitats sobre nanotecnologia a les escoles. El conjunt d'eines "Nanoeduca" per a l'escola secundària (disponible internacionalment sota demanda) és un bon exemple d'aquests esforços, i proporciona tots els materials i instruccions necessaris, així com un pla educatiu complet per integrar les activitats a l'aula.

Els experts contactats coincideixen que les activitats sobre el nano món són molt benvingudes, tant pels estudiants com pels professors, i la resposta rebuda és molt positiva. Per part dels professors, de fet, la possibilitat d'abordar els conceptes clàssics des d'una altra perspectiva resulta molt atractiva. Molts professors se senten desconnectats dels avenços de la ciència i la tecnologia contemporànies i treballar en les bases d'un camp emergent com ara la nanotecnologia n'augmenta la motivació.

Les aplicacions de la nanotecnologia van molt més enllà del paradigma STEM i de vegades cauen en la filosofia, les ciències socials i, en última instància, l'ètica. Considerem, per exemple, les afirmacions que algunes nanopartícules podrien ser perjudicials per a nosaltres o per al medi ambient. Es pot resoldre aquest problema? Com? El reciclatge de nanopartícules ha demostrat ser bastant difícil. Són els beneficis superiors als riscos?

Exemples pràctics

Protecció i conservació: s'han desenvolupat nanomaterials per ajudar a la conservació d'obres d'art antigues, com ara les pintures. Aquests materials no només poden fusionar-se de manera més natural amb els objectes originals, sinó que també poden evitar degradacions futures millor que els mètodes tradicionals.

Caracterització de materials: les tècniques d'imatge desenvolupades per a l'estudi dels nanomaterials són d'utilitat a d'altres camps, com ara la identificació de materials trobats a l'escena d'un crim o l'avaluació de l'autor d'una obra d'art.

Nous pigments: algunes nanopartícules mostren un color o un altre depenent de la seva mida. Això ha portat al desenvolupament de nanodièsel per a moltes aplicacions. Els punts quàntics,

per exemple, s'utilitzen en biologia molecular per etiquetar proteïnes i altres molècules a les cèl·lules i estudiar la seva localització.

Nanocircuitos: encara en desenvolupament, la capacitat de miniaturitzar circuits permetria la seva integració amb qualsevol material, com ara la roba. Una vegada que la tecnologia estigui a punt, s'espera una nova era de dispositius portàtils.

Nanorobòtica: les màquines moleculars són concebudes, totalment programables i controlables, amb un enorme potencial d'aplicacions, com els robots metges que operen dins del nostre cos.

Referències bibliogràfiques

Nanoeduca: <http://nanoeduca.cat/es/inicio/>

Nano.gov (2014) "Nanotechnology timeline". United States National Nanotechnology Initiative. Available online at: <https://www.nano.gov/timeline>

Phys.org (2014) "Nanomaterials to preserve ancient works of art". Available online at: <https://phys.org/news/2014-11-nanomaterials-ancient-art.html>

ANNEX

ANNEX I

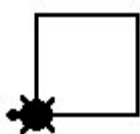
Diferències entre llenguatges de programació basats en sintaxi i llenguatges basats en blocs.

Utilitzeu **Logo** per dibuixar un quadrat de 50 píxels de costat utilitzant un bucle de repetició. El llenguatge és més simple i hi ha poca sintaxi.

```
to square
repeat 4 [forward 50 right 90]
end
```

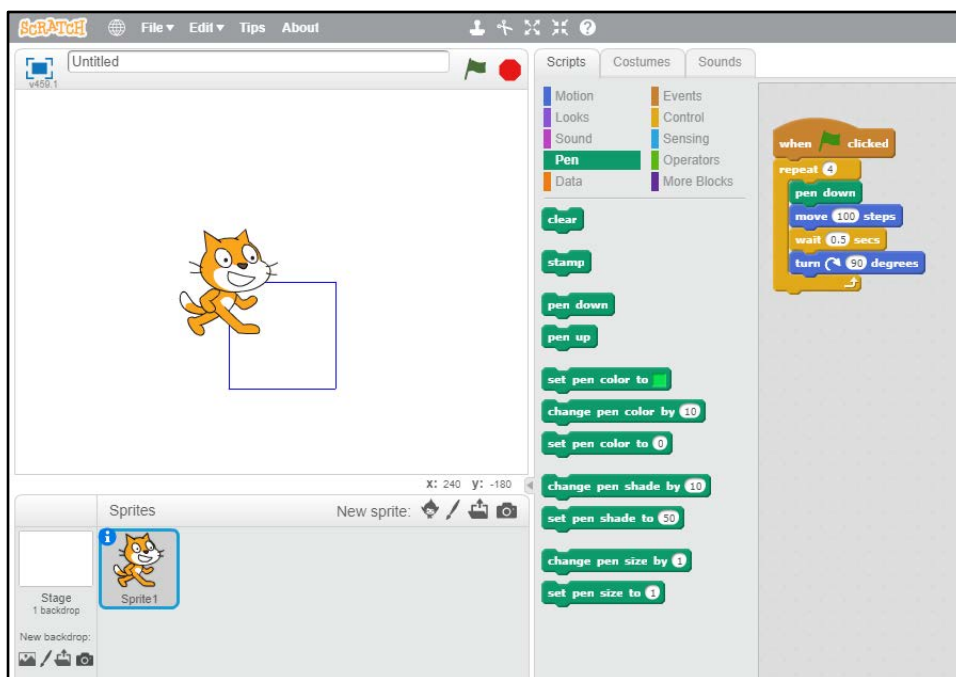


forward 50



4x right 90

Useu **Scratch** per dibuixar un quadrat de 100 píxels de costat, utilitzant un bucle de repetició. Com es pot observar, no hi ha codi amb sintaxi i per tant no hi ha possibles errors de codificació, només errors lògics de programació.



Useu **JavaScript** ((En combinació amb HTML5) per dibuixar un quadrat de 100 píxels de costat. En aquest cas no s'utilitza cap bucle, ja que el rectangle està directament definit. Es pot observar que el llenguatge és molt més complex, amb una sintaxi no intuïtiva i funcions integrades:

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<body>

<canvas id="myCanvas" width="300" height="300" style="border:1px solid
#d3d3d3;">
Your browser does not support the HTML5 canvas tag.</canvas>

<script>
var c = document.getElementById("myCanvas");
var ctx = c.getContext("2d");
ctx.rect(100, 100, 100, 100);
ctx.stroke();
</script>

</body>
</html>

```



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union