

UN ENFOCAMENT INTERACTIU DE LA HISTÒRIA DE LA FÍSICA

MEMÒRIA DE LA L·LICÈNCIA RETRIBUÏDA (MODALITAT B3)

Curs 2006/07

Marta Pérez i López

0. ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ.....	2
1.1. Antecedents i explicació del tema.....	2
1.2. Objectius del treball.....	3
2. TREBALL DUT A TERME.....	5
2.1. Disseny del pla del treball.....	5
2.2. Metodologia emprada.....	6
2.3. Descripció dels recursos utilitzats.....	7
3. RESULTATS OBTINGUTS.....	8
3.1. Presentació dels materials obtinguts.....	8
3.1.1. Mapa del web.....	8
3.1.2. Justificació de l'organització dels materials elaborats.....	9
3.2. Guia didàctica.....	9
3.2.1. De com navegar pel web.....	9
3.2.2. De com navegar per les línies de temps i del contingut d'aquestes línies.....	11
3.2.3. Del tipus, classificació i de l'enumeració de les activitats/recursos.....	12
4. CONCLUSIONS.....	14
5. REFERÈNCIES.....	15
6. ALTRES CONSIDERACIONS.....	20

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents i explicació del tema.

Aquest projecte, que duu per nom “Un enfocament interactiu de la història de la física”, neix d’una doble motivació personal de l’autora:

- Formar-se en la història i l’epistemologia de la física que des de feia temps era un tema que despertava el seu interès i curiositat.
- Formar-se, explorar i aprofitar el potencial didàctic i educatiu de les TIC.

Fruit d’aquest interès, durant el curs 2005/06, l’autora va presentar com a projecte final del curs telemàtic D72: “Disseny i creació de pàgines web” una primera versió de la pàgina web que portava per títol “Una breu història de les GRANS teories”. Estructurada de manera semblant a la versió actual, en la pàgina d’inici feia una declaració d’intencions del contingut a elaborar tot plantejant qüestions com les següents:

“Quines són les grans teories que han edificat el cos de coneixement de les ciències físiques? Com varen sorgir? Quines en són les aplicacions tecnològiques? Quina va ser l’evolució de les idees? Quins són els personatges clau que les van desenvolupar? Quines són les més rellevants relacions ciència-tecnologia-societat que se’n deriven?”

Des d’aquests antecedents personals i també des de la meva experiència docent, que els darrers anys constatava la davallada d’interès en la disciplina (val a dir que les successives lleis tampoc ens ho han posat fàcil), em va semblar que era una bona manera d’apropar-me més al món dels meus alumnes per tal de motivar-los i d’harmonitzar els seus interessos i els meus.

En un altre ordre de coses, una bona raó que em va animar a presentar-ho com a projecte de llicència va estar el fet de detectar la mancança de materials interactius adreçats a secundària que incorporessin la història de la ciència i de la tècnica.

De tot això ha sorgit aquest treball, molt ambiciós en els seus objectius, que tot seguit explicarem.

1.2. Objectius del treball

L'objectiu final d'aquest treball consisteix a elaborar un material didàctic interactiu, sota el disseny d'una pàgina web temàtica que integrés materials, recursos i activitats, per tal de desenvolupar els continguts més rellevants de la història contextualitzada de la Física i de les seves aplicacions tecnològiques, així com de les més significatives interaccions Ciència, Tecnologia i Societat en el decurs d'aquesta història.

El treball pretén:

- Aportar un material didàctic complementari i adequat per assolir alguns dels objectius curriculars de Física de major dimensió metacientífica, els quals, sovint queden relegats a un segon terme en els materials habituals; en especial, a components curriculars metacientífics dels tipus històrics (les grans preguntes sobre el món, l'evolució dels conceptes i teories, les crisis, els personatges clau...), epistemològics (sobre la natura de la ciència i el seu mètode...) i sociològics (les relacions CTS, la ciència com a creació col·lectiva, el paper de les controvèrsies...).
- Potenciar una visió més humanista de la física que contribueixi a afavorir l'actitud i l'interès de l'alumnat envers el seu aprenentatge i envers el paper de la ciència i de la tècnica en el context de la cultura general de la humanitat.
- Aprofitar el potencial didàctic i educatiu de les TIC, tant des del vessant metodològic, que afavoreix un aprenentatge interactiu, comunicatiu, autònom i significatiu, com des del vessant informatiu que permet generar, organitzar i seleccionar recursos de la xarxa.

Altres objectius específics del currículum de física de batxillerat que s'han intentat assolir:

OBJECTIUS GENERALS

6.- Adquirir una visió de la Física, dinàmica, canviant i sotmesa a revisió contínua en el decurs de la història.

7.- Reflexionar sobre la interrelació ciència-tecnologia-societat, valorant la influència de cadascuna en el desenvolupament i el progrés de les altres i la seva incidència en el medi ambient.

OBJECTIUS TERMINALS DE LA FÍSICA DE BATXILLERAT:

23.- Explicar les diferents teories que al llarg de la història han existit sobre la naturalesa de la llum. En el marc de la descripció ondulatoria, situar la llum en l'espectre electromagnètic.

25.- Entendre la importància de la noció de camp en relació a la descripció de les interaccions a distància.

37.- Conèixer alguns dels principals fenòmens que no pot explicar satisfactòriament la física clàssica i, en especial, l'efecte fotoelèctric i la necessitat de considerar la quantització de l'energia per interpretar-lo correctament.

47.- Entendre que la física no és una ciència separada i independent de les altres disciplines, sinó que forma part del bagatge humanístic general i que els avenços científics i tècnics, alhora que factors transformadors de la societat, estan condicionats pel moment històric en què es produeixen.

49.- Ser conscient que el creixement de la Física, com el de la ciència en general, no és lineal, sinó que es produeix de forma irregular, amb períodes d'estancament, passos enrere i grans salts endavant que ens obliguen a trencar amb les concepcions establertes i exigeixen, a vegades, una remodelació total del cos teòric d'aquesta ciència.

Els materials aportats es presenten en el format proposat inicialment d'una pàgina web temàtica i interactiva - en la mesura dels recursos de l'autora -. S'ha redissenyat la pàgina web inicial per tal d'ampliar la resolució i per tal d'articular amb major facilitat els materials, recursos i activitats aportades. Aquests materials s'han elaborat o seleccionat amb la intenció de satisfer o, si més no, apropar-se als objectius anteriors.

Els resultats obtinguts els presentarem a l'apartat 3.

2. TREBALL DUT A TERME

2.1.- Disseny del pla de treball

juliol de 2006	Recollida sistemàtica de la informació bibliogràfica i de la xarxa. Seguiment d'un curs de 20 h dels juliols de l'UB (Relativitat, física quàntica i cosmologia).
setembre de 2006 a febrer de 2006	Formació autodidacta en quaderns virtuals. Formació autodidacta en flash per tal de confeccionar les línies de temps. Documentació bibliogràfica. Selecció de recursos hipermèdia per incorporar al web o per documentar-me relatius a les seccions "Què estudia la física?" i "L'Antiguitat" Confecció dels quaderns virtuals de les seccions del web: "Antiguitat", "Què estudia la Física?" i de la "Revolució astronòmica", aquest darrer dins de la secció de la mecànica clàssica. Confecció de la línia de temps de la secció de "L'Antiguitat." Selecció de textos històrics de la secció de "Què estudia la física?" i de "L'Antiguitat" i confecció de les activitats relatives als textos.
febrer de 2007 a juny de 2007	Documentació bibliogràfica. Selecció de recursos hipermèdia per incorporar al web o per documentar-me relatius a les seccions de "mecànica clàssica" i de l'"electromagnetisme". Confecció del contingut de "física medieval" Confecció de la línia de temps de la secció de "mecànica clàssica". Selecció de textos històrics i lectures de la secció de "mecànica clàssica" i confecció de les activitats. Confecció de la pel·lícula flash de les ones electromagnètiques i del Quadern virtual relatiu a les ones electromagnètiques. Selecció de la lectura de la secció de "electromagnetisme" i confecció de l'activitat. Començo la confecció de la línia de temps de la secció "electromagnetisme"

estiu de 2007	Documentació bibliogràfica. Acabo la confecció de la línia de temps de la secció “electromagnetisme”. Selecció de recursos hipermèdia per incorporar al web o per documentar-me relatiu a la secció de “termodinàmica”. Confecció de la línia de temps de la secció de “termodinàmica”. Selecció de textos històrics i lectures de la secció de “termodinàmica” i confecció de les activitats.
setembre a desembre de 2007	Documentació bibliogràfica. Selecció de recursos hipermèdia per incorporar al web o per documentar-me relatiu a les seccions “crisi de la física clàssica”, “relativitat”, “òptica clàssica”, “teoria quàntica”, “model estàndard” i “actualitat”. Confecció de les pel·lícules flash de “l'experiment de Michelson-Morley” i “la radiació del cos negre”. Confecció de la línia de temps de la secció de “relativitat”. Selecció de textos històrics de la secció de “relativitat” i confecció de les activitats. Disseny del lloc web. Enllaç de tots els materials, recursos i activitats aportats. Confecció de la memòria.

2.2.- Metodologia emprada

Treball fet durant el període de la llicència:

- Recollida sistemàtica de la informació textual o hipermèdia, bibliogràfica o de la xarxa.
- Elaboració d'indicadors i pautes per a la selecció de materials.
- Assistència a un curs de formació ja especificat.
- Formació continuada autodidacta en TIC (Quaderns Virtuals i Flash)
- Elaboració dels continguts de confecció pròpia.
- Elaboració de les activitats relatives als textos històrics o lectures seleccionades.
- Disseny de la pàgina web i posterior incorporació dels materials, recursos i activitats.

- Activitats d'assessorament: quatre reunions presencials durant tot el període de la llicència (i comunicacions via electrònica) amb el supervisor per tal de fer el seguiment i les oportunes correccions del projecte.

2.3.- Descripció dels recursos utilitzats

Per a l'elaboració d'aquest material he treballat amb els següents recursos:

- Recursos per a la realització del treball:

Bibliogràfics: detallats a l'apartat 5 d'aquesta memòria.

Recursos hipermèdia de la xarxa: hipertext, presentacions, documents electrònics, animacions, imatges, audiovisuals, videoconferències, simulacions, sons. Estan referenciats en els materials aportats, llevat de les imatges que no tenien copyright i que he obtingut majoritàriament de la wikipedia.

Currículum oficial de física de Batxillerat: DECRET 182/2002, de 25 de juny, publicat al DOGC núm. 3674 amb data 10 de juliol del 2002.

Accés des de la pàgina de la xtec als diccionaris multilingües i a la Hiperenciclopèdia o Diccionari multilingüe de GREC.cat (<http://www.grec.cat/>)

Fonts personals textuais de consulta.

Informació i precisions aportades pel propi supervisor del projecte durant les activitats d'assessorament.

Curset de 20 hores del cicle de "els juliols de l'UB": "Relativitat, física quàntica i cosmologia" (juliol de 2006).

- Recursos informàtics:

. Equip maquinari i connexió a la xarxa. Navegador Explorer 7.0.

. Material telemàtic del Departament d'Educació:

D82 Quaderns Virtuals, aprenentatge i avaluació en xarxa

D99 Animació i disseny amb Flash

D72 Disseny i creació de pàgines web amb Dreamweaver

. Programari:

Dreamweaver MX 2004 per a l'edició de la pàgina web.

Flash MX 2004 per a les línies de temps.

Fireworks 2004 per al tractament d'imatges.

Adobe acrobat.

Processador de textos word.

Buscador google.

3. RESULTATS OBTINGUTS

El resultat obtingut es presenta en forma de pàgina web temàtica, que vol arribar a ser interactiva, en el següent lloc web:

<http://www.xtec.cat/~mpere3/index.htm>

3.1.- Presentació dels materials obtinguts

3.1.1.- Mapa del lloc web

NAVEGACIÓ HORIZONTAL		
inici	moments singulars de la història de la física	referències
mapa	curiositats	zona IES
correu		
NAVEGACIÓ VERTICAL (menú principal)	continguts (esquemes dels conceptes clau de física i línies de temps que desenvolupen continguts relatius als científics més importants contextualitzats sociohistòricament), recursos i activitats - agrupades sota el nom genèric d'activitats- que poden ser: anàlisi de textos històrics, lectures relacionades amb els continguts, audiovisuals o videoconferències, presentacions, animacions, quaderns virtuals i enllaços segons la secció.	
física?	• Què estudia la física?: una ciència empíricoformal	activitats
antiguitat	• Antiguitat: els grecs. Eureka. Breu cronologia de la "ciència" grega: escoles filosòfiques i personatges rellevants. LÍNIA DE TEMPS.	activitats
física clàssica	Física clàssica	
	• Mecànica clàssica: des de la revolució astronòmica fins a la reformulació analítica de la mecànica newtoniana. LÍNIA DE TEMPS	activitats
	• Electromagnetisme: de l'electricitat i el magnetisme a la síntesi electromagnètica i al descobriment de l'electró. LÍNIA DE TEMPS	activitats
	• Termodinàmica i més: de la teoria cinètica de la calor a la mecànica estadística passant per la TERMODINÀMICA (i pel "calòric"). LÍNIA DE TEMPS. Conceptes clau.	activitats
	• Òptica clàssica: des de l'òptica geomètrica fins al naixement de l'òptica electromagnètica (o física). LÍNIA DE TEMPS. Introducció a la naturalesa de la llum.	activitats
s XX: FÍSICA	Segle XX: FÍSICA en majúscules (moderna)	
	• La crisi de la física clàssica: dos exemples rellevants, l'experiment de Michelson-Morley i la radiació del cos negre (hipòtesi quàntica de Planck).	activitats
	• Relativitat restringida (especial) i general: una aproximació als articles de 1905 i al naixement de la relativitat general. Einstein vs Bohr. LÍNIA DE TEMPS	activitats
	• Teoria quàntica: un mapa conceptual dels personatges clau i dels fets rellevants (i l'efecte fotoelèctric)	activitats
	• Model estàndard: un breu panorama d'un món de partícules i d'interaccions fonamentals que s'intenten unificar.	activitats
actualitat	• Actualitat (21st), teories del TOT?: una breu pinzellada.	activitats

3.1.2.- Justificació de l'organització dels materials elaborats:

L'autora del web i, malgrat no era el que constava en el resum del projecte, va decidir d'estructurar i seqüenciar els continguts principals del web -menú principal- seguint de fil conductor la lògica formal de la pròpia disciplina, atès que la física és la més estructurada de les disciplines científiques i ho permet amb molta facilitat i claredat. Atès aquest criteri, els continguts fonamentals del web s'estructuren en dos grans blocs: física clàssica i física moderna (s XX). El bloc de la física clàssica, al seu torn, s'estructura en les subdisciplines acadèmiques actuals.

L'autora entén que no és un enfocament correcte historiogràficament parlant, però valora més els avantatges didàctics que creu que representa aquesta decisió ateses dues raons fonamentals: els destinataris als quals va dirigit aquest projecte i el tipus de format de presentació que té com a objectiu final arribar a ser una pàgina web temàtica i interactiva. De tota manera, els continguts principals del web –de les seccions que estan completes- s'estructuren en **línies de temps**: els científics més importants (que *"son todos los que están, pero no estan todos los que son"*) sí que s'han situat contextualitzats en el seu moment sociohistòric particular (sigui singular o no pel que fa a la física).

3.2. Guia didàctica:

3.2.1.- De com navegar pel web

Aquesta pàgina està optimitzada per a una resolució de 1280 x 1024, però si teniu una resolució de pantalla de 1024 x 768, es pot navegar amb facilitat desplaçant-se amb la barra horitzontal cap a les activitats atès que a la capçalera també veureu la ruta.

La navegació recomanada per tal de seguir el fil conductor de la història de la física és la del menú principal (3) tot clicant-lo de dalt a baix. Els continguts principals pel que fa a la temàtica del web es troben en els blocs temàtics de la física clàssica i del s XX: FÍSICA, subdividits en seccions. Per exemple, si analitzem aquesta secció:



Marc superior

- 1.- Logotip del portal enllaçat a la pàgina de presentació
- 2.- Menú horitzontal de navegació (inclou l'inici per accedir també a la pàgina principal).

Marc esquerre

- 3.- Menú principal de navegació
- 4.- Títol significatiu del contingut de la pàgina en qüestió que inclou la ruta d'accés des de l'inici.

CONTINGUTS

5.- Presentació de conceptes clau o del contingut de la secció (o del bloc temàtic) en forma de text i/o en forma d'imatge.

6.- Imatge que fa d'accés a la línia de temps des d'on podràs fer un viatge per la història de la física a través del personatges clau de cada secció.

7.- ACTIVITATS

Sota aquest nom genèric accediràs a un conjunt d'activitats i recursos relacionats amb els continguts de la secció en qüestió. Aquestes "activitats" poden ser del tipus: anàlisi de textos històrics o lectures, audiovisuals, videoconferències, animacions, presentacions, quaderns virtuals o una selecció d'enllaços d'interès (d'ampliació o d'il·lustració) pel que fa als continguts de la pàgina.

3.2.2.- De com navegar per les línies de temps i del contingut d'aquestes línies

The image shows a screenshot of an interactive website. On the left, there is a vertical timeline from 600 AC to 1900, listing key events and figures. On the right, there is a detailed view of the 'GRAN SÍNTESI MAXWELLIANA' (Maxwell's Great Synthesis), which unifies electricity, magnetism, and optics. This view includes the four Maxwell equations in differential form, a portrait of James Clerk Maxwell, and a list of his key contributions. Red annotations are present: 'seqüència i posició dels fotogrames' (sequence and position of frames) points to the top right; 'botons de navegació per a la pel·lícula flash' (navigation buttons for the flash movie) points to the bottom right; 'navegació de retorn al web' (return to website navigation) points to a button at the bottom; and 'clicant els botons accediràs als personatges clau o als contextos sociohistòrics' (clicking the buttons you will access key characters or socio-historical contexts) points to the timeline on the left.

Les pel·lícules flash, que formen les bases de les línies de temps, estant optimitzades per a una resolució de 1024x 768.

Cada pel·lícula relativa a cada personatge (o personatges) clau contindrà la biografia, les principals contribucions científiques, referències del contingut i una selecció d'enllaços que l'autora ha considerat interessants relatius al personatge o a les seves contribucions (llevat dels personatges o escoles de la línia de temps de l'antiguitat). Des del darrer fotograma, clicant endavant, retornaràs al primer i des d'aquest, clicant enrere, a la línia de temps principal.

3.2.3.- Del tipus, classificació i de l'enumeració de les activitats/recursos

	textos històrics amb qüestions	
localització	física?	De Dunkerque a Barcelona (l'establiment del metre patró)
	Antiguitat	Del paper de la mecànica i de la tècnica a Grècia
		Diàlegs a través del temps: Heisenberg vs Plató
		Pròleg del De revolutionibus
	Mecànica clàssica	Galileu i la caiguda lliure
		El principi de relativitat galileana
		Carta de Galileu a Cristina de Lorena: ciència i religió
		El Déu de Newton
		Voltaire: cartesians vs newtonians
		L'esperit il·lustrat i el mecanicisme
	termo-dinàmica	La gènesi del principi de conservació de l'energia de Helmholtz
		El dimoni de Maxwell
	Òptica	La llum i els colors
Relativitat	Sobre l'electrodinàmica dels cossos en moviment: introducció	
	De l'equivalència massa-energia	
	El camp gravitatori	
	El principi d'equivalència	
	Lectures amb qüestions	
localització	Antiguitat	Del pas del mite al logos
		Arquimedes i la corona d'Heró
	termo-dinàmica	Del calòric a la teoria cinètica de la calor
	Electro-magnetisme	Del concepte de camp electromagnètic clàssic
	Quàntica	De la gènesi de la interpretació de l'efecte fotoelèctric i de l'evolució del pensament d'Einstein: cap a la dualitat ona-corpúscle de la llum
	audiovisuals o videoconferències (o pel·lícula)	
Localització	Mecànica clàssica	vídeo d'introducció: la gravitació
		quick time movie de la caiguda lliure des de la Lluna
	Electro-magnetisme	flash de l'espectre electromagnètic
	Òptica	vídeo d'introducció: la llum
	s. XX: FÍSICA	El segle (XX) de la física: ciència i societat
		El Big Bang: una cosmologia per al segle XXI
	Relativitat	vídeo d'introducció: Einstein 2005
	Quàntica	Mecànica quàntica, l'obra cabdal del pensament humà?
	quaderns virtuals	
Localització	física?	Física: una ciència experimental. Magnituds, unitats i SI. Ordres de magnitud.
	Antiguitat	Antiguitat: els grecs
	mecànica clàssica	Un breu panorama de la revolució científica astronòmica
	electro-magnetisme	El significat de les equacions de Maxwell
		Ones electromagnètiques
	Òptica	Ones electromagnètiques: llum visible
	Sons	
	Relativitat	vols escoltar la veu d'Einstein?
	explora tu mateix!	
	enllaços relatius als continguts de la secció, del tipus hipertextuals o hipermèdia: pàgines web, presentacions, animacions.	

4. CONCLUSIONS

- Pel que fa a les aplicacions del treball en el sistema educatiu:

Com que aquest material estarà disponible en un entorn virtual, podrà utilitzar-se en diferents contextos educatius:

- autoaprenentatge complementari a la docència presencial de la física de Batxillerat
- utilització guiada a l'aula telemàtica per desenvolupar crèdits variables interdisciplinaris d'història de la ciència o CTS
- utilització puntual dels textos històrics i les lectures a l'aula ordinària
- utilització puntual en el context de la nova matèria comuna de Batxillerat "Ciencias para el mundo contemporáneo" pel que fa als continguts relatius a "la revolución tecnológica de la comunicación"
- pot ser un recurs informatiu i formatiu per al professorat que imparteix física o ciències de la naturalesa, o que, simplement, s'interessa pel tema.
- pot ser un recurs útil per a l'alumnat que faci algun treball de recerca relacionat amb els continguts desenvolupats en el web

- Pel que fa a la meua valoració del treball:

El material aportat, atesa l'amplitud de la temàtica i els ambiciosos objectius inicials (inclosa la formació autodidacta en flash i quaderns virtuals), és inevitablement incomplet. De tota manera, com a mínim, pot ser un reflex de les pretensions inicials. Hi ha moltes referències textuais i virtuals que constitueixen un bon recurs informatiu.

Les activitats interactives presentades en forma de quaderns virtuals són una mostra de la potencialitat d'aquesta aplicació educativa. Hi ha línies de temps més completes que d'altres, o autors que m'he permès el luxe de recrear-m'hi més en funció del material que tenia a l'abast (o, ho confesso, de preferències personals...). Els textos històrics també podrien ampliar-se *ad infinitum*.

Podrien aprofitar-se millor els contextos sociohistòrics per dissenyar més activitats. També convindria dissenyar activitats o aportar materials més específics de les interaccions ciència-tecnologia-societat. Quant a les aplicacions tecnològiques també es podria anar molt més enllà, malgrat he intentat donar-ne una mostra.

El disseny de la pàgina web és millorable, els fons degradats triguen massa a “baixar”, el fons de la dreta es veu massa ample, sobretot si està buit, la resolució discutible (em consta però que hi ha scripts, que per manca de coneixements actuals -i de temps- no he pogut provar, que permeten adaptar el web a qualsevol resolució). Crec però, que l'estructura i, per tant la navegació, és prou fàcil.

En definitiva, aquest material aportat pot constituir un punt de partida per aprofundir en els diversos àmbits que s'interrelacionen directament amb el món de la física i de la tecnologia i en el potencial didàctic de les TIC en el camp de l'educació.

5. REFERÈNCIES

REFERÈNCIES TEXTUALS (bibliografia consultada durant l'elaboració del projecte)
Ordenada per ordre alfabètic. En les pel·lícules flash dels científics emblemàtics estan referenciats els materials concrets utilitzats per a cadascun.

Pel que fa a l'evolució de les idees i dels conceptes i de les teories físiques

Bramon, A. (2000). Física actual per a tothom, clàssica, relativista i quàntica. UAB (Sèrie Materials, núm. 47). ISBN: 84-490-1295-X

Holton, G. (1987). Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas. Barcelona. Ed. Reverté. (2ª edició).

McEvoy; Zárate (1996). Teoría Cuántica para Principiantes. Documentales Ilustrados. Buenos Aires. Era Naciente SRL.

Rohrlich, F. (1987). De la paradoxa a la realitat. Els nostres conceptes bàsics del món físic. Biblioteca universitària. Enciclopèdia Catalana (1994).

Llibres d'història de la ciència i/o de la tècnica:

Cardwell, D. (1996). Historia de la tecnología. Madrid. Alianza Editorial

Comellas, J. L. (2007). Historia sencilla de la ciencia. Madrid. Rialp

Gamow, G. (1969). Biografía de la física. Madrid. Alianza Editorial

Gribbin, J. (2003). Historia de la ciencia (1543-2001). Barcelona. Ed. Crítica

Jou, D. (1999). Carnot, Clausius, Kelvin. Escritos fundamentales sobre el segundo principio de la termodinámica. Col. Clàssics de la Ciència, núm. 2. Barcelona. IEC/Pòrtic/Eumo

Mason, S.F. (2001). Historia de las ciencias. Vol 1. Las etapas iniciales del conocimiento científico. Madrid. Alianza Editorial

Mason, S.F. (2001). Historia de las ciencias. Vol 2. La revolución científica de los siglos XVI y XVII. Madrid. Alianza Editorial

Mason, S.F. (2001). Historia de las ciencias. Vol 3. Las aportaciones de la Ilustración. Madrid. Alianza Editorial

Mason, S.F. (2001). Historia de las ciencias. Vol 4. La ciencia del siglo XIX. Madrid. Alianza Editorial

Mason, S.F. (2001). Historia de las ciencias. Vol 5. La ciencia del siglo XX. Madrid. Alianza Editorial

Navarro, V. (2000). De les revolucions dels orbes celestes. Nicolau Copèrnic. Col. Clàssics de la Ciència, núm. 3. Barcelona. IEC/Pòrtic/Eumo

Pla, J. (2006). Escrits científics i d'assaig. J. C. Maxwell. Col. Clàssics de la Ciència, núm. 7. Barcelona. Vic. IEC/Pòrtic/Eumo.

Roqué, Xavier.(2000). Albert Einstein. La teoria de la relativitat i altres textos. Col·lecció Clàssics de la Ciència, núm. 4. Barcelona. Vic. Institut d'Estudis Catalans/Editorial Pòrtic/Eumo Editorial

Sánchez Ron, J.M. (2001). Historia de la física cuántica. El periodo fundacional (1860-1926). Barcelona. Ed. Crítica

Sánchez Ron, J.M. (2001). El jardín de Newton. Col. Drakontos. Barcelona. Ed. Crítica.

Sánchez Ron, J.M. (2005). El canon científico. Col. Clásicos de la ciencia y la tecnología. Barcelona. Ed. Crítica/Fundación Iberdrola

Sánchez, J.M. (2003). Como al león por sus garras. Barcelona. Editorial Debolsillo.

Sánchez Ron, J.M. (2007). El poder de la ciencia. Historia social, política y económica de la ciencia (siglos XIX y XX). (2ª edición). Barcelona. Ed. Crítica

Sánchez Ron, J.M. (2000). El siglo de la ciencia. Madrid.Taurus.

Solbes, J. (2002). Les empremtes de la ciència. Ciència, tecnologia, societat: unes relacions controvertides. Alzira. Ed. Germanía.

Solís, C.; Sellés, M. (2005). Historia de la Ciencia. Madrid. ESPASA FÓRUM.

Udías, A. (2004) . Historia de la Física. De Arquímedes a Einstein. Madrid. Ed. Síntesis.

Biografies

García, J.L. (2000). La rebelión de los astrónomos. Copérnico y Kepler. Col. Científicos para la historia. Madrid. Ed. Nivola.

Gleick, J. (2003). Isaac Newton. Barcelona. RBA Libros, S.A.

González , P. M. (2001). Pitágoras. El filósofo del número. Col. La matemática en sus personajes. Madrid. Ed. Nivola.

González , P. M.(2006). Platón y la Academia de Atenas. Col. La matemática en sus personajes. Madrid. Ed. Nivola.

Olalla, C. (2006). La fuerza del deber. Planck. Col. Científicos para la historia. Madrid. Nivola.

Pardo, V. (2003). Lagrange. La elegancia matemática. Col. La matemática en sus personajes. Madrid. Ed. Nivola.

Pérez, M^a C.; Varela, P. (2003). Orígenes del electromagnetismo. Oersted y Ampère. Col. Científicos para la historia. Madrid. Nivola.

Vaquero, J. M. (2003). La nueva física. Galileo. Madrid. Nivola

Revistes

Navarro Veguillas, L. (2004). Einstein y los comienzos de la física cuántica: de la osadía al desencanto. INVESTIGACIÓN Y CIENCIA. Lo que debemos a Einstein. Monográfico. Noviembre 2004.

Llibres de text o material didàctic

- De física i química:

Caamaño, A.; Obach, D.; Servent, A. (1990). Química COU. Barcelona. Ed. Teide.

Caamaño, Cortel, Lozano, Pueyo (1999). FÍSICA 2. Barcelona. Ed. Teide.

Caamaño, Cortel, Lozano, Pueyo (1998). 1 BATXILLERAT FÍSICA. Barcelona. Ed. Teide.

Caamaño, Obach, Pérez-Rendón. (2003). Física i Química 4. Projecte Aula. Barcelona. Ed. Teide.

Galindo, A.; Savirón, J.M.; Pastor, J.M., Benedí, A. (1995). FÍSICA 1. Bachillerato LOGSE. Madrid. Mc Graw Hill.

Grup Recerca-Faraday (1988). Física Faraday. Barcelona. Teide.

GRUPO PEDRAFORCA. (1995) Introducción a la electrostática. Barcelona. Ed. oikos-tau.

Lahera, J. (1995). Introducción a la Física moderna en la Enseñanza Secundaria. Madrid. Ed. SÍNTESIS.

Lasheras, A. L.; Carretero, M^aP. (1986). PROTÓ. Barcelona. Ed. Vicens Vives.

Machí, C., Martínez, M^a J., Pardo, L., García, T. Armero, J.; Preckler, R. Monsó, F.; (1999). Física II. Barcelona. Ed. Edebé.

Marco, B. (1992). Historia de la ciencia. Los científicos y sus descubrimientos. Madrid. Narcea-MEC.

Peña, A.; García, J. A. (1996). FÍSICA 2. Bachillerato Logse. Madrid. Mc Graw Hill.

Tipler, P.A. (1996). FÍSICA. 3^a edición. Barcelona. Ed. REVERTÉ.

VVAA (1996). Física. 2 Bachillerato. Madrid. Ed. Editex.

VVAA (1994). Projecte Ciències 12-16. Barcelona. Departament d'Ensenyament.

- De ciencia tecnología y sociedad:

VVAA (1997). CIENCIA, TECNOLOGIA Y SOCIEDAD. Ed. Sistema. Madrid.

VVAA (1996). CIENCIA, TECNOLOGIA Y SOCIEDAD. Madrid. Ediciones del laberinto.

- D'història o de socials:

García, M., Gatell, C. (1998). Nou Temps. Història del món contemporani. Barcelona. Ed. Vicens-Vives.

VVAA (1989). Cosmos. Historia de las civilizaciones. Madrid. Ed. Bruño.

VVAA (1997). Historia del mundo contemporáneo. Madrid. EDITEX.

VVAA (1995). HISTORIA. SEGUNDO CICLO. Madrid. Mc Graw Hill.

LLIBRES DE DIVULGACIÓ CIENTÍFICA

Lozano, M. (2005). De Arquímedes a Einstein. Los diez experimentos más bellos de física. Barcelona. Random House Mondadori.S. A.

(Hi ha altres llibres de text i de divulgació científica, bàsicament de les col·leccions de l'editorial Nivola, de la col·lecció Drakontos o de Tusquets Metatemas, que tot i que potser no estan referenciats directament al web, sí que formen part del meu bagatge i han servit d'alguna manera en la confecció del contingut.)

Les REFERÈNCIES VIRTUALS pel que fa a cada científic es troben en el lloc web

6. ALTRES CONSIDERACIONS

En primer lloc, vull expressar el meu profund agraïment al Dr. Albert Bramon i Planas del Departament de Física de l'UAB, supervisor del treball, pel temps que hi ha dedicat i per les seves inestimables aportacions a la realització d'aquest treball.

També agrair a Marc Pérez Soteras, el meu nebot, pel seu suggeriment per a l'elecció del curs telemàtic D72, inici de la meva immersió en el món de les TIC i punt de partida d'aquest projecte.

Al meu ex-alumne Juan Carlos Morales, futur doctor en Ciències Físiques, per suggerir-me una clau de contingut amb la què vaig decidir-me a la presentació del projecte, i pel seu ajut quan ha estat necessari.

Al Dr. Pere Grapí i Vilumara, per tota la informació que m'ha facilitat.

I a totes aquelles persones -familiars, amics, companys, alumnes, etc.- pel suport que m'han donat durant aquest període de llicència.

I, finalment, vull dedicar aquest treball a aquells bons professors que he tingut i, especialment, al Luís Gómez Navarro, que ja no és entre nosaltres, i que em va ensenyar a estimar la ciència, a treballar amb rigor i a fer anar “el papel y el lápiz” com a instrument indispensable per aprehendre ciències.