



GESTIÓ DE TREBALLS INDIVIDUALITZATS EN GRUPS GRANS

Jaume Pitarch Portero
Facultat de Ciències
Departament de Física
jaime.pitarch@udg.edu

Elena Roget Armengol
Facultat de Ciències
Departament de Física
elena.roget@udg.edu

Objectius

Aquesta pràctica respon a dos dels objectius generals que es plantegen en els nous estudis de Grau:

- Treballar per al desenvolupament de l'autonomia de l'alumne
- Realitzar una avaluació continuada

En aquest context, es demana als alumnes de la Facultat de Ciències que facin un treball autònom que s'avalua. Els grups de primer curs són però, d'uns 70 alumnes per la qual cosa cal explorar noves metodologies que permetin, en grups nombrosos, guiar i avaluar un treball individualitzat per tal d'assegurar que es treballa l'autonomia de l'alumne.

Més concretament, la pràctica que es presenta, s'ha pensat per a l'assignatura de Física de primer en la qual, entre d'altres competències, hi ha la d'aprendre a interpretar qualitativament i quantitativament un conjunt de dades en un protocol marc.

En aquest sentit, es proposa una pràctica en què l'alumne no només ha de fer els càlculs i interpretar-los sinó que a més pot treballar en definir aspectes que facin que un treball plantejat en abstracte s'acosti més o menys a alguna realitat, depenent dels seus interessos.

Es proposa una pràctica concreta que alguns grups de primer de Física ja han fet durant el curs 2010-2011. El mètode de gestionar els treballs individualitzats en grups grans és extrapolable a altres disciplines que estudiïn conceptes quantificables i que es puguin treballar en un full de càlcul.

Desenvolupament

Plantejament general

Es presenta una pràctica teòrica guiada que conté conceptes generals quantificables que es poden concretar de diverses maneres i que l'alumne pot treballar a casa o a les aules d'estudi de la universitat. El treball es presenta al grup en una classe de problemes i se'ls dona un guió escrit on es planteja un problema general per al qual cada alumne definirà les dades amb les que treballarà. Com que les dades inicials seran diferents també ho seran els càlculs posteriors. El treball es divideix en dues parts. En la primera part, es defineix el problema i es veu com treballar numèricament amb els conceptes que es van tractant i, en la segona, es treballa sobre el que s'ha fet en la primera part però aprofundint en conceptes més complexes.

Per al tractament numèric i gràfic de les dades, es treballa en l'entorn Excel o equivalent. Per a la interacció alumne/professor es fa ús –tot i que no exclusivament– de la tecnologia *moodle*, que consisteix a un entorn web dissenyat expressament per objectius acadèmics. El *moodle* permet penjar materials docents classificats per temes, però també permet l'entrega i la avaluació de treballs. El professor té a més un espai per comunicar-se directament amb l'alumne tant per parlar del treball com d'altres aspectes organitzatius.

Un cop feta la primera part del treball, l'alumne el penja i el professor el revisa i indica a l'alumne, també a través de la intranet docent, en què s'equivoca i els aspectes formals que s'han de corregir. En aquest nivell, creiem convenient donar una nota parcial (veure l'apartat d'Avaluació) perquè l'alumne avaluï millor el grau d'acompliment que ha aconseguit del que se li proposa i valori millor quin esforç li caldrà fer per acabar el treball en garanties. Si l'alumne entén els comentaris que el professor li fa a través del *moodle*, ha de corregir el que ha fet malament i fer la segona part. Si no ho entén, es demana una sessió de tutoria abans de passar a fer la segona part.

En diferents punts del treball, és bo dirigir l'alumne cap a resultats coneguts, ja que facilita la correcció del treball per part del professor a l'hora que permet repassar resultats rellevants que s'han presentat a teoria.

En la segona part del treball es demana a l'alumne continuar dissenyant el problema en el que treballa, ara ja amb eines que coneix bé, i abordant conceptes més complicats. En acabar aquesta segona part l'alumne torna a penjar el treball i el professor pot realitzar altra vegada els comentaris que considera necessaris en una casella de la mateixa finestra i avaluar la segona part. Finalment, el professor qualifica el treball globalment (veure apartat d'Avaluació) i aquesta nota passa automàticament a l'avaluador del *moodle*, que la pondera adequadament amb altres proves puntuables que es plantegen dins de la mateixa assignatura.

Plantejament particular

Es tracta d'un treball aplicat de cinemàtica del punt material, que és un tema que tradicionalment es presenta de forma molt abstracta i matemàtica. El treball es proposa després del primer parcial en què han vist cinemàtica, treball i energia, etc., i pretén ajudar-los a sedimentar/aclarir conceptes que ja saben i que els serviran per altres temes posteriors com per exemple, quan es treballin els camps elèctric i magnètics. La pràctica ocupa als alumnes unes 20 hores distribuïdes en 5 setmanes.

En primer lloc, se'ls demana que dibuixin en un full mil·limetrat una trajectòria tancada –és bonic veure com els alumnes hi posen creativitat i il·lusió– i que hi marquin 100 punts no equidistants a l'hora que han de fer constar una escala determinada. En base a aquesta trajectòria i suposant que el temps transcorregut per anar d'un punt a l'altre és sempre el mateix (els alumnes també el defineixen en funció del que han imaginat) se'ls guia per a què calculin els vectors velocitat, els diferents components de l'acceleració, el radi de la trajectòria a cada punt...i que representin els resultats els quals han de comentar sempre en referència a la corba que han dibuixat. Donat que la trajectòria és única per a cada alumne, també ho seran les seves dades numèriques. Com que no es té el vector de posició en forma analítica, sinó que simplement es té un conjunt de dades, les derivades s'aproximen per increments finits. Per exemple, amb el càlcul de la component x de la velocitat:

$$v_x = \frac{dx}{dt} \approx \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (1)$$

A la primera part del treball, es demanen les components de la velocitat i el seu mòdul, i l'angle d'inclinació de la trajectòria. En aquest punt de la pràctica és molt important la interacció amb el professor (veure el subapartat anterior) ja que aquest veu si l'alumne té el problema ben plantejat, si entén el que se li demana i si domina o no les eines que se li proposen.

La segona part és més complexa. Es demana el vector acceleració, les dues components tangencial i normal i el radi de curvatura.

Es demana també l'espai recorregut des que es va iniciar el moviment. Aquest càlcul es fa amb una integral, que per la majoria dels casos no té solució analítica:

$$s = \int_{\tau=0}^{\tau=t} \sqrt{dx^2 + dy^2} \approx \sum_{j=0}^{j=i} \sqrt{\Delta x_j^2 + \Delta y_j^2} \quad (2)$$

Com es pot veure, també es poden fer integrals de forma numèrica amb l'Excel substituint els diferencials per increments. Aquest exercici ajuda a entendre la integral com una suma d'increments petits.

Posteriorment, es treballa el concepte de camp de força. Es demana a l'alumne que s'inventi una funció potencial i que generi un camp de forces a partir del seu gradient, de forma analítica. El

concepte de camp potencial sol ser difícil d'entendre per l'alumne però un cop l'ha definit, si vol, en un full apart de l'Excel pot generar-lo a tot l'espai bidimensional on ha construït la trajectòria, visualitzar-lo i veure com varia si es defineix de manera diferent. La visualització del camp potencial ajuda també l'alumne a entendre el camp de forces.

Considerant la força que actua en cada punt de la trajectòria, s'ha de calcular de forma numèrica el treball realitzat després d'haver recorregut tota la trajectòria tancada. Com que el camp és conservatiu, el treball total ha d'aproximar-se molt a zero:

$$W = \oint \vec{F} \cdot d\vec{r} = \oint (F_x dx + F_y dy) \approx \sum (F_x \Delta x + F_y \Delta y) \approx 0 \quad \text{perquè } \vec{F} = -\nabla U \quad (3)$$

Aquest apartat també ajuda a aclarir el concepte d'integral, com també el concepte físic de treball.

L'apartat opcional demana l'energia perduda per una força no conservativa proporcional al quadrat de la velocitat. Com que la força de fregament sempre porta sentit contrari al moviment, es pot fer el càlcul de la forma:

$$W_f = \oint \vec{F} \cdot d\vec{r} = -\oint kv^2 dr \approx -\sum_j kv_j^2 \Delta r_j, \quad (4)$$

$$\text{on } \Delta r_j = \sqrt{\Delta x_j^2 + \Delta y_j^2}. \quad (5)$$

Càlcul de posicions			Càlcul de velocitats		
T (s)	X (cm)	Y (cm)	v _x (m/s)	v _y (m/s)	v (m/s)
0.00	5.7	16.6	= (B4-B3)/(A4-A3)	10.00	140.36
0.01	4.3	16.7	-110.00	-50.00	120.83
0.02	3.2	16.2	-40.00	-80.00	89.44
0.03	2.8	15.4	-40.00	-70.00	80.62
0.04	2.4	14.7	-20.00	-50.00	53.85
0.05	2.2	14.2	-40.00	-110.00	117.05
0.06	1.8	13.1	-5.00	-100.00	100.12
0.07	1.8	12.1	-5.00	-60.00	60.21
0.08	1.7	11.5	10.00	-120.00	120.42
0.09	1.8	10.3	10.00	-80.00	80.62
0.10	1.9	9.5	20.00	-90.00	92.20
0.11	2.1	8.6	40.00	-100.00	107.70
0.12	2.5	7.6	50.00	-100.00	111.80
0.13	3.0	6.6	100.00	-130.00	164.01
0.14	4.0	5.3	150.00	-130.00	198.49
0.15	5.5	4.0	140.00	-80.00	161.25

Figura 1. Taula de dades y càlculs

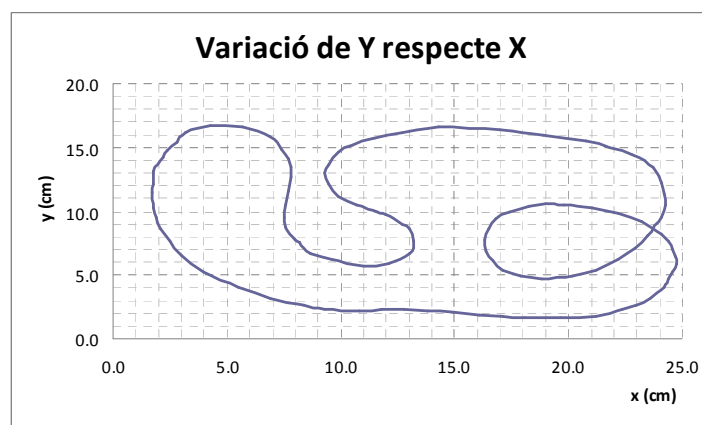


Figura 2: Gràfic elaborat a partir de les dades

Avaluació

Tal com s'ha comentat en l'apartat de Plantejament el treball s'avalua en dues parts. En la primera la nota és del 40% . També podria ser del 30% però en tot cas, creiem que ha de ser significativa però no superior al 40% per tal que no hipotequi del tot la nota final del treball. Així, la segona part que conté el gruix de la matèria i té major dificultat, puntua un 60%. L'apartat optatiu suposa un 10% extra de la nota màxima total.

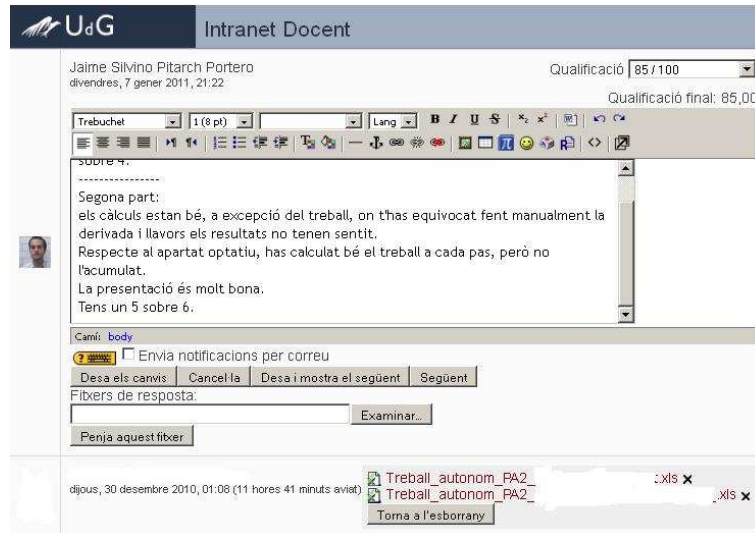


Figura 3: Retroacció amb el moodle

Els resultats d'una primera experiència realitzada durant el curs 2010-2011 són els següents: 103 aprovats i 31 suspesos de 134 treballs presentats.
Nota mitjana: 6.376. Desviació típica: 2.37

Histograma:

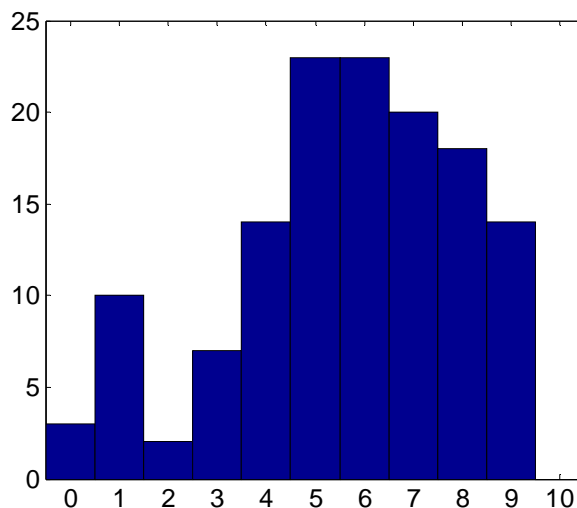


Figura 4: Histograma de les qualificacions

Conclusions

Generals

El grau de llibertat que es dona a l'alumne a l'hora de definir el problema fa que aquest senti el treball com un projecte personal i el desenvolupa amb més motivació.

El fet que en punts determinats del treball l'alumne hagi de trobar resultats coneguts és positiu tant si els obté (llavors es sent estimulat perquè ho fa bé) com si no (és un punt d'atenció que alguna cosa s'ha de revisar).

En plantejar una pràctica numèrica, es tracten aspectes que van molt més enllà d'un curs de física general:

- Treballar amb un full de càlcul i descobrir les seves possibilitats.
- Iniciació al càlcul numèric: discretització d'una corba i aproximació numèrica de derivades i integrals. Aquest apartat té una gran importància, ja que al programa d'estudis no hi ha cap assignatura de càlcul numèric o semblant. (Es podria dir alguna cosa similar si es plantegés, per exemple, un treball d'estadística).
- Consolidació dels conceptes, degut a la diferent perspectiva i al gran component visual del treball. Amb l'automatització dels càlculs via Excel, es facilita treballar amb un gran volum de dades i per tant abordar aplicacions que no es poden fer manualment a classe de problemes.
- Foment de bones pràctiques de presentació de les taules i les gràfiques.

En tractar-se d'un treball que es va construint al llarg d'un cert temps, s'afavoreix la consolidació dels conceptes amb els quals es treballa.

Avaluar amb total objectivitat els treballs que els alumnes desenvolupen de forma autònoma i per tant diferent entre ells, continua essent difícil si bé aquest tipus de treball –individualitzat però igual en certa forma per a tothom– facilita la definició d'ítems valorables i quantificables per part del professor.

Aquesta pràctica només requereix de recursos informàtics que estan a l'abast de l'alumne i pot ser proposada en cursos consecutius ja que no s'esgoten les possibilitats d'imaginar trajectòries i camps i, per tant, sempre serà diferent. Si el professor té el dubte de si ha vist un treball igual en algun any anterior, sempre pot comprovar que no sigui així al *moodle*.

Particulars

Amb aquest treball, els alumnes consoliden conceptes importants en física com són els de velocitat, acceleració, camp potencial, força conservativa i força dissipativa. També per alguns és l'ocasió d'entendre bé les diferències entre variables escalars i vectorials i com treballar-hi.

L'aproximació numèrica al càlcul diferencial ajuda a entendre conceptes matemàtics abstractes.

Matemàticament, aprenen que una derivada és un quocient de dos increments petits, o que una integral és una suma de moltes parts petites. Aprenen que, en situacions reals, sovint no es disposa d'expressions analítiques, sinó de taules de valors, i que per tant, cal recórrer al càlcul numèric per obtenir els resultats finals. Els alumnes també entenen que la precisió dels resultats depèn de la densitat de punts triada i repassen el concepte d'error absolut i error relatiu.

Amb la part gràfica, els alumnes aprenen que és important una correcta presentació de les dades en gràfiques i taules i que a partir d'aquestes es pot extreure molta informació del procés que s'estudia.

Bibliografia

Tipler, P. A. i Mosca, G. (2010). Mecánica, oscilaciones y ondas, Termodinámica. Dins *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 1) (6ª edición). Editorial Reverté.