



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

NOVES METODOLOGIES DOCENTS PER MILLORAR L'APRENTATGE EN L'ASSIGNATURA D'ÒPTICA DEL GRAU DE FÍSICA

- Martín-Badosa, Estela¹
estela.martinb@ub.edu
- Juvells, Ignasi¹
ignasi.juvells@ub.edu
- Vallmitjana, Santiago¹
santi.vallmitjana@ub.edu
- Bosch, Salvador¹
sbosch@ub.edu
- Carnicer, Artur¹
artur.carnicer@ub.edu

(1) Universitat de Barcelona
Departament de Física Aplicada i Òptica, Facultat de Física
c/ Martí i Franquès, 1. 08012 Barcelona, Espanya

1. **RESUM:** En el curs 2010/2011 es va impartir per primer cop la nova assignatura d'Òptica de grau. A diferència del que succeïa en l'antiga llicenciatura de Física, les pràctiques de laboratori estan incloses en l'assignatura de teoria i problemes i es fan simultàniament. Volem introduir una sèrie d'eines d'auto-aprenentatge i avaluació per tal que els alumnes puguin assolir una sèrie de coneixements prèviament a les sessions de laboratori, de forma que el grau d'aprofitament de les pràctiques sigui major.
2. **ABSTRACT:** In the academic year 2010/2011 a new course in Optics was taught for the first time within the degrees of Physics and Physics and Mathematics. This subject includes master classes in theory, problems and also laboratory experiments. Therefore,



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

the experiments in the laboratory and the theoretical lessons are taught simultaneously, while in the past the laboratory sessions were separate to the theory and problems course, and taught afterwards. In this work, we intend to design a series of self-learning and self-assessment tools in order to enable students to gain the necessary knowledge and background before attending the laboratory sessions.

- 3. PARAULES CLAU** Educació en Física, educació en pràctiques de laboratori, auto-aprenentatge, moodle, applets / **KEYWORDS** Physics education, laboratory sessions education, self-learning, moodle, applets

4. DESENVOLUPAMENT:

Amb la implantació dels nous graus de la Universitat de Barcelona, el curs 2010/2011 es va impartir per primer cop la nova assignatura d'Òptica. És una assignatura de 9 crèdits, obligatòria de quart semestre en el nou grau de Física i de cinquè semestre en el grau conjunt de Física i Matemàtiques. Aquesta assignatura té una part de teoria, una de problemes i una de pràctiques de laboratori. En l'antiga llicenciatura de Física hi havia una assignatura d'Òptica de 9 crèdits (6 de teoria i 3 de problemes), de quart semestre, i una assignatura independent (Laboratori d'Òptica, cinquè semestre) de 4.5 crèdits, on es feien pròpiament les pràctiques en un laboratori.

Durant els quatre semestres en què venim impartint aquesta nova assignatura hem detectat una sèrie de dificultats, que caldria superar:

1. En l'antiga llicenciatura, pràcticament tots els alumnes solien cursar l'assignatura de Laboratori d'Òptica amb posterioritat a l'assignatura de teoria i problemes d'Òptica. Ara, en canvi, en estar les pràctiques incorporades dins d'una mateixa assignatura, quan els alumnes les realitzen no tenen perquè saber la teoria associada a aquella realització pràctica. Tot i que cada pràctica consta d'un guió detallat on se'ls hi proporciona la informació necessària, i que han d'haver llegit i estudiat abans de la classe corresponent, no sempre és així i, a més, en general no tenen temps d'assimilar allò que se'ls hi explica de



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

manera resumida. Això suposa que el grau d'aprofitament de les sessions pràctiques sigui menor del que era en el passat.

2. El pes de les pràctiques de laboratori s'ha reduït considerablement en la nova assignatura, tant pel que fa a les hores de dedicació de l'alumne com pel que fa a l'avaluació de les competències associades a aquesta part de la matèria d'Òptica. Tot i que hem intentat adaptar-nos a les noves circumstàncies reduint tant el nombre de pràctiques que cada alumne realitza com la llargada de l'informe de resultats que han de lliurar sobre cadascuna d'elles, en general el nombre d'hores de dedicació de l'alumne sol ser més alt que el que correspondria.

Per això, pensem que cal posar en marxa noves estratègies i actuacions docents per tal de millorar l'aprenentatge dels estudiants en aquesta part més pràctica de l'assignatura i, de retruc, en les altres vessants de la mateixa. Volem fer incidència en els dos aspectes que s'han comentat més amunt: d'una banda, la preparació de l'alumne abans d'assistir a les pràctiques de laboratori i, d'una altra, el mètode d'avaluació de les competències i les hores de dedicació de l'alumne.

a) Objectius

L'objectiu d'aquest projecte és introduir noves metodologies docents en l'assignatura d'Òptica per tal que els alumnes aprofitin millor les pràctiques de laboratori de la mateixa, així com adequar l'avaluació al nombre de crèdits d'aquesta part. En concret, s'introduiran eines d'auto-aprenentatge i avaluació per tal de facilitar el treball autònom i millorar la preparació prèvia dels alumnes. Amb això volem garantir que durant les sessions de laboratori els alumnes tinguin els coneixements teòrics necessaris per tal de poder assolir les competències previstes al pla docent de l'assignatura. Pensem, a més, que això incidirà també en el grau de motivació dels estudiants, així com en la interacció amb els professors. Les pràctiques es fan per parelles (fomentant competències transversals com el treball en grup) en classes reduïdes de 28 alumnes i estan supervisades per dos professors. El contacte, per tant, és més personalitzat, i és un bon entorn per tal que els estudiants puguin



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

aprendre no només els aspectes més pràctics de la matèria, sinó d'altres més fonamentals. Un bon aprofitament de les pràctiques beneficiaria l'aprenentatge de la part teòrica i de problemes, ja que els alumnes estarien familiaritzats amb la matèria.

D'altra banda, l'avaluació de l'assignatura s'ha de modificar tenint en compte el pes de les pràctiques en l'assignatura global i el foment de la preparació prèvia de l'alumne. L'objectiu és posar més èmfasi en les hores de dedicació dels estudiants abans de fer les pràctiques i reduir-les en el treball que fan a posteriori. Creiem que reduir la dedicació en aquesta part permetrà que els alumnes disposin de més temps per anar treballant la matèria que donen a teoria i resoldre els problemes abans d'anar a classe. Com les pràctiques es fan simultàniament, amb el sistema actual hem detectat que els alumnes dediquen molt temps a preparar els informes de pràctiques i, de vegades, deixen desateses les altres vessants. L'objectiu és corregir aquesta tendència per tal que els estudiants treguin un rendiment màxim de l'assignatura.

Per assolir aquests objectius, volem aprofitar les eines d'auto-aprenentatge i avaluació individual que proporciona el campus virtual de la Universitat de Barcelona, desenvolupada amb Moodle 2.x [1], així com un conjunt d'*aplets* que simulen diferents fenòmens d'Òptica Geomètrica i d'Òptica Física, dissenyats fa un temps pel Grup d'Innovació Docent en Òptica Física i Fotònica [2-4].

b) Descripció del treball

Les pràctiques de l'assignatura d'Òptica del grau de Física i del grau de Física i Matemàtiques es fan en un laboratori, simultàniament a la impartició de les classes de teoria i problemes en una aula convencional. En grups de 28 alumnes com a màxim, cada setmana cada parella fa una pràctica diferent de les 7 que es detallen en la taula 1, de manera rotatòria.

En el campus virtual de l'assignatura els alumnes disposen d'un guió per pràctica, que inclou els següents apartats: introducció teòrica, realització experimental i anàlisi de resultats. Abans de cada sessió, els alumnes s'han d'haver preparat la pràctica i llegit el



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

guió. Un cop realitzats els experiments, han d'elaborar un informe curt de resultats i comentaris, que es lliura la següent setmana.

Taula 1: Llistat de pràctiques i *applets* relacionats amb cadascuna

Pràctica	<i>Applet</i>
P1: Disseny i construcció d'instruments òptics	Traçat de raigs
P2: Polarització de la llum	Polarització de la llum i lleis de Fresnel
P3: Reflexió de la llum en medis dielèctrics	Polarització de la llum i lleis de Fresnel
P4: Interferències de Young: biprisme de Fresnel	Interferències de Young
P5: Interferòmetre de Michelson	Interferòmetre de Michelson
P6: Difracció	Difracció de Fresnel i Fraunhofer
P7a: Mesura de l'índex de refracció i la dispersió d'un vidre	Dispersió de la llum
P7b: Espectrometria	Dispersió de la llum / Difracció

Eines d'auto-aprenentatge

Per incentivar la preparació prèvia de l'alumne, s'ha dissenyat un petit qüestionari que l'alumne ha de contestar abans de cadascuna de les sessions de laboratori i que, com veurem més endavant, tindrà un cert pes en l'avaluació.

Per això, s'han preparat una bateria de preguntes tenint en compte les següents premisses i objectius:

- L'alumne ha d'haver llegit en profunditat i entès el guió de la pràctica.
- L'alumne ha d'estudiar pel seu compte la teoria associada a la pràctica, tant si el professor de teoria ja ha donat la matèria en qüestió com si no. Amb la introducció teòrica amb què comença el guió n'hauria de tenir prou, però també pot ampliar aquesta informació amb altres eines, com els apunts de teoria disponibles al campus virtual i les referències bibliogràfiques, si ho considera necessari.
- Com a eina extra, l'alumne disposa del conjunt d'*applets* per a simular els diferents fenòmens que veurà al laboratori. Per a fomentar el seu ús, algunes de les preguntes en faran referència explícita.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

Tot i que cada pràctica és diferent, com a concepte general s'han generat tres paquets de preguntes que fan incidència en els següents aspectes: (i) teoria, (ii) muntatge experimental i qüestions pràctiques, (iii) altres conceptes (ús dels *applets*). S'han preparat i incorporat al campus virtual de l'assignatura al voltant de 15 preguntes per bloc, de manera que cada alumne ha de respondre un qüestionari curt de tres preguntes (una de cada paquet) triades a l'atzar, de forma que tots els aspectes anteriors quedin coberts.

S'han programat els qüestionaris per tal que cada setmana estigui obert el que li pertoca a cada alumne, fins un moment abans de realitzar la pràctica corresponent. El temps per a visualitzar i contestar el qüestionari està limitat, amb l'objectiu que l'alumne es llegeixi el guió i es prepari la teoria que acompanya abans de conèixer les preguntes, i evitar que es limiti a contestar el qüestionari sense un esforç previ. Un cop omplert el qüestionari i enviat per a ser qualificat, rep les respostes correctes i la nota obtinguda.

El que es pretén, doncs, és que el qüestionari serveixi com a eina d'auto-aprenentatge però essencialment que fomenti la preparació prèvia de l'alumne, sense que comporti un augment de la seva dedicació.

Avaluació

El pes en l'avaluació de les diferents parts de l'assignatura d'Òptica està detallat en la taula 2. La part de teoria i problemes s'avalua amb un examen final escrit. Per afavorir l'estudi i aprenentatge progressiu, els alumnes es poden acollir a la modalitat d'avaluació continuada, en què part de les destreses s'avaluen al llarg del curs. Aprofitant les eines d'auto-aprenentatge de què disposem, tradicionalment hem proposat un parell d'exercicis llargs que els alumnes han de resoldre individualment a casa mitjançant l'ús dels *applets*.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

Taula 2: pes de cada part en l'avaluació de l'assignatura (sobre 10)

	<i>Avaluació única</i>	<i>Avaluació continuada</i>
Teoria i problemes: 8	Examen final: 8	Examen final: 7
		Exercicis <i>applets</i>: 1
Pràctiques: 2	Informes: 1	
	Nota informe final = Mitjana informes + $\frac{\text{Mitjana qüestionaris}}{2} - 0.25$	
	Qüestionaris: (1) poden pujar o baixar fins a 0.25 punts de la nota dels informes, però aquesta sempre ha d'estar entre 0 i 1	
	Prova pràctica: 1	

Pel que fa a la part de pràctiques, que compta un 20% de la nota final, la meitat de la nota és la mitjana dels informes (que es poden fer individualment o per parelles) i l'altra meitat prové d'una prova pràctica individual que es fa al final de curs. En aquesta, els alumnes realitzen un tros d'una de les pràctiques i contesten oralment les preguntes dels professors, cosa que ens permet avaluar les destreses experimentals dels estudiants, d'una banda, així com altres competències més transversals com la comunicació oral, agilitat mental, etc.

Amb la nova metodologia docent proposada es pretén adequar les hores de dedicació de l'alumne als crèdits de l'assignatura i, a la vegada, fomentar la seva preparació. Per complir aquest doble objectiu, pensem que els qüestionaris han de comptar d'alguna manera en la nota final i, d'altra banda, han de treure pes als informes per tal que els alumnes es puguin descarregar de feina. Per això proposem que serveixin per a modular la nota dels informes, pujant o baixant-la fins a 0.25 punts (tenint en compte que mai pot ser inferior a 0 o superior a 1). Contestar el 100% de les preguntes bé/malament suma/resta 0.25 punts, mentre que fer-ne la meitat correctament no modifica la nota dels informes. Així, un alumne que faci força bé els informes i que, a més, demostrï una bona preparació i coneixements de la matèria abans de fer les pràctiques, podria tenir la màxima nota per aquest concepte. El nivell de les preguntes s'ha adequat tenint en compte que el qüestionari pretén ser una eina que propiciï i premiï la preparació i l'aprenentatge autònom, més que pròpiament un indicador.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

D'altra banda, en l'avaluació s'han intentat recollir evidències de diferents tipus: en la part de teoria, a l'examen final individual acompanyen (en modalitat d'avaluació continuada) uns exercicis fets a casa al llarg del curs, mentre que en la part de laboratori els qüestionaris són individuals i es fan a casa prèviament, la prova pràctica és individual i a posteriori, i els informes es fan a casa, bé individualment o bé per parelles.

c) Resultats

La nova metodologia s'ha implantat per primer cop en el segon semestre del curs 2014/2015, amb un total de 100 estudiants. L'examen escrit de teoria i problemes encara no s'ha realitzat i, per tant, analitzarem només la incidència del canvi de metodologia en l'avaluació i aprenentatge de les pràctiques.

La figura 1 (primera fila) mostra la distribució de la nota dels qüestionaris de pràctiques per als 100 alumnes, clarament esbiaixat cap a les notes positives (0.70 ± 0.13 , mitjana i desviació estàndard). A només un 6% d'alumnes contestar els qüestionaris els repercuteix negativament en la nota dels informes, mentre que a la resta els serveix per pujar nota. Les puntuacions dels informes estan més concentrades al voltant del 75% de la màxima (0.76 ± 0.08) - i els qüestionaris encara desplaçarien els resultats finals cap a notes més altes -, mentre que hi ha més variabilitat en les notes de la prova pràctica (0.65 ± 0.20). Els resultats responen al que s'esperava de la part pràctica de l'assignatura, amb bones notes en la preparació i en la realització dels informes, i menys en l'avaluació de coneixements pràctics.

Pel que fa a indicadors més subjectius, enguany hem detectat un lleuger increment en el grau d'interacció amb els professors i una disminució del temps dedicat a la realització experimental, ja des de les primeres sessions, conseqüència d'una millor preparació prèvia dels estudiants, que en cap cas han anat al laboratori sense haver preparat el guió, a diferència d'anys passats.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

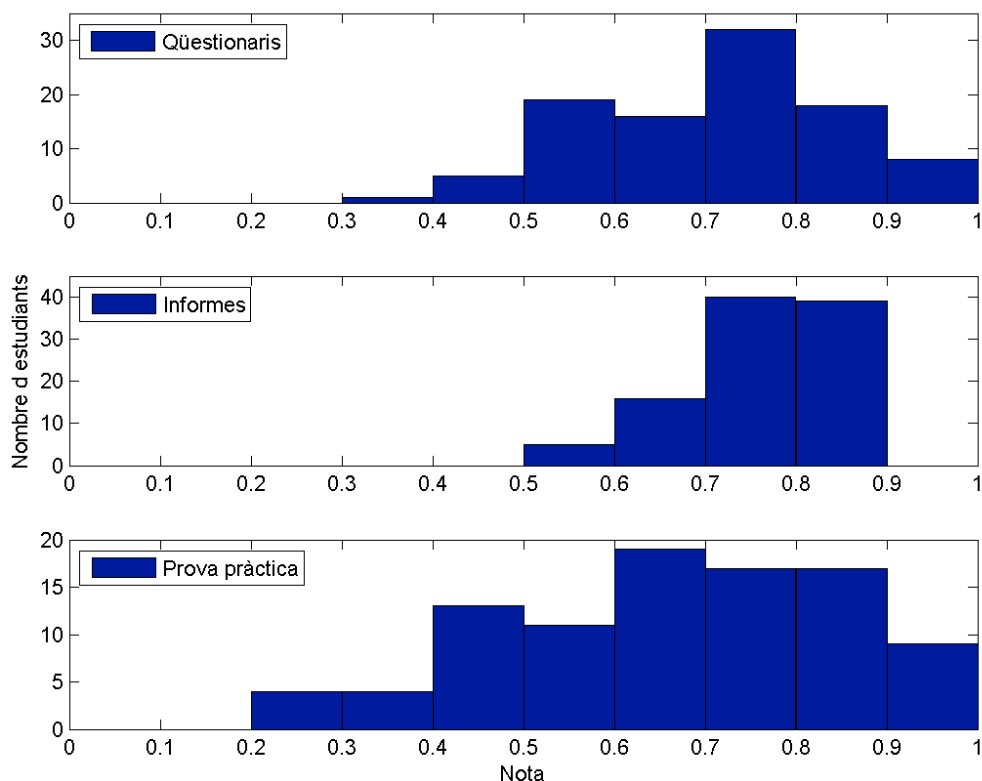


Figura 1. Histograma de notes dels qüestionaris, informes i prova pràctica (sobre 1).

D'altra banda, s'ha passat una enquesta final als estudiants sobre el grau de satisfacció de la nova metodologia d'aprenentatge, i el seu grau d'aprofitament, amb les següents preguntes:

- Els qüestionaris m'han servit per preparar-me millor les pràctiques.
- Els qüestionaris m'han ajudat a entendre millor la pràctica el dia de la realització experimental.
- Els qüestionaris han estat útils per a l'aprenentatge de l'assignatura.
- El nivell dels qüestionaris és adequat.
- El temps que he necessitat per preparar-me cada pràctica és, en promig...
- En general, valoro positivament l'ús d'uns qüestionaris previs a la realització de les pràctiques.
- Quines coses valoreu positivament en l'ús dels qüestionaris?
- Quines coses creus que es podrien millorar en l'ús dels qüestionaris?



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

L'enquesta està oberta fins a mitjans de juny i de moment (mitjans de maig) l'ha contestada el 50% de l'alumnat. Com a conclusions parcials, els alumnes valoren positivament els qüestionaris i creuen que els han servit per preparar-se millor les pràctiques, si bé són més neutres pel que fa a la utilitat en l'aprenentatge de l'assignatura (caldrà esperar al final de tot per valorar millor aquest punt). La majoria dels estudiants diuen haver dedicat entre mitja hora i una hora per preparar-se les pràctiques. Això inclou les que s'han realitzat abans i després de l'explicació teòrica a la pissarra i, segons el cas, pot ser un temps un pèl curt o bé suficient. Caldria analitzar més en profunditat el temps dedicat als qüestionaris depenent de la tipologia de pràctica, per exemple, per treure conclusions sobre això. No està clar, doncs, com ha incidit en les hores de dedicació de l'alumnat, però la impressió és que efectivament la preparació prèvia ha guanyat pes a costa de la realització dels informes, tal com es pretenia.

Pel que fa als comentaris, com a aspectes positius predominen els de tipus “obliga a preparar-se millor les pràctiques i a llegir-se el guió amb més atenció, de manera que el dia de la pràctica s'entén millor” i, en referència als *applets*: “és interessant que es combinin amb l'*applet* ja que permet visualitzar millor el que es veurà a pràctiques, i també són útils per la part de teoria”. Com a aspectes negatius, curiosament alguns diuen que les preguntes són massa fàcils i per tant no contribueixen a la preparació, i d'altres que són de nivell massa alt tenint en compte que no s'ha fet la teoria. També demanen que hi hagin més preguntes perquè la nota sigui més significativa, i pocs suggereixen que no puguin baixar la qualificació dels informes.

Finalment, per saber la incidència que el canvi de metodologia té sobre la part teòrica i de problemes de l'assignatura d'Òptica, caldrà estudiar el rendiment global, un cop s'hagi realitzat l'examen final.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- [1] <https://moodle.org/>
- [2] <http://www.ub.edu/javaoptics>
- [3] A. Carnicer, J. Andilla, J. Ferré, I. Juvells, E. Martín-Badosa, J. R. de F. Moneo, E. Pleguezuelos, R. Tudela, S. Vallmitjana, “Teaching (and learning) optics using interactive simulations: the JavaOptics Course”, Conference on Education and Training in Optics and Photonics (ETOP), Marsella (2005).
- [4] I Juvells 1, A Carnicer, J Ferré-Borrull, E Martín-Badosa, M Montes-Usategui, “Understanding the concept of resolving power in the Fabry–Perot interferometer using a digital simulation”, Eur. J. Phys. 27 1111-1119 (2006).