

Els físics també dubtem

Albert Gras Martí

Físic · Membre de l'IEC

Àgueda Gras-Velázquez

Smith College · EUA

Grups virtuals

Els joves fan servir hui en dia les xarxes socials com a espais per a comunicar-se i fer comentaris. De la mateixa manera, els docents i els investigadors en física tenen espais de comunicació i debat en el món digital.

En particular, les llistes de distribució són una de les eines de comunicació entre físics més antigues i més útils. A diferència de TikTok i similars, una llista de distribució funciona per correu electrònic i cada membre de la llista rep tots els correus que s'hi adrecen. No es tracta d'una pàgina web, tot i que els missatges s'arreglen en un lloc web, habitualment allotjat en una universitat o en el portal d'una associació de físics.

Un exemple de llista de distribució és la llista de correu electrònic de l'Associació Curie, que arreplega més d'un centenar de docents de ciències, principalment professors de Física i Química de secundària. Actualment, l'Associació també disposa d'un grup de WhatsApp.

Altres exemples d'eines de comunicació professional són la Physics List i la PHYSLRNR (Physics Learner's list), dues llistes nord-americanes de distribució per correu electrònic amb centenars de membres de tot el món que diàriament envien missatges amb dubtes, propostes i qüestions sobre temes de física, tant en l'àmbit de la investigació com de l'ensenyament. Sovint s'hi fan debats bastant participats sobre temes concrets de física, però també sobre ciència i religió, sobre programació per computador, sobre les relacions de la física amb altres àmbits del coneixement, sobre metodologies d'ensenyament i llibres de text, etc. Les notes sobre seqüenciació en l'aula de temes de física, que discutirem més avall, s'han inspirat en un d'aquests debats.

La física no és fàcil

Quan una persona acaba el grau en Física i es vol dedicar a la docència o a la investigació, sol pensar que ja en sap bastant i que es tracta de practicar la física que ha après. Tanmateix, a poc a poc ens adonem que la física és, efectivament, una matèria difícil; es requereix molt d'esforç per arribar a comprendre-la i per a poder fer-la servir com a eina interpretativa d'alguns aspectes del nostre món físic.

Parlant de la teoria quàntica, una branca de la física desenvolupada en el primer terç del segle XX, Richard Feynman declarava (més o menys literalment), que ningú no entén, realment, la física quàntica.

Podeu trobar en Internet un munt de declaracions semblants d'altres pares fundadors de la

quàntica. Tanmateix, la física anomenada clàssica també presenta dificultats. La caricatura següent, no molt allunyada de la realitat dels docents, explica el procés pel qual passem els professors de física quan comencem a impartir una matèria per primera vegada.

Conten d'un docent que quan va explicar a l'aula uns determinats conceptes de física per primera vegada, cap dels seus alumnes va entendre res. Tanmateix, com que el docent era molt i molt responsable, va explicar el tema de bell nou. Tampoc el van entendre els alumnes. Com a bon docent, no li va recar explicar-los-ho per tercera vegada i, aleshores, ell ho va entendre!

Explicar-ho als iaïos

Conscients d'aquesta realitat, nosaltres aconsellem als alumnes que, després d'haver estudiat algun nou concepte, una nova teoria, una explicació d'algun fenomen físic, etc., quan arriben a casa tracten d'explicar-li-ho als seus iaïos o a algun familiar adult fent servir només paraules, cap fórmula. Si resulta que els familiars del nostre alumne no ho entenen, aleshores és el mateix alumne qui tampoc no ho ha entès!

Un altre exemple de la dificultat de la física queda retratat en les paraules del físic teòric Sommerfeld sobre l'aprenentatge de la termodinàmica, una branca de la física clàssica desenvolupada principalment en el segle XIX.

La termodinàmica és una matèria curiosa. La primera vegada que l'estudies, no l'entens en absolut. La segona vegada que l'estudies, creus que l'has entesa, tret d'uns quants aspectes concrets. I la tercera vegada que l'estudies ja saps que no l'entens, però t'has habituat tant al seu llenguatge que ja no et provoca cap angoua.

La seqüenciació de continguts: conceptes en espiral

A la vista de les dificultats que hem assenyalat que té la física, no sorprendrà que, fins i tot en una ciència tan ben establida com la física clàssica newtoniana, hi haja debats entre els físics sobre com s'han d'introduir a l'aula els conceptes corresponents.

Una proposta que té molt de consens és la del mètode d'introducció de conceptes en espiral. Es tracta d'introduir els nous conceptes de manera breu, segons es requereixen per a explicar algun experiment o algun fenomen físic. Més endavant, quan ens els trobem de nou, es tornaran a discutir amb més i més detall i profunditat. Tot aquest procés es repetirà al llarg del curs o dels



Richard Feynman (1918-1988). Font: https://ca.wikipedia.org/wiki/Richard_Feynman (Copyright Tamiko Thiel 1984 sota llicència CC BY-SA)



Sommerfeld (1868-1951). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sommerfeld,_Arnold_1935_Stuttgart.jpg

cursos següents. Progressivament, doncs, ens familiaritzarem amb cada concepte, a ritmes diferents segons el concepte, i amb les especificitats de l'ús particular a l'hora d'explicar processos físics. Un exemple de com pot funcionar el mètode d'ensenyament-aprenentatge progressiu és l'estudi de la termodinàmica, segons la cita anterior de Sommerfeld.

Una de les hipòtesis de treball del mètode d'introducció de conceptes en espiral és que no té cap rellevància quin concepte s'ha d'introduir primer. Ben cert és que no hi ha res intrínsec en la física que determine quin tema hauria d'explicar-se en primer lloc, i també sabem que la cronologia històrica sobre la comprensió d'un concepte per part de la comunitat científica no és una guia rígida per al docent. Més aviat, són sovint factors extrínsecs els que afavoreixen una seqüència de continguts sobre l'altra.

Com a exemple de com de flexible pot ser l'ordre d'introducció dels conceptes, esmentarem que molts llibres de text de mecànica clàssica comencen amb forces i no arriben al tema de l'energia fins molt després. Per contra, les lliçons de física de Feynman en tres volums tracten el tema de l'energia, i la seua conservació, en el capítol 4 del volum I, i no esmenten gairebé les forces fins al capítol 7, ni parlen de les lleis de Newton fins al capítol 9. En efecte, l'experiència de molts docents indica que qualsevol de les dues maneres d'abordar aquests conceptes bàsics de mecànica funciona perfectament. La física que s'aprèn és també la mateixa.

Factors extrínsecs

D'altra banda, també s'han de tenir en compte factors extrínsecs a l'hora de confegir el temari d'una assignatura. Per exemple, suposem que el curs de mecànica esmentat adés s'ofereix al mateix temps que els alumnes estan aprenent càlcul. Com que ens agradaria poder definir els conceptes de velocitat i acceleració en termes de derivades de la posició, aleshores convindria endarrerir la introducció d'aquests conceptes fins que s'haja discutit la idea de derivades en l'assignatura Matemàtiques. En aquest cas, caldria començar el curs de física amb unes idees que no necessiten derivades, i el concepte d'energia i la seua conservació són candidats òptims.

Òbviament, per tal que aquesta seqüenciació de continguts siga eficaç per als alumnes cal coordinar els cursos de matemàtiques i de física, cosa que requereix alguna persona que siga experta en les dues matèries i que tinga habilitats pedagògiques i capacitat organitzativa (i poder) en l'escola. Una altra opció, com més va més recomanada, és que els mestres de les diferents matèries (no només de Física i Matemàtiques) es coordinen perquè allò que expliquen estiga connectat (el que diuen en anglès Integrated STEM teaching o ensenyament de les ciències, tecnologies, enginyeria i matemàtiques de manera integrada).

Com a conclusió, no es tracta d'advocar que sempre cal començar per explicar què és l'energia, abans que el concepte de força, en qualsevol curs introductori de física. La seqüenciació que triem dependrà de factors extrínsecs particulars en cada situació. L'exemple anterior sobre energia i forces vol mostrar que la física ens dona una gran flexibilitat i que, gràcies al mètode d'ensenyament-aprenentatge en espiral, l'elecció de per on començar té molt poca influència, a la llarga, sobre l'aprenentatge de la matèria.

La lenta evolució dels conceptes

Els docents ens frustrem si els alumnes tarden a entendre conceptes físics, i sovint oblidem que cada concepte ha tingut una història, sovint de segles, de disputes i controvèrsies entre científics, d'avanços i retrocessos en la comprensió de l'abast i les implicacions de cada concepte. Això val, fins i tot, per a magnituds quotidianes, com la de velocitat. Ja vam explicar en el retall de DAUALDEU que la comprensió del significat de velocitat mitjana no forma part del bagatge comú entre la població. Els conceptes d'entropia o el d'àtom en són altres exemples.

En un proper retall parlarem del concepte d'acció, una magnitud essencial en la física contemporània, que va nèixer i es va desenvolupar lentament entre els segles XVII i XX. D'aquesta magnitud, però, encara no tenim una bona descripció qualitativa, és a dir, no podem fer-nos-en una imatge mental senzilla que puguem transmetre als nostres alumnes, com sí que tenim de les idees d'energia o d'acceleració. Els físics, ara per ara, no som capaços, per tant, de parlar de la magnitud física de l'acció amb els nostres iaïos sense tirar mà de gràfiques i de fórmules matemàtiques.