

Altres disposicions

Decret 238/2025, del 2-7-2025, de publicació del Programa de física del batxillerat general de l'Escola Andorrana.

Exposició de motius

Vist l'article 17 del Decret legislatiu del 30-5-2018 de publicació del text refós de la Llei qualificada d'educació, del 3-9-1993, en el qual s'estableix que els principis rectors del sistema educatiu andorrà i les seves modalitats, els nivells, els cicles, els cursos i les opcions establerts per la Llei es desenvoluparan amb un reglament que en determinarà els programes;

Vist l'apartat 2 de l'article 9 de la Llei qualificada esmentada, en el qual es reconeix que els alumnes tenen dret que el seu rendiment escolar sigui valorat amb criteris objectius;

Vist l'article 11 de la Llei esmentada, en el qual es reconeix el dret de llibertat de càtedra dels docents, sempre que s'exerceixi des del respecte a la Constitució i amb una finalitat educativa;

Vist l'article 4 de la Llei 17/2018, del 26 de juliol, d'ordenament del sistema educatiu andorrà, en el qual s'especifica que correspon al Govern desenvolupar, aprovar i publicar els referents curriculars de les àrees d'aprenentatge o assignatures dels ensenyaments;

Vist l'article 6 de la Llei esmentada, en el qual es defineix *programa* com el conjunt d'elements curriculars que han de ser objecte d'ensenyament, aprenentatge i avaluació en un nivell educatiu o un diploma determinat;

Vist el Decret del 31-7-2024 d'ordenament del nivell del batxillerat general del sistema educatiu andorrà;

Vist l'article 9 del Decret esmentat, en el qual es determina que els programes de les assignatures i de les competències transversals es publiquen mitjançant el decret corresponent;

Vist el Decret del 20-03-2019 de publicació del Programa de l'assignatura de física del batxillerat general de l'Escola Andorrana;

Atesa la implementació del programa i la millora constant de l'ensenyament, l'aprenentatge i l'avaluació de l'assignatura de física del batxillerat general de l'Escola Andorrana, es modifiquen els criteris d'avaluació de la competència 3 del programa.

Atesa la necessitat de presentar de manera completa totes les parts del programa i desenvolupar-ne les prescripcions i les orientacions, es torna a publicar íntegrament l'annex que conté el Programa de l'assignatura de física del batxillerat general de l'Escola Andorrana amb totes les modificacions incorporades, a fi de garantir la seguretat jurídica.

Ateses les consideracions esmentades, a proposta del ministre de Relacions Institucionals, Educació i Universitats, el Govern, en la sessió del 2 de juliol del 2025, aprova el Decret de publicació del Programa de física del batxillerat general de l'Escola Andorrana, amb el contingut següent:

Article 1. *Objecte*

Aquest Decret té com a objecte l'aprovació del Programa de l'assignatura de física del batxillerat general de l'Escola Andorrana, tal com preveu l'article 4 de la Llei 17/2018, del 26 de juliol, d'ordenament del sistema educatiu andorrà.



Article 2. *Condicions en què s'aplica el Programa*

El Programa de física del batxillerat general de l'Escola Andorrana s'implementa en les condicions i en els termes determinats per la normativa reguladora de l'ordenament del batxillerat general de l'Escola Andorrana.

Article 3. *Programa de física*

El Programa de l'assignatura de física del batxillerat general de l'Escola Andorrana s'inclou a l'annex.

Disposició derogatòria

Es deroga el Decret del 20-03-2019 de publicació del Programa de l'assignatura de física del batxillerat general de l'Escola Andorrana.

Disposició final

Aquest Decret entra en vigor l'endemà de ser publicat al *Butlletí Oficial del Principat d'Andorra*.

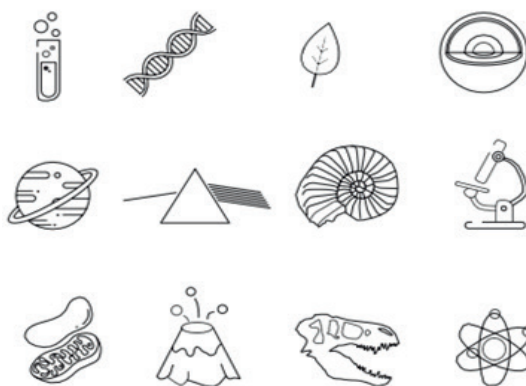
Cosa que es fa pública per a coneixement general.

Andorra la Vella, 2 de juliol del 2025

Xavier Espot Zamora
Cap de Govern

Annex. Programa de física del batxillerat general de l'Escola Andorrana

FIS

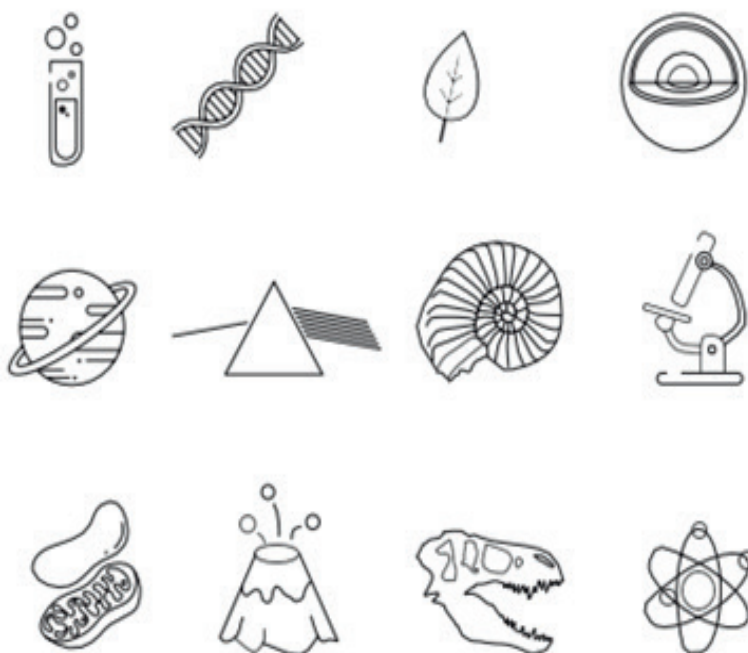


Programa de física del batxillerat general de l'Escola Andorrana

Ministeri de Relacions Institucionals, Educació i Universitats



Govern d'Andorra



Programa de física del batxillerat general de l'Escola Andorrana

Ministeri de Relacions Institucionals, Educació i Universitats



Govern d'Andorra



BOPA

Butlletí Oficial del
Principat d'Andorra



Programa de física del batxillerat general de l'Escola Andorrana

Aquest programa correspon a l'annex del Decret del 2-7-2025 de publicació del programa de física del batxillerat general de l'Escola Andorrana

Coordinat per l'Àrea d'Ordenament Curricular

Grup de redacció del programa:

Digna Couso, Professora agregada del Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona
Àrea d'Ordenament Curricular (seguiment, redacció i coordinació)

Disseny: www.pixelconcepte.com

Maquetació: Àrea d'Ordenament Curricular

ISBN: 978-99920-82-24-9

Dipòsit legal: AND.301-2025

Adreça i contacte:

Àrea d'Ordenament Curricular

Ministeri de Relacions Institucionals, Educació i Universitats

Avinguda Rocafort, 21-23. AD600 Sant Julià de Lòria

www.educacio.ad

Índex

INTRODUCCIÓ 6

COMPETÈNCIES ESPECÍFIQUES 8

C1. Elaborar models sobre fenòmens físics rellevants que permetin prediccions, desenvolupament d'explicacions i guia d'actuacions.....	9
Orientacions didàctiques de la C1.....	10
Criteris d'avaluació de la C1	10
Expectatives de final de cicle de la C1	11
C2. Investigar fenòmens i problemes físics rellevants mitjançant dades experimentals.....	12
Orientacions didàctiques de la C2.....	13
Criteris d'avaluació de la C2	13
Expectatives de final de cicle de la C2	14
C3. Argumentar basant-se en proves i models sobre qüestions rellevants culturalment, mediambientalment i socioeconòmicament relacionades amb la física	15
Orientacions didàctiques de la C3.....	16
Criteris d'avaluació de la C3	17
Expectatives de final de cicle de la C3	17

RECURSOS D'APRENENTATGE 18

Bloc 1. L'ESTUDI DE LA LLUM, EL SO I LES ONES	20
Orientacions didàctiques del bloc 1.....	23
Bloc 2. L'ESTUDI DELS MOVIMENTS	24
Orientacions didàctiques del bloc 2.....	27
Bloc 3. L'ESTUDI DE LES INTERACCIONS MECÀNIQUES	28
Orientacions didàctiques del bloc 3.....	30
Bloc 4. L'ENERGIA.....	31
Orientacions didàctiques del bloc 4.....	33
Bloc 5. L'ESTUDI DE LES INTERACCIONS ELECTROMAGNÈTIQUES	34
Orientacions didàctiques del bloc 5.....	36
Bloc 6. FÍSICA MODERNA.....	37
Orientacions didàctiques del bloc 6.....	39

QUADRES DE SÍNTESI 40

Quadre de síntesi de la C1	41
Quadre de síntesi de la C2	42
Quadre de síntesi de la C3	43



BOPA

Butlletí Oficial del
Principat d'Andorra

Núm. 83

9 de juliol del 2025

7/45

Introducció

6 | Programa de física

En el món actual l'exercici d'una ciutadania responsable requereix disposar d'una formació científica que permeti cercar i comprendre informació, avaluar les dades i treure conclusions de forma crítica i autònoma, per tal de poder prendre decisions i actuar sobre qüestions d'interès personal i social amb una fonamentació científica.

Per ajudar l'alumnat en el procés d'assoliment de la competència científica, l'assignatura de física de batxillerat s'orienta cap a la construcció dels grans models explicatius de la física, per tal que els alumnes i les alumnes puguin predir, explicar, indagar i argumentar les propietats i el comportament de la matèria i l'energia, el temps i l'espai, des de l'escala més petita fins a la més gran. Aquests models inclouen els models clàssics d'interaccions mecàniques, el model ondulatori, la visió termodinàmica dels fenòmens o l'electromagnetisme, però també alguns models propis de la física moderna, com ara el model de l'àtom radioactiu. En aquest sentit, l'assignatura té un caràcter formatiu amb l'objectiu de promoure en l'alumnat l'interès per cercar respostes científiques en coherència amb els aprenentatges adquirits en l'etapa anterior, que s'apropiï de les competències que suposen la familiarització amb la naturalesa de l'activitat científica i tecnològica, perquè sigui capaç d'avançar en el coneixement de qüestions profundes de la naturalesa del món físic a diverses escales, en particular dins del paradigma clàssic, però també iniciant la mirada des d'altres paradigmes com ara el quàntic o el relativista.

Assolir aquests models de forma competencial, però, va molt més enllà de conèixer-los per se. En el procés per construir-los cobren especial rellevància els contextos d'experimentació i d'indagació, tant històrics com escolars, en els quals aquestes idees s'han anat consolidant i prenen sentit per a l'alumnat. Per aquest motiu, l'assignatura de física de batxillerat dona especial importància a la dimensió procedimental associada a cada una de les grans idees o models treballats. Això implica analitzar i experimentar de primera mà amb els instruments, les tècniques i la metodologia propis de cada àmbit de la física estudiat, dissenyant, fent, analitzant o simulant tant experiments assumibles a l'àmbit escolar com experiments paradigmàtics d'especial rellevància historicocultural.

Per acabar, i des de la perspectiva que és important que els alumnes i les alumnes es plantegin les implicacions socials que comporten les aplicacions de la física, l'assignatura també està orientada a entendre les relacions entre la ciència, la tecnologia i la societat en aquest àmbit. En aquest sentit, en l'assignatura de física de batxillerat es dona importància al fet que l'alumnat pugui valorar la influència social i les qüestions ètiques que els avenços científics i tecnològics plantegen en l'àmbit de la física, no només interpretant i valorant la informació, sinó argumentant la seva posició i actuació en conseqüència.

En definitiva, des de l'assignatura de física es vol compartir amb l'alumnat que la física no només és una producció cultural humana rellevant que ha assolit fites intel·lectuals i tecnològiques importants, sinó una contribució a la millora de la vida de les persones de formes diverses.

A més, per fomentar el desenvolupament d'una cultura i d'una ciutadania democràtiques s'han destacat els aspectes del programa que hi estan relacionats. En efecte, es representa el model competencial del Marc de referència de competències d'una cultura democràtica del Consell d'Europa. Aspectes com la formació d'una ciutadania activa i responsable, amb consciència crítica, capaç de respectar els altres, col·laborar pel bé de la col·lectivitat i participar en una societat democràtica i plural, s'indiquen en endavant amb el símbol¹.

¹ La relació amb les competències d'una cultura democràtica del Consell d'Europa s'indica amb el símbol següent:



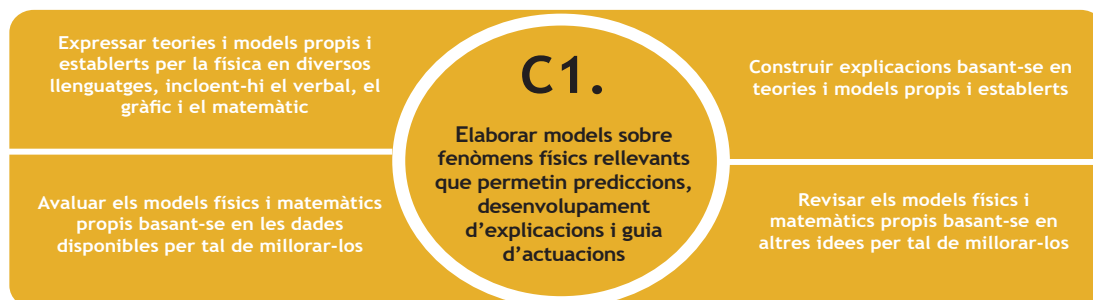
Competències específiques

Aprendre ciències és molt més que aprendre el llegat de conceptes, teories i models que la ciència ha anat desenvolupant al llarg de la història. També és molt més que aprendre els passos d'un "mètode científic" universal, sovint estereotipat, o que dominar certes tècniques experimentals, ja siguin de camp o de laboratori. De fet, com segurament devem haver observat en diverses ocasions, que l'alumnat sembli dominar els conceptes i les metodologies de l'activitat científica és diferent del fet que siguin capaços de participar de forma activa i autònoma en l'activitat de creació, validació, consens i comunicació del coneixement científic. És a dir, de pensar, parlar i fer "científicament".

En aquest sentit, la competència científica involucra molt més que dominar els productes conceptuals i procedimentals de la ciència, i fa referència a ser capaç de participar en l'activitat o la pràctica de la comunitat científica. Actualment hi ha consens, tant en la filosofia de la ciència com en la didàctica de les ciències, que aquesta pràctica científica engloba tres esferes d'activitat o pràctiques científiques clau, que són la modelització, la indagació i l'argumentació, que l'alumnat ha de dominar per mostrar-se competents científicament.

En el cas de la física, entendre la competència científica en física com a competència en la pràctica científica de la física escolar implica involucrar l'alumnat a pensar, parlar i fer de manera anàloga, que no igual, a com ho han fet i ho fan els físics. Això implica que l'alumnat sigui competent en les formes de modelitzar, indagar i argumentar adients en l'escolarització postobligatòria en física i dominin els models físics clau que la física ha anat construint al llarg de la seva història i els que són útils avui dia. És a dir, que saber física esdevé, de fet, saber expressar i utilitzar models físics clau fent servir la indagació i l'argumentació com a eines per posar-los a prova, revisar-los i aplicar-los. És per aquest motiu que les tres competències que presentem a continuació s'estructuren sobre la base d'aquestes tres esferes de la pràctica científica aplicada a la física de batxillerat.

C1. Elaborar models sobre fenòmens físics rellevants que permetin prediccions, desenvolupament d'explicacions i guia d'actuacions



Els models que l'alumnat elabora s'han d'utilitzar per formular prediccions i hipòtesis, construir explicacions dels fenòmens explorats i també de fenòmens nous als quals es puguin aplicar els models construïts, i planejar i justificar actuacions en conseqüència. En aquest sentit, els models es construeixen usant-los per predir, per explicar i per actuar tant respecte dels fenòmens que es treballen a l'aula per construir els models com respecte dels fenòmens nous als quals es puguin aplicar.

Al nivell de batxillerat, tant les prediccions com les explicacions han de poder fer-se en diversos llenguatges (gràfic, matemàtic, verbal), amb un elevat grau de sofisticació, i poder-se justificar i defensar de forma dialògica i adient¹.



Els models inicials de l'alumnat rarament coincideixen amb els models que volem que els alumnes i les alumnes construeixin, i en aquest sentit és imprescindible avaluar els seus models sobre la base de dades, siguin obtingudes pel mateix alumnat mitjançant processos d'indagació (que s'expliquen en la competència següent) o posades a la seva disposició per altres (dades històriques d'experiments clàssics, dades obtingudes en laboratoris remots, dades disponibles d'instal·lacions científiques actuals, etc.). En l'avaluació dels models, mitjançant activitats d'indagació, els processos de recollida i tractament de les dades tenen una importància relativa respecte de la importància d'interpretar què ens suggereixen aquestes dades respecte al nostre model.

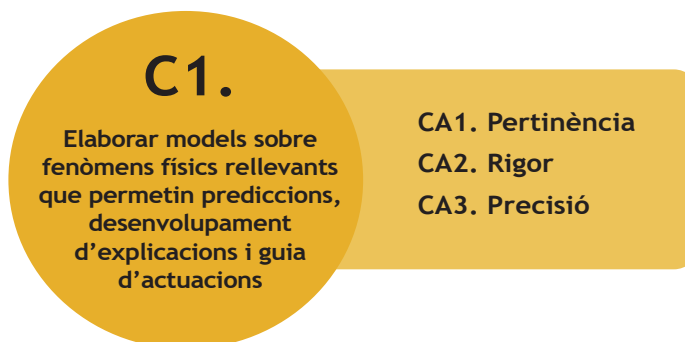
Revisar els models basant-se en propostes alternatives és la darrera fase d'un cicle de modelització orientat al fet que l'alumnat s'apropii dels models establerts per la física. En aquest sentit, tot i que l'alumnat haurà pogut avaluar els seus models inicials basant-se en dades i proves disponibles, aquestes dades i proves no sempre suggereixen quin és el model alternatiu més adequat i no permeten revisar el model de l'alumnat en conseqüència.

¹ Es relaciona amb la competència de cultura democràtica del Consell d'Europa: 15, "Habilitats lingüística, comunicativa i plurilingües".

Orientacions didàctiques de la C1

El procés de construcció de models sofisticats que es proposa requereix continuar amb la proposta didàctica de segona ensenyança, però amb dos diferències importants. En primer lloc, **el procés hauria de ser desenvolupat de forma més autònoma per part de l'alumnat**¹. En segon lloc, els models construïts i la forma de construir-los han d'involucrar més profunditat de continguts. En aquest sentit, estem parlant de seguir les mateixes fases per a l'elaboració dels models dels fenòmens físics: **partir dels models inicials de l'alumnat; posar-los a prova experimentalment (contrast empíric); revisar-los partint d'altres idees (contrast teòric) i consensuar una versió final**². En el batxillerat, però, aquestes fases inclouen una elevada sofisticació en les formes d'expressar els models utilitzant en gran mesura els llenguatges matemàtic i gràfic avançats, tant de forma manual com, sobretot, amb l'ús de noves tecnologies. També s'emfatitza el caràcter iteratiu complex que es dona entre els processos d'avaluar i revisar el model, que no han de seguir una evolució lineal i que han d'incorporar formes diferents d'observar i recollir dades, així com la utilització d'un llenguatge multimodal apropiat en el consens del model final. Finalment, també és pròpia d'aquesta etapa l'aplicació més autònoma del model après a noves situacions d'elevada demanda en termes de transferència, com ara **aplicar el que s'ha après de radioactivitat en el context, per exemple, de les gammagrafies o en el context de la problemàtica de Fukushima**³.

Criteris d'avaluació de la C1



PERTINÈNCIA

La **pertinència** en l'elaboració d'un model físic implica elaborar un model capaç d'explicar les propietats del sistema que es modelitza. Per tant, la pertinència s'ha de veure reflectida en l'elaboració dels models de la física i en l'ús d'aquests models per formular prediccions i hipòtesis pertinents, per construir explicacions pertinents dels fenòmens (tant fenòmens explorats i coneguts com fenòmens nous), i per planejar i justificar actuacions pertinents.

¹ Es relaciona amb la competència de cultura democràtica del Consell d'Europa: 10, "Habilitats d'aprenentatge autònom".

² Es relaciona amb la competència de cultura democràtica del Consell d'Europa: 16, "Habilitats de cooperació".

³ Es relaciona amb la competència de cultura democràtica del Consell d'Europa: 20, "Coneixement i comprensió crítica del món: política, dret, drets humans, cultura, cultures, religions, història, mitjans de comunicació, economies, medi ambient i sostenibilitat".

RIGOR

El **rigor** és la qualitat de ser exacte i precís en l'elaboració, l'avaluació i la revisió del model físic. Això implica que en l'elaboració dels models s'expressin les idees amb rigor fent servir els llenguatges de la física. Alhora requereix posar adequadament les unitats d'una magnitud i fer els càlculs correctament, així com buscar la comprensió profunda de les idees de la física.

Així mateix, és necessari el rigor per avaluar i revisar els models propis, analitzant críticament quins fets o quines dades no concorden amb la predicció feta sobre la base d'aquest model inicial. El rigor en l'elaboració i la revisió dels models ha de garantir que els models elaborats tinguin una capacitat predictiva i explicativa adequada.

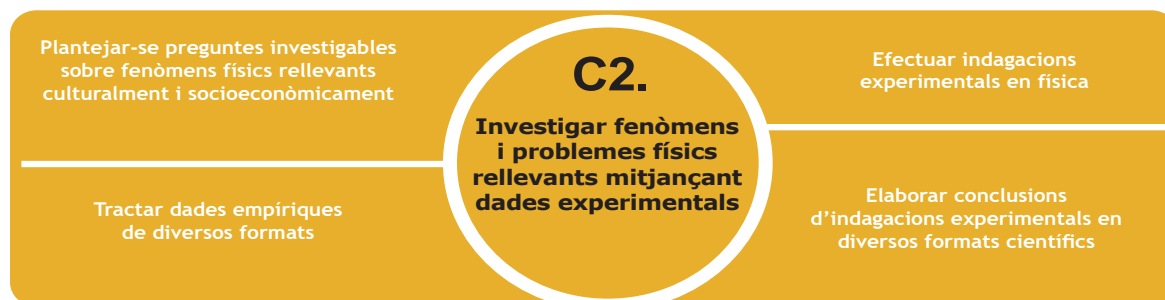
PRECISIÓ

La **precisió** en l'elaboració de models implica la qualitat d'expressar de manera concisa i exacta les idees que integren un model i les relacions que s'estableixen entre magnituds, i és també la qualitat de saber triar i combinar diversos llenguatges (dibuixos, llenguatge verbal, equacions matemàtiques, gràfics numèrics, diagrames, vectors, gestos, etc.) per expressar els models científics. Alhora, la precisió amb què es comuniquen les idees del model és també un element clau en la modelització de l'alumnat que ha de ser avaluat, ja que tot procés de modelització requereix defugir les ambigüitats i generalitats pròpies del llenguatge col·loquial definint clarament cada una de les idees amb la màxima precisió possible.

Expectatives de final de cicle de la C1

Al final de batxillerat, l'alumnat fa prediccions sobre fenòmens físics relacionats amb les interaccions mecàniques, electromagnètiques i termodinàmiques, i els canvis d'estat i de moviment resultants d'aquestes interaccions, elabora explicacions sobre aquests fenòmens i pren decisions de forma adequada, justificant de forma clara aquestes prediccions, explicacions i actuacions a partir dels seus models científics elaborats. Quan ho fa, l'alumnat avalua i revisa amb rigor els seus propis models inicials basant-se en les dades i informacions disponibles, mantenint sempre una actitud crítica. L'alumnat expressa aquests models sobre fenòmens físics de forma precisa, superant les ambigüitats pròpies del llenguatge quotidià, i ho fa construint analogies i utilitzant els llenguatges de la física, fent servir el més adequat en cada situació.

C2. Investigar fenòmens i problemes físics rellevants mitjançant dades experimentals



L'etapa de batxillerat ha de permetre la participació en recerques amb diversos graus d'obertura i amb diversos instruments i metodologies per desenvolupar la capacitat de dissenyar i dur a terme investigacions. Això inclou des del seguiment fil per randa de protocols estandaritzats fins al disseny de totes les fases d'una recerca genuïna, proporcionant a l'alumnat un espectre de contextos experimentals en els quals puguin desenvolupar la competència de dissenyar i dur a terme recerques.

Així, les indagacions amb graus d'obertura baixos que segueixen protocols donats han de facilitar la comprensió de l'alumnat de què és un protocol de laboratori i com s'ha gestat, i incloure tècniques i instruments sofisticats que requereixin aquest protocol, per capacitar-los per dur-les a terme. D'altra banda, capacitar l'alumnat per dissenyar investigacions requereix involucrar-lo en la presa de decisions sobre quines dades prendre, com i quan fer-ho, amb quins materials i instruments, seguint quina tècnica, etc. En general, les investigacions amb graus d'obertura grans, genuïnes des de la perspectiva experimental, s'han d'utilitzar per treballar idees més senzilles o de menys rellevància conceptual, així com instruments i tècniques senzills o coneguts, per tal de permetre l'autonomia de l'alumnat, un treball profund en la competència experimental i centrar-se en la qualitat del procés d'investigació¹.



Tant si s'han efectuat indagacions guiades com més lliures, una dimensió clau de la competència indagativa és el tractament de les dades, des de la recollida amb diversos instruments, la selecció, el tractament i representació, i l'anàlisi, incloent-hi la modelització matemàtica. En aquest sentit, els alumnes i les alumnes s'han d'enfrontar progressivament a recerques en què la recollida de dades segueix estratègies o utilitza instruments progressivament més sofisticats, coneixent i utilitzant el concepte d'error experimental associat al límit de mesura fiable i vàlid dels instruments. D'igual forma, el tractament gràfic i matemàtic d'aquestes dades ha d'incloure representacions cada cop més sofisticades i eines matemàtiques cada cop més complexes.

Per acabar, la competència en indagació inclou la capacitat d'extreure conclusions de les dades i la seva comunicació. Aquestes conclusions s'han de poder comunicar en diversos formats, emfatitzant els que són propis de la pràctica científica professional, com ara els pòsters i presentacions en congressos, així com els articles científics escrits².



¹ Es relaciona amb les competències de cultura democràtica del Consell d'Europa: 7, "Responsabilitat"; i 10, "Habilitats d'aprenentatge autònom".

² Es relaciona amb la competència de cultura democràtica del Consell d'Europa: 15, "Habilitats lingüística, comunicativa i plurilingües".

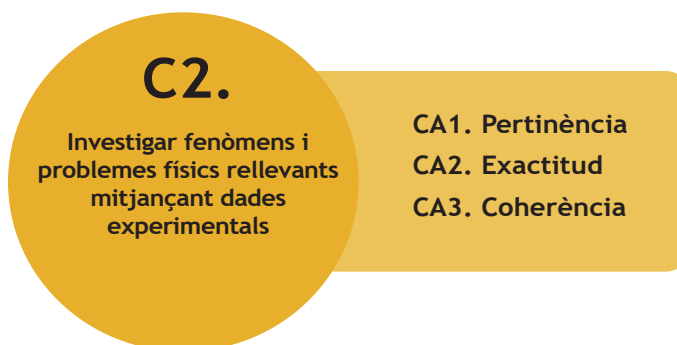
Orientacions didàctiques de la C2

Com a novetat al batxillerat, s'haurien de presentar i discutir des del punt de vista metodològic i també epistemològic noves modalitats experimentals i pseudoexperimentals pròpies de la física que, degut a la seva elevada complexitat instrumental i matemàtica, no s'han treballat a segona ensenyança. En són exemple els encreuaments de fonts de dades diferents (per exemple, dades de telescopis òptics amb telescopis de radiació); la utilització de dades generades per ordinador (per exemple, generadors aleatoris en simulacions de Montecarlo) per calibrar instruments, i els experiments efectuats en grans col·laboracions científiques internacionals en grans instal·lacions de la ciència, entre d'altres. En aquest sentit seria interessant informar-se, discutir i, en la mesura del possible, reproduir exemples d'elevada rellevància històrica (com l'experiment de Michelson-Morley o de la doble escletxa), així com experiments altament importants avui (com ara la recerca del bosó de Higgs al CERN o la troballa d'ones gravitacionals al LIGO)¹.



En general, el treball sobre la competència d'indagació en ciències ha d'anar acompanyat d'una reflexió explícita des del punt de vista epistemològic del que vol dir fer ciència en general i física en particular, perquè l'alumnat finalitzi els seus estudis amb una visió de l'activitat científica molt més sofisticada que la que està centrada en un mètode científic estereotipat.

Criteris d'avaluació de la C2



PERTINÈNCIA

La **pertinència** és la qualitat de ser apropiat al propòsit de la investigació que es persegueix. Aquesta qualitat en la indagació implica la focalització de la mirada sobre el fenomen a partir de l'elaboració de preguntes investigables pertinents. La pertinència en la selecció i l'elaboració d'aquestes preguntes ha de donar lloc a la realització de recerques que permetin no només descriure un fenomen o saber millor com passa, sinó també ajudar a interpretar per què passa. Per tant, al llarg del procés d'aprenentatge caldrà avaluar la pertinència amb què l'alumnat formula aquestes preguntes.

¹ Es relaciona amb la competència de cultura democràtica del Consell d'Europa: 20, "Coneixement i comprensió crítica del món: política, dret, drets humans, cultura, cultures, religions, història, mitjans de comunicació, economies, medi ambient i sostenibilitat".

EXACTITUD

L'**exactitud** en la indagació de fenòmens és la qualitat de donar mesuraments molt pròxims o iguals al valor d'allò que és mesurat en una investigació de fenòmens i problemes físics. És una qualitat associada a la recollida i el tractament de dades experimental, s'ha de veure reflectida en la participació de l'alumnat de física en recerques amb diversos graus d'obertura i amb diversos instruments i metodologies. En aquest sentit, caldrà tenir en compte l'exactitud amb què els alumnes i les alumnes efectuen el disseny experimental (com s'aborden els detalls, les condicions, etc.), l'exactitud amb què es desenvolupa la metodologia, l'exactitud amb què es defineixen les variables, les magnituds, els valors, les unitats, etc., l'exactitud amb què s'expressen les dades, l'exactitud amb què s'expressa l'error experimental, etc.

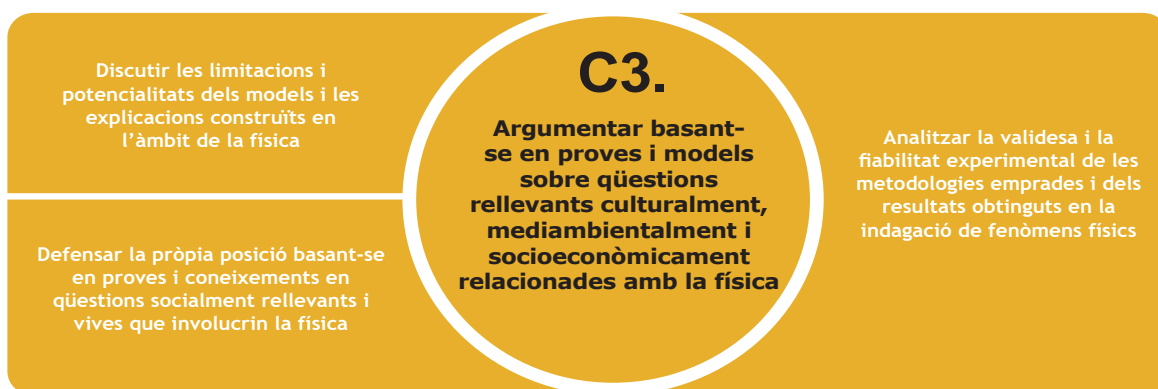
COHERÈNCIA

Entesa com la correspondència lògica entre el propòsit d'una investigació i l'objectiu que es persegueix amb la investigació. Aquest objectiu final està directament relacionat amb el desenvolupament de la capacitat d'elaborar conclusions, és a dir, d'identificar patrons i tendències, de generalitzar i extrapolar en els casos possibles, de determinar els límits d'allò que es pot concloure o no d'una recerca. Serà necessari, per tant, avaluar la coherència d'aquestes conclusions, és a dir, la coherència dels processos de raonament derivats de l'anàlisi de les dades. Alhora, aquestes conclusions fruit de la indagació s'han de poder comunicar en diversos formats, emfatitzant els que són propis de la pràctica científica professional (com ara els pòsters i les presentacions en congressos, així com els articles científics escrits).

Expectatives de final de cicle de la C2

Al final de batxillerat, l'alumnat efectua investigacions entorn de fenòmens i problemes físics rellevants. Quan ho fa, es formula de forma pertinent preguntes investigables rellevants des d'una o diverses vessants de la física (teories i paradigmes dels blocs de continguts). A més, l'alumnat fa i dissenya investigacions amb perícia, i les duu a terme utilitzant o seleccionant adequadament instruments i metodologies adients per a cada cas. L'alumnat analitza amb exactitud i rigor les dades resultants d'aquestes investigacions, i comunica els resultats i les conclusions que se'n deriven de forma coherent i efectiva, fent servir, en cada cas, els llenguatges i formats de comunicació científica adients.

C3 Argumentar basant-se en proves i models sobre qüestions rellevants culturalment, mediambientalment i socioeconòmicament relacionades amb la física



Les competències de modelització i indagació científiques abans esmentades podrien realitzar-se sense el necessari component avaluatiu i argumentatiu que hom espera d'alumnes que estan desenvolupant el pensament crític en l'àmbit científic. En aquest sentit, es considera fonamental que l'alumnat de batxillerat s'involucri en discussions sobre les limitacions i potencialitats dels models i les explicacions construïdes en l'àmbit de la física¹.

D'igual forma, l'alumnat de batxillerat ha de poder analitzar la validesa i la fiabilitat experimental de les metodologies emprades i dels resultats obtinguts en la indagació de fenòmens físics. En aquest sentit, estem parlant d'analitzar si els experiments proposats per l'alumnat serveix per respondre a la pregunta que ens fem i si ho fa amb un cert grau de fiabilitat, i iniciar-se en la idea de xifres significatives i error experimental².

D'altra banda, i continuant amb les competències argumentatives treballades a segona ensenyança, l'alumnat de batxillerat ha de ser capaç de construir i defensar la seva pròpia posició basant-se en proves i coneixements en qüestions socialment rellevants i vives que involucrin la física. Per exemple, la seva posició respecte de l'existència i la localització d'un abocador nuclear, les possibilitats i els límits de la nanotecnologia, etc., incloent-hi més vessants que la merament científica, conjugant aspectes econòmics, ètics, culturals, socials, emocionals, etc. Però al nivell de batxillerat els alumnes i les alumnes han de ser capaços de construir argumentacions complexes que, tot i combinar diverses dimensions, siguin explícites en l'ús de proves científiques i en el valor que es dona a aquestes proves³.

¹ Es relaciona amb la competència de cultura democràtica del Consell d'Europa: 11, "Habilitats analítiques i de pensament crític".

² Es relaciona amb la competència de cultura democràtica del Consell d'Europa: 20, "Coneixement i comprensió crítica del món: política, dret, drets humans, cultura, cultures, religions, història, mitjans de comunicació, economies, medi ambient i sostenibilitat".

³ Es relaciona amb les competències de cultura democràtica del Consell d'Europa: 11, "Habilitats analítiques i de pensament crític"; 15, "Habilitats lingüística, comunicativa i plurilingües"; 18, "Coneixement i comprensió crítica d'un mateix"; i 20, "Coneixement i comprensió crítica del món: política, dret, drets humans, cultura, cultures, religions, història, mitjans de comunicació, economies, medi ambient i sostenibilitat".

Orientacions didàctiques de la C3

L'aprenentatge de les competències avaluatives i argumentatives requereix un nivell de reflexió crítica important, tant respecte de la qualitat dels processos de modelització, indagació i argumentació com, encara més important, de les pròpies idees i els fonaments de les pròpies posicions en relació amb aquests processos¹.



Aconseguir aquest nivell de reflexió no sempre és fàcil, ja que estem parlant de competències de pensament d'ordre superior. D'una banda, l'alumnat difícilment s'involucrarà en la tasca si el tema que es treballa no els és prou rellevant. D'altra banda, una elevada involucració personal en el tema pot emfatitzar aspectes emocionals que facin innecessari el raonament basat en proves. Per treballar aquests aspectes, l'alumnat ha de visionar i analitzar debats tan genuïns com sigui possible, i participar-hi, analitzant i reflexionant com succeeixen (la manca o l'excés d'involucració personal en el tema, la utilització i el valor donat als arguments basats en proves, la importància d'altres aspectes no científics en les posicions, etc.) per poder regular la seva capacitat d'argumentar².



A banda, l'argumentació és una competència que requereix un important domini dels aspectes comunicatius. En concret, una bona argumentació científica consta d'unes parts concretes (afirmació que se sosté, dades en les quals es basa, justificació, contraarguments, etc.) que s'han de treballar específicament a ciències, sense oblidar que alhora un text argumentatiu no deixa de ser un text persuasiu que ha d'estar ben elaborat amb l'objectiu de convèncer³.

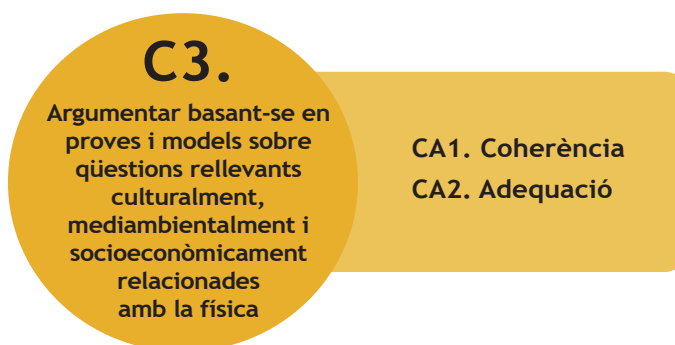


1 Es relaciona amb les competències de cultura democràtica del Consell d'Europa: 11, "Habilitats analítiques i de pensament crític"; i 18, "Coneixement i comprensió crítica d'un mateix".

2 Es relaciona amb les competències de cultura democràtica del Consell d'Europa: 9, "Tolerància envers l'ambigüitat"; 11, "Habilitats analítiques i de pensament crític"; i 12, "Habilitats d'escolta i observació".

3 Es relaciona amb les competències de cultura democràtica del Consell d'Europa: 15, "Habilitats lingüística, comunicativa i plurilingües"; i 19, "Co-neixement i comprensió crítica del llenguatge i la comunicació".

Criteris d'avaluació de la C3



COHERÈNCIA

La qualitat de la **coherència** ha de ser present en els arguments utilitzats, els quals han de ser coherents entre ells, de manera que no hi hagi contradiccions internes en el desenvolupament d'un argument. Els arguments utilitzats entorn de qüestions rellevants relacionades amb la física han de ser també coherents amb les proves o evidències resultants de l'activitat científica (les dades obtingudes del món real que l'alumnat fa servir per argumentar). Finalment, aquests arguments han de ser també coherents amb algun dels models científics construïts, de manera que en els arguments exposats es vegin reflectides les idees amb les quals s'expressen aquests models. Així, per garantir la coherència d'una argumentació, cal aplicar el sentit crític en la construcció i defensa del posicionament propi, fonamentant-lo en models físics, proves, evidències i/o dades verificables que permetin validar i reforçar la seva solidesa.

ADEQUACIÓ

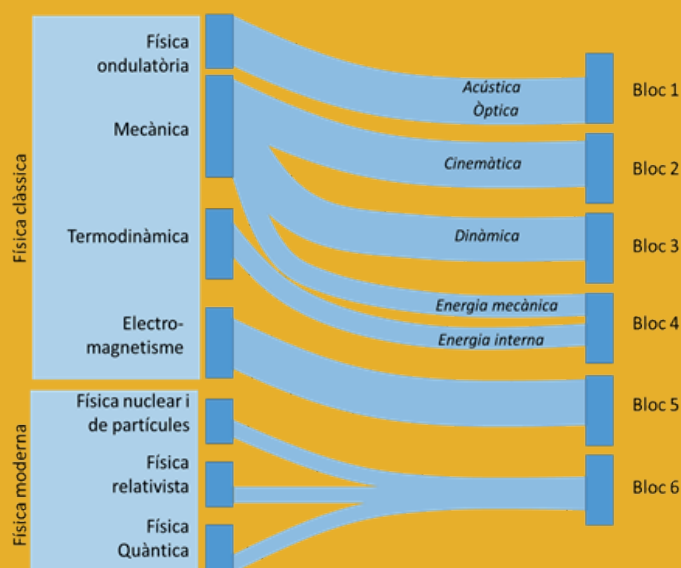
L'**adequació** és la qualitat entesa com la correspondència lògica entre l'argumentació de qüestions rellevants culturalment, mediambientalment i socioeconòmicament relacionades amb la física i l'avaluació i la revisió dels models físics propis. Aquesta adequació passa per una discussió de les potencialitats i limitacions de cada model (què permet explicar o predir cada model i què no permet). Alhora, acostar-se, a través de la construcció de models, als models científics establerts passa per discutir també les limitacions i potencialitats de cada un d'aquests models tenint en compte la perspectiva històrica i les revolucions viscudes en la manera de concebre i mirar el món. Donada la importància de la discussió de les potencialitats i limitacions de cada model, caldrà avaluar l'adequació amb què aquesta discussió és present en les classes de física, i acompanya i complementa la utilització dels models científics. Per assegurar l'adequació d'una argumentació, cal aplicar un sentit crític que permeti analitzar si els models i dades seleccionats responen als criteris científics establerts i són compatibles amb la posició defensada.

Expectatives de final de cicle de la C3

Al final de batxillerat, l'alumnat argumenta sobre física, ja sigui entorn dels seus models o dels seus mètodes experimentals, i acompanya els seus arguments i posicions d'una avaluació crítica, pertinent i rigorosa dels models, dels mètodes i de les dades. Quan ho fa, discuteix i argumenta de forma adequada sobre les potencialitats o limitacions d'un model construït en l'àmbit de la física, ja sigui per part dels mateixos alumnes o de la comunitat científica. Alhora, discuteix i argumenta amb rigor sobre la validesa i la fiabilitat d'un conjunt de dades experimentals. A més, defensa amb sentit crític i amb claredat les posicions pròpies a partir d'arguments basats en proves i coneixements que involucren la física, especialment en qüestions socialment rellevants i controvertides, com ara la seguretat viària, el consum i l'estalvi energètic, les radiacions o la contaminació acústica i lumínica.

Recursos d'aprenentatge

Els blocs de recursos que s'han seleccionat al programa de física de batxillerat s'estructuren principalment entorn dels quatre grans paradigmes o teories delimitades històricament en la física clàssica: la física ondulatoria (que inclou branques de la física com l'òptica i l'acústica), la mecànica, la termodinàmica i l'electromagnetisme. Ara bé, donada la centralitat que juga el paradigma mecànic en la física escolar, aquest paradigma s'ha dividit en dos blocs independents: d'una banda, l'estudi dels moviments (la branca anomenada cinemàtica), i de l'altra, de les interaccions mecàniques sobre la base de forces o camps (la branca anomenada dinàmica). Alhora, el quart bloc, que farà referència a l'estudi de l'energia, també incorpora aspectes del paradigma mecànic, combinat amb les idees de transferència, conservació i dissipació de l'energia pròpies del paradigma termodinàmic. Finalment, el darrer bloc estarà centrat en els nous paradigmes de la física contemporània: relativitat, quàntica i física nuclear i de partícules.



D'aquesta manera, el primer bloc està orientat a l'estudi de la física ondulatoria, i hauria de seguir una progressió pel que fa als models, començant pel model de raig de llum i posteriorment ampliant el rang de fenòmens al model ondulatori, que inclou no només aspectes òptics sinó també acústics. El segon bloc fa referència a l'estudi dels moviments i també hauria de seguir una progressió, començant per l'estudi dels moviments senzills (MRU, MRUA, MCU i MCUA) i, més endavant, els moviments complexos, en particular moviments amb acceleració no constant. El tercer bloc se centra en l'estudi de les interaccions mecàniques, començant pel model d'interacció a través de forces i més endavant, el camp gravitatori. Al quart bloc es tracta el model d'energia, combinant la perspectiva mecànica i la perspectiva termodinàmica. El cinquè bloc planteja l'estudi de les interaccions elèctriques, magnètiques i electromagnètiques. En darrer lloc, l'últim bloc presenta breument les noves mirades de la física pròpies de la física moderna: la física nuclear i de partícules, la física relativista i la física quàntica.



En paral·lel a la progressió en la complexitat dels fets i conceptes que s'aborden, també caldria tenir en compte una progressió en les demandes procedimentals que es fan a l'alumnat. Així, si al principi de batxillerat s'esperaria que els alumnes i les alumnes fossin capaços de comunicar els resultats obtinguts d'una indagació en format de pòster, al final de l'etapa caldria esperar que aquest mateix alumnat fos capaç de comunicar els resultats mitjançant un petit article científic.

De la llista de recursos que s'exposen a continuació, se'n destaquen alguns a partir de la codificació per colors següent:

En blau: són els que requereixen de forma explícita la utilització d'una tecnologia digital que vagi més enllà de les eines ofimàtiques o els navegadors. Parlem de simulacions, sensors digitals perifèrics, programes d'anàlisi de vídeo o tecnologia mòbil.

En verd: són els que requereixen un domini de les matemàtiques que va més enllà del nivell de la segona ensenyança. Implica el domini de la representació gràfica de funcions polinòmiques, exponencials i trigonomètriques, entre d'altres, així com el domini d'operacions amb vectors.

Bloc 1. L'estudi de la llum, el so i les ones

Tot i que en el llenguatge quotidià es parla d'ones per referir-se a fenòmens concrets com el moviment de l'aigua al mar, la física parla d'ones com un constructe abstracte, una manera d'imaginar-nos i explicar la propagació de pertorbacions en un medi on, a diferència del que suggereix el raonament espontani, no hi ha cap substància física que es transporti amb aquesta pertorbació. Aquesta idea és tan potent que serveix per explicar tant la propagació de pertorbacions mecàniques (és a dir, oscil·lacions en la pressió o la densitat d'un medi, o de posició de les partícules que el constitueixen) com la propagació de pertorbacions electromagnètiques (canvis en els camps elèctrics i magnètics d'un medi). Els humans també aprofitem aquest fenomen de propagació d'una pertorbació per transmetre una informació o un senyal, tant en els sistemes de comunicació naturals com tecnològics. Per exemple, en els sentits de l'oïda i la vista, en què es transmet informació mitjançant ones de so i llum, o per exemple en la ràdio o el wifi, on es transmeten ones d'altres parts de l'espectre electromagnètic. En tots aquests sistemes de comunicació aprofitem que les ones tenen diverses propietats, en particular la dimensió o mida de les oscil·lacions, però també la seva freqüència, per obtenir un ventall de canals de comunicació ben diferenciats que no interfereixin entre ells.

Bloc 1: L'estudi de la llum, del so i les ones

Quines característiques de la llum fem servir per descriure-la?
Quin comportament té la llum quan interactua amb el medi?
Com canvia la seva velocitat o la seva trajectòria quan travessa diversos medis?
Quins instruments òptics ens permeten desviar la llum per controlar-la millor?
Quins fenòmens físics ens permeten explicar la vista, un dels sentits humans més importants?
Quines eines de la nostra vida quotidiana fan servir instruments òptics per controlar la llum?
Com es propaguen les pertorbacions que es produeixen a la natura a través d'un medi?
En quins casos la ciència considera que aquestes pertorbacions són ones?
Quins tipus d'ones hi ha i quines propietats ens permeten caracteritzar-les?
Com ens ajuda el model d'ona mecànica a explicar les característiques dels sons que sentim?
Com ens ajuda el model d'ona electromagnètica a explicar les característiques dels tipus de llum de l'espectre electromagnètic?

FETS I CONCEPTES

- La propagació rectilínia de la llum i la velocitat de propagació.
- Els fenòmens de la reflexió, refracció, dispersió i atenuació de la llum.
- El comportament de la llum en miralls i lents.
- Les característiques de lents convergents i divergents. El telescopi com a instrument paradigmàtic.
- El funcionament de l'ull humà i la correcció de defectes òptics mitjançant ulleres o lents de contacte.
- La càmera fotogràfica com a instrument paradigmàtic.
- Les propietats de les ones, els fronts d'ona i la direcció de propagació. Difracció i superposició d'ones.
- Les magnituds d'una ona periòdica: amplitud, període, velocitat de propagació, freqüència, longitud d'ona i fase.
- Les similituds i les diferències de les ones mecàniques i les ones electromagnètiques.
- El so com a exemple paradigmàtic d'ona mecànica. Velocitat de propagació del so. Característiques del so: intensitat, to i timbre. Efectes com la reverberació i problemes com la contaminació acústica.
- La llum com a exemple paradigmàtic d'ona electromagnètica. Espectre electromagnètic. Efectes com la polarització i problemes com la contaminació lumínica.
- Les ones estacionàries i la superposició d'ones harmòniques.
- Els fenòmens de reflexió, refracció, dispersió i atenuació d'ones, l'efecte Doppler i la interferència de Frankophor.

PROCEDIMENTS

C1

- Revisió crítica de les maneres quotidianes de parlar de la llum, diferenciant la llum com a fenomen de les formes de descriure-la (per exemple, diferència entre feix i raig de llum).
- Explicació de la propagació de la llum mitjançant el model geomètric (raig de llum) i el model ondulatori (principi de Huygens).
- Utilització d'aquests models per explicar per què la velocitat de la llum varia en funció del medi i calcular aquesta velocitat en situacions paradigmàtiques.
- Utilització d'aquests models per explicar el comportament de la llum en els canvis de medi.
- Elaboració de representacions de la trajectòria de la llum a partir del model geomètric, utilitzant diagrames per predir la trajectòria d'un raig de llum que interactua amb diversos miralls i lents.
- Utilització del model geomètric per explicar la diferència d'una lent convexa i una lent còncava.
- Utilització del model geomètric per explicar els principis segons els quals funciona l'ull humà i elaborar diagrames de raigs per explicar les principals malalties associades (miopia, astigmatisme i hipermetropia).
- Avaluació i revisió del propi model de funcionament d'una càmera digital o analògica a partir del coneixement del funcionament de l'ull i dades sobre què necessiten i com són les imatges que produeixen.
- Revisió crítica de les idees alternatives sobre les ones, en concret la llum, el so i d'altres: les ones com a substància, les ones com a moviment, etc.
- Utilització del model de propagació d'una pertorbació per distingir els tipus d'ona: en funció del medi (mecàniques o electromagnètiques), en funció de la propagació (longitudinals, transversals i superficials), en funció de la periodicitat (periòdiques i no periòdiques) i en funció del seu front d'ona (unidimensionals, bidimensionals o tridimensionals).
- Utilització del model de fronts d'ona per explicar la reflexió i la refracció en un canvi de medi, l'atenuació al llarg de la propagació i l'efecte Doppler.
- Expressió del model d'ona harmònica a través de la seva equació, relacionant entre elles les magnituds implicades (amplitud, període, velocitat de propagació, freqüència, longitud d'ona i fase), distingint entre la representació gràfica d'aquest moviment ondulatori en funció del temps i en funció de l'espai.
- Utilització del model d'ona harmònica per explicar la composició de les ones, les interferències i les ones estacionàries.
- Relació de les magnituds que intervenen en el model d'ona harmònica amb les propietats perceptibles del so (intensitat, to i timbre), i explicar a partir del model els fenòmens acústics més paradigmàtics (atenuació, reverberació, eco, etc.).
- Utilització del model d'ona estacionària per explicar qualitativament i quantitativament el funcionament dels instruments musicals de vent o de corda.
- Explicació de la intensitat sonora fent servir l'escala logarítmica de decibels i la seva relació amb la potència i la seva variació respecte a la distància de la font sonora.
- Relació de les magnituds que intervenen en el model d'ona harmònica amb les propietats perceptibles de la llum (color, espectre, intensitat, polarització).
- Utilitzar la relació entre freqüència i energia d'una ona electromagnètica per explicar l'espectre electromagnètic i la manera com cada tipus d'ones de l'espectre interactua amb la matèria

PROCEDIMENTS

C2

- Reproducció de les situacions experimentals amb materials senzills (aigua i vidre) que permetin observar diversos comportaments de la llum en un canvi de medi.
- Identificació dels instruments òptics més paradigmàtics (font de llum, prisma, lent convexa, lent còncava, etc.) i saber utilitzar-los, tant en un banc òptic com en objectes quotidians (el làser, la llanterna, les càmeres fotogràfiques, etc.).
- Realització de petits experiments d'òptica geomètrica a partir de material òptic de laboratori o de simulacions virtuals.
- Control de les variables que poden influir en el funcionament d'una càmera fotogràfica.
- Reproducció de les situacions experimentals amb materials senzills que permetin observar diversos comportaments ondulatoris (cordes, llençols, safates amb aigua, etc.) i mesurar les magnituds associades.
- Reproducció dels fenòmens relacionats amb la propagació d'ones a través de simulacions virtuals.
- Disseny de petits experiments per analitzar les propietats acústiques dels materials (atenuació, reflexió i absorció).
- Enregistrament dels sons reals amb el mòbil o l'ordinador i analitzar-los amb programes d'anàlisi de so.
- Reproducció experimental de les ones estacionàries en instruments musicals i analitzar les seves característiques a partir de mesures.
- Mesura experimental de la velocitat de propagació del so en l'aire a partir de tubs de ressonància.
- Tractament de les dades de la relació experimental entre intensitat i freqüència sonora, utilitzant-ho per interpretar corbes isofòniques, llinars d'audició o de dolor, camp auditiu o malalties auditives.
- Disseny de petits experiments paradigmàtics per analitzar la interacció entre ones electromagnètiques amb diversos tipus de materials (quines cremes solars absorbeixen millor la llum ultraviolada?, quina franja de color absorbeix i reflecteix un material determinat? com absorbeixen la llum les ulleres polaritzades?, etc.).
- **Utilització del mòbil per estudiar l'espectre d'emissió i absorció de diversos tipus de llums.**
- **Ús del full de càlcul per dibuixar i calcular valors experimentals obtinguts a partir de les pràctiques d'òptica.**
- **Deducció de l'equació de les lents a partir de l'aproximació matemàtica.**

C3

- Argumentació de la validesa de cada un dels models que permeten explicar la propagació de la llum, relacionant-ho amb quins fenòmens poden explicar i quins no.
- Identificació de les potencialitats i limitacions del model geomètric per explicar el funcionament de l'ull humà i les malalties oculars (quines malalties es poden explicar amb aquest model i quines no).
- Identificació de les potencialitats i les limitacions del model ondulatori, distingint entre la immensa casuística de fenòmens ondulatoris reals i el model d'ona harmònica ideal.
- Construcció d'una posició pròpia basada en proves i coneixements respecte a qüestions socialment rellevants relacionades amb el so (afectació dels sons a l'oïda, contaminació acústica, etc.).
- Construcció d'una posició pròpia basada en proves i coneixements respecte a qüestions socialment rellevants relacionades amb la llum i les radiacions electromagnètiques (contaminació lumínica, protecció solar, ús del mòbil, antenes de comunicació a prop dels edificis, rajos X, etc.).

ACTITUDS I VALORS

- Interès per cercar respostes científiques entorn de la llum i la visió.
- Valoració de la utilitat social de l'òptica per entendre les malalties oculars i donar-hi resposta.
- Interès per cercar respostes científiques entorn de la gran varietat de fenòmens ondulatoris.
- Valoració de la utilitat social de la física de les ones per comprendre i desenvolupar solucions a problemes quotidians relacionats amb el so, la llum i altres tipus de radiacions electromagnètiques.
- Capacitat d'abstracció en la construcció de models.
- Enginy en la resolució de problemes, disseny d'indagacions i elaboració de models nous.

Orientacions didàctiques del bloc 1

L'estudi de la llum, el so i les ones a batxillerat comença presentant l'òptica geomètrica com una manera de donar explicació a fenòmens quotidians, com ara el funcionament de l'ull humà o de les càmeres fotogràfiques. Per fer-ho, es fa servir un model de raigs geomètrics que permet explicar els principals fenòmens d'interacció entre la llum i la matèria (propagació, reflexió, refracció i difracció). Es proposa, en el segon curs de batxillerat, promoure una mirada més àmplia de les ones a través de llenguatges nous (les funcions ondulatòries matemàtiques) i també de fenòmens nous, especialment acústics. Es proposa a l'alumnat una combinació d'experiències pràctiques (reals i virtuals) que ajudin a construir el model d'ona a través de la mesura i l'anàlisi de les magnituds associades als fenòmens ondulatoris (freqüència, amplitud, longitud d'ona, espectre, etc.). Alhora es plantegen problemes per posar a prova i revisar les seves idees d'ona, per tal de fer-les progressar cap a un model científic d'ona.

Bloc 2. L'estudi dels moviments

“*Eppur si muove*” va ser com, explica la llegenda, Galileo Galilei va adreçar-se al tribunal de la Santa Inquisició després d’abjurar de la visió heliocèntrica del món. “Tanmateix es mou”, perquè tot es mou, perquè tot moviment es defineix a partir d’un sistema de referència relatiu, a diferència del que suggereixen les idees intuïtives de “moviment natural”. La manera com les coses es mouen (cauen, s’aturen, oscil·len, giren, etc.) ha estat un dels principals interessos de la física, que ha construït una manera de descriure els moviments del món, la cinemàtica, en termes d’un conjunt de moviments simples que, si bé són idealitzats, ajuden a entendre i a explicar els moviments del món real. Aquest bloc 2 se centra en la interpretació de com són aquests moviments, i es deixa per als blocs 3 i 5 l’estudi de les causes d’aquests moviments: les interaccions mecàniques o electromagnètiques.

Bloc 2: L'estudi dels moviments

Com saben els equips de Fórmula 1 quina és la manera més adequada de millorar la marca dels seus vehicles?

Com s’ho fa la gent a qui li agrada sortir a córrer per enregistrar els seus recorreguts?

Com fan els càlculs les apps que prediuen a quina hora arribarà l’autobús urbà a la teva parada?

En definitiva, ens preguntem com estudia la física els moviments d’objectes que observem al nostre voltant i que fem servir per desplaçar-nos: què ens cal per descriure el moviment?

Quins tipus de moviments ideals utilitzem i quines són les seves característiques?

Realment la majoria de moviments que observem en el nostre entorn es poden descriure a partir dels moviments simples que ja coneixem?

Què passa quan l’acceleració en un moviment no és constant?

Com són els moviments resultants d’interaccions elàstiques?

Com podem descriure els moviments aleatoris i caòtics de les partícules que es donen, per exemple, dins d’un líquid o d’un gas?

FETS I CONCEPTES

- La relativitat galileana del moviment.
- Les eines per descriure el moviment: posició, desplaçament, trajectòria, sistema de referència, interval i instant de temps, velocitat i acceleració mitjanes i instantànies.
- Els llenguatges per descriure el moviment: equacions, gràfics $x(t)$ i $v(t)$, i vectors.
- Els tipus de moviments paradigmàtics: MRU, MRUA, MCU i MCUA.
- La composició de moviments simples: el tir parabòlic.
- El moviment vibratori i harmònic simple.
- Introducció als moviments aleatoris/caòtics.
- Descripció qualitativa de moviments complexos.
- Introducció als mètodes numèrics per descriure moviments complexos.

PROCEDIMENTS

C1

- Revisió crítica de les explicacions espontànies sobre un sistema de referència “universal” o “autèntic” (pregali-leans), així com les explicacions antropocèntriques i les explicacions causals (aristotèliques).
- Utilització del model de relativitat galileana per identificar el sistema de referència (implícit o explícit) que permet descriure un moviment, utilitzant els elements associats (punt de referència, origen de coordenades, trajectòria, espai recorregut, desplaçament, etc.).

- Expressió dels tipus de moviments paradigmàtics (MRU, MRUA, MCU i MCUA) a través de diversos llenguatges (matemàtic, gràfic i vectorial), utilitzant aquests llenguatges per descriure i predir la variació de la posició i la velocitat d'un cos en funció del temps.
- Resolució de problemes matemàtics amb equacions de segon grau en què intervenen aquests tipus de moviments paradigmàtics combinats entre ells: caiguda lliure, tir parabòlic, pla inclinat, avançaments, frenades, òrbites circulars, sinies, etc.
- Utilització del llenguatge vectorial per resoldre problemes bidimensionals o tridimensionals de moviments amb acceleració normal o tangencial.
- Utilització d'eines d'anàlisi matemàtica de gràfics ideals (càlcul de pendents, càlcul d'àrees, etc.) per obtenir unes variables en funció d'altres: la velocitat instantània en la gràfica $x(t)$, la distància recorreguda en la gràfica $v(t)$, etc.
- Utilització de simulacions i de videojocs (plataforma, balística, carreres, tirs, etc.) per identificar i analitzar moviments simples i compostos.
- Expressió de l'MHS a través de diversos llenguatges (matemàtic, gràfic i vectorial) utilitzant aquests llenguatges per descriure i predir la variació de la posició, la velocitat i l'acceleració d'una partícula oscil·lant en funció del temps.
- Identificació de la relació entre l'MHS i les interaccions elàstiques explicant, per exemple, la relació matemàtica entre la freqüència d'oscil·lació d'una molla amb la seva constant elàstica.
- Relació algebraica i gràfica de la composició d'MHS en dos dimensions amb l'MCU, construint equivalències entre magnituds radials i angulars.
- Resolució dels problemes matemàtics de l'MHS utilitzant les equacions trigonomètriques sinus i cosinus.
- Relació de les equacions $v(t)$ i $a(t)$ d'un MHS a partir de la derivada matemàtica de la funció $x(t)$.
- Descripció dels moviments complexos a partir de moviments més simples (paracaigudisme, salt de pont, pèndol simple, muntanyes russes, etc.), analitzant qualitativament l'acceleració que hi intervé i el seu efecte en l'evolució de la velocitat i la posició en funció del temps.
- Utilització de les equacions de velocitat instantània i acceleració instantània per obtenir els valors numèrics d'una magnitud a partir d'una altra magnitud, fent servir fulls de càlcul.

C2

- Plantejament de preguntes investigables sobre moviments reals coneguts per identificar variables rellevants i aspectes difícils de modelitzar.
- Disseny i realització de l'anàlisi de moviments reals a velocitat constant o acceleració constant amb diverses tècniques qualitatives i quantitatives, tant analògiques com digitals.
- Utilització de diversos instruments digitals per mesurar el moviment (senyors de distància, acceleròmetre del mòbil, GPS, anàlisi de vídeos per fotogrames, etc.), triant quin escau més per a cada tipus de moviment i fenomen.
- Càlcul numèric de la velocitat i l'acceleració a partir de valors experimentals de posició en funció del temps -i viceversa-, fent servir un full de càlcul.
- Ajust dels valors experimentals obtinguts amb l'anàlisi d'un moviment a una funció matemàtica a través d'un programa d'anàlisi matemàtica, calculant els coeficients i donant significat físic als valors obtinguts.
- Presentació dels resultats obtinguts de l'anàlisi de moviments reals utilitzant adientment els conceptes cinemàtics, per exemple en format pòster.
- Plantejament de les preguntes investigables sobre moviments reals coneguts per identificar variables rellevants i aspectes difícils de modelitzar.
- Plantejament de l'estudi experimental de l'MHS a partir de molles, pèndols o altres sistemes oscil·lants.

- Disseny i realització de l'anàlisi de moviments reals a velocitat i acceleració variable, amb diverses tècniques qualitatives i quantitatives, tant analògiques com digitals.
- Determinació experimental de la relació entre la constant elàstica d'una molla i el període d'oscil·lació que produeix.
- Presentació dels resultats obtinguts de l'anàlisi de moviments reals utilitzant adientment els conceptes cinemàtics, per exemple en format de vídeo.

C3

- Argumentació de la necessitat d'establir un sistema de referència com a condició imprescindible per descriure un moviment, rebutant les idees antropocèntriques i espontànies de "moviment autèntic".
- Discussió de la validesa dels moviments paradigmàtics de la física (MRU, MRUA, MCU i MCUA) diferenciant entre moviments reals i moviments ideals modelitzats matemàticament.
- Discussió de la validesa de la mirada cinemàtica del món argumentant els avantatges i les limitacions d'entendre els cossos com a partícules puntuals.
- Avaluació del grau d'ajust entre les trajectòries descrites matemàticament i les trajectòries de moviments reals (dades experimentals) a partir de la idea de coeficient de regressió.
- Utilització del concepte de límit experimental i errada experimental (sobre la base dels instruments utilitzats per capturar dades) per argumentar la fiabilitat d'un resultat.
- Construcció d'una posició pròpia basada en proves i coneixements respecte a qüestions socialment rellevants relacionades amb la conducció segura (temps de reacció, distància de seguretat, etc.).
- Discussió de la validesa de l'MHS i la seva capacitat explicativa de diversos fenòmens ondulatoris.

ACTITUDS I VALORS

- Interès per cercar respostes científiques entorn del moviment dels objectes del nostre voltant.
- Valoració de la utilitat social de la cinemàtica per entendre contextos molt variats de transports, esports, etc., i donar-hi resposta.



Orientacions didàctiques del bloc 2

En aquest bloc proposem l'estudi dels moviments més paradigmàtics de la cinemàtica com a eina per comprendre millor qualsevol tipus de moviment del món real, posant èmfasi no només en les seves expressions matemàtiques (vectorial, algebraica i gràfica), sinó sobretot en la comprensió qualitativa de les magnituds cinemàtiques (sistema de referència, trajectòria, desplaçament, velocitat instantània i mitjana, acceleració, etc.). Al principi, caldria centrar-se en els moviments en què els cossos no pateixen acceleració o bé l'acceleració és constant (MRU, MRUA, MCU i MCUA), i posar especial èmfasi a relacionar aquests moviments idealitzats amb els moviments reals que es puguin registrar fent servir diversos instruments de mesura i anàlisi (el vídeo, el sensor, l'acceleròmetre, el GPS, etc.). Més endavant, el principal repte que caldria plantejar a l'alumnat és analitzar moviments complexos, en què intervenen acceleracions no constants, en particular el vibratori i l'armònic simple. Finalment, també es proposa introduir-se en l'estudi de moviments aleatoris o caòtics, en particular emfatitzant-ne la comprensió qualitativa.

Bloc 3. L'estudi de les interaccions mecàniques

El món que ens envolta està ple d'interaccions mecàniques, amb objectes que s'empenten i s'estiren entre ells, que s'atreuen, que s'aguanten, que es freguen, que produeixen trencaments i deformacions, etc. Malgrat que aquestes interaccions sovint són complexes i difícils d'explicar a escala microscòpica, en la física escolar hi ha dos maneres de mirar-nos aquestes interaccions i aproximar-nos-hi a escala macroscòpica: a través de la idea de força i a través de la idea de camp. En la primera aproximació parlem de les interaccions entre dos cossos com un parell de forces que els cossos s'exerceixen mútuament, que sumades a la resta de forces que actuen en cada un dels cossos provoquen un canvi en el seu estat de moviment. En canvi, en la segona aproximació parlem d'un camp (per exemple, gravitatori) com una variació produïda per un dels dos cossos en l'espai que l'envolta (per exemple, pel fet de tenir massa), i que té efecte sobre qualsevol altre cos (amb massa) que penetri en aquest espai.

Bloc 3: L'estudi de les interaccions mecàniques

Com és que els objectes del nostre voltant canvien de forma i de moviment?

Com és que de vegades les coses es trenquen, o s'estiren, o s'aturen, o s'aguanten entre elles o surten disparades?

En definitiva, ens preguntem com estudia la física la interacció entre objectes o materials, que anomenem forces: quines forces podem fer servir per descriure interaccions comunes?

Com es poden representar les forces?

Quines situacions es poden donar quan dos cossos interactuen?

Quins efectes té en els cossos l'absència o la presència de forces resultants?

Quins límits tenen les interaccions?

Com podem explicar el moviment relatiu entre el Sol, la Terra, la Lluna i la resta de cossos celestes?

Fins on caldria allunyar-se per "escapar" de la gravetat de la Terra?

Quines regles de la física han ajudat els humans a dissenyar la manera de posar satèl·lits en òrbita, arribar a la Lluna i més enllà?

Com podem predir si un cometa acabarà estavellant-se contra el nostre planeta?

En definitiva, ens preguntem la manera que té la física de mirar les interaccions entre els cossos celestes: el camp gravitatori.

FETS I CONCEPTES

- Les forces com a model per descriure la interacció entre cossos: la tercera llei de Newton.
- La naturalesa i les característiques de les forces paradigmàtiques: normal, pes, fregament estàtic i dinàmic, forces elàstiques i tensions.
- El caràcter vectorial de les forces. Suma i descomposició de forces.
- Equilibri i desequilibri de forces. Força resultant.
- La tendència dels cossos a no canviar el seu estat de moviment o llei de la inèrcia. La manera en què els cossos canvien el seu estat de moviment o segona llei de Newton. Relació entre l'impuls i la quantitat de moviment.
- La conservació de la quantitat de moviment en sistemes aïllats.
- Els primers intents de descripció de l'univers. El sistema solar vist des de la Terra. El sistema solar des d'un sistema de referència heliocèntric. Les lleis de Kepler.
- La llei de la gravitació universal.
- Els sistemes planetaris i les galàxies. El Big Bang. L'evolució de l'univers.
- L'energia potencial gravitatòria. L'energia cinètica, potencial i total d'un satèl·lit. El camp gravitatori com a camp conservatiu. La velocitat d'escapament.
- La intensitat del camp gravitatori. Relació entre la intensitat del camp gravitatori i l'acceleració de la caiguda lliure g . Variació de la intensitat del camp al voltant d'un astre.

PROCEDIMENTS

C1

- Revisió crítica de les maneres quotidianes de parlar de forces com una propietat dels cossos i no com una interacció entre ells.
- Revisió crítica de les idees espontànies que les forces només poden ser de contacte, només poden fer-les els objectes vius (model vitalista) i que acompanyen el moviment (model aristotèlic).
- Identificació de les forces implicades en diverses situacions d'interacció distingint els tipus de força (tensions, normals, de fricció, elàstiques, etc.), diferenciant-ho de la funció que fa la força (centrípeta, de frenada, etc.).
- Identificació de les parelles de forces que es donen en qualsevol interacció (tercera llei de Newton), distingint-ho del fet que dos forces de sentit oposat puguin actuar en un mateix cos (tipus P i N).
- Descomposició vectorial de les forces implicades en diverses situacions d'equilibri i desequilibri complexes: plans inclinats, moviments en diversos eixos connectats (politges), peralts, moviments amb acceleracions variables, etc.
- Càlcul en varietat de situacions complexes de quina és la força resultant a partir de l'operació amb vectors i quin canvi de moviment causa.
- Aplicació de la conservació del moment lineal a diversitat de xocs i explosions.
- Revisió crítica de les idees espontànies del model geocèntric, de "caiguda natural" dels objectes i d'absència de gravetat a l'espai.
- Explicació dels principals fenòmens astronòmics (fases, eclipsis, etc.) a partir del model Sol-Terra-Lluna.
- Explicació dels principals fenòmens cosmològics a partir del model del Big Bang i de l'expansió de l'univers.
- Explicació de la interacció entre cossos celestes a partir del model de forces i la llei de gravitació universal, predint les forces gravitatòries existents i el comportament dels cossos a partir d'aquestes forces (períodes, trajectòries, radis orbitals, etc.).
- Explicació de les òrbites i la velocitat d'escapament a partir del model energètic d'energia potencial gravitatòria, predint el comportament dels cossos en òrbita en funció de la seva energia.
- Distinció i comparació de les idees de camp gravitatori, de potencial gravitatori i d'energia potencial gravitatòria, així com la seva naturalesa matemàtica i la manera de representar cada una.
- Càlcul de la velocitat d'escapament d'un cos dins d'un camp gravitatori determinat a partir del càlcul d'energia cinètica i potencial gravitatòria.

C2

- Reproducció, mitjançant diversos materials de laboratori (cordes, bastons, politges, molles, superfícies, recipients amb fluids, imants, etc.), de les màquines simples i altres sistemes paradigmàtics que permetin dur a terme petites recerques sobre l'efecte de les forces sobre els cossos.
- Utilització dels instruments analògics (dinamòmetre, bàscula) i digitals (sensor de força) per mesurar la magnitud d'una força i elaborar les conclusions corresponents.
- Utilització dels instruments digitals per observar l'efecte de les forces sobre el canvi d'un moviment (senyors de distància, acceleròmetre del mòbil, GPS, anàlisi de vídeos per fotogrames, etc.).
- Disseny experimental de maneres d'observar els efectes d'un conjunt de forces sobre un objecte o un sistema (segona llei de Newton), recollint i representant les dades experimentals i elaborant les conclusions pertinents.
- Disseny experimental de maneres de comprovar la conservació del moment lineal en xocs entre mòbils, recollint i representant les dades experimentals i elaborant les conclusions pertinents.
- Presentació dels resultats obtinguts de l'anàlisi de forces reals utilitzant adientment els conceptes mecànics, per exemple en format de presentació amb diapositives.
- Utilització de diversos dispositius digitals (senyors de distància, acceleròmetre del mòbil i anàlisi de vídeos per fotogrames, etc.) per determinar experimentalment el valor de g en diversos punts de la superfície de la Terra i de l'espai.
- Utilització de planetaris virtuals i simulacions per obtenir informació de la dinàmica planetària.

- Control, mitjançant simulacions, de les variables que determinen les òrbites de satèl·lits o naus espacials.
- Disseny i realització de la recollida de dades sobre la trajectòria dels cossos celestes a partir del mòbil.
- Interpretació de les dades reals sobre llançament de naus espacials proporcionades per les agències espacials.

C3

- Argumentació de la naturalesa teòrica i no empírica de la tercera llei de Newton.
- Discussió de la validesa de la mirada newtoniana de les interaccions, argumentant els avantatges i les limitacions d'entendre les interaccions considerant un únic punt d'aplicació i una única direcció i sentit.
- Construcció d'una posició pròpia basada en proves i coneixements respecte a qüestions socialment rellevants relacionades amb les forces i els xocs (mesures de seguretat als vehicles, arquitectura, etc.).
- Creació d'arguments a favor de la validesa del model heliocèntric i de la seva relació amb el moviment aparent dels astres al cel.
- Argumentació de la validesa de la teoria del Big Bang com a explicació de l'origen i l'evolució de l'univers.
- Discussió de les limitacions i potencialitats del model de camp en comparació amb el model de forces a distància.
- Relació de la validesa de la llei de gravitació universal per comparar i fer equivalent la caiguda lliure i l'òrbita.
- Explicitació de la utilitat de concebre el camp gravitatori com un camp conservatiu a l'hora de predir el comportament orbital d'un cos.

ACTITUDS I VALORS

- Interès per cercar respostes científiques entorn de les interaccions entre objectes i el seu efecte sobre aquests objectes.
- Valoració de la mirada newtoniana de les interaccions com a avenç rellevant en la història de la humanitat i de la ciència.
- Interès per cercar respostes científiques entorn dels fenòmens astronòmics i cosmològics.
- Valoració de l'aportació de la física al desenvolupament dels satèl·lits i les seves aplicacions, així com de la descoberta de l'espai.

Orientacions didàctiques del bloc 3

A diferència de com s'han presentat tradicionalment les lleis de Newton, en els recursos presentats a continuació es proposa començar per la tercera llei com la que explica que les forces que s'exerceixen mútuament dos cossos són la manera que té la física d'abordar la interacció que es dona entre ells. Per fer-ho, és convenient comparar les dos forces que apareixen en una mateixa interacció, tant amb dinamòmetres analògics com amb sensors digitals de força, i veure que la mesura ens mostra forces de valors iguals però de sentit contrari. Un cop s'ha treballat la tercera llei és quan té sentit presentar a l'alumnat la primera i la segona llei de Newton. En fer-ho es proposa fer èmfasi en la comprensió qualitativa de les forces que ajudi a superar les idees alternatives de força com una propietat dels cossos. Per fer-ho, és convenient buscar exemples que superin les situacions tòpiques en què intervenen quatre forces en els quatre eixos que es contraresten entre elles. Convé, per exemple, pensar en situacions en què el pes i la normal no tinguin el mateix valor.

L'aproximació als camps representa un canvi de paradigma: ja no parlarem d'una interacció entre dos cossos expressada en termes de forces entre els dos cossos, sinó expressada en termes de camps. Un dels cossos crea al seu voltant una pertorbació (en aquest cas gravitatòria), i l'altre cos experimenta els efectes d'aquesta pertorbació. És important posar èmfasi que tots dos paradigmes són complementaris, i que el domini de la física com a disciplina passa justament per saber destriar quins problemes s'aborden des del paradigma de les forces i quins des del paradigma dels camps.

Bloc 4. L'energia

Energia és un terme molt utilitzat en el llenguatge quotidià, que trobem en la publicitat, les notícies i l'esport, i fins i tot en l'esoterisme. Tanmateix, quan parlem d'energia des de la física es proposa una mirada molt particular dels fenòmens i dels canvis que es produeixen en el nostre entorn. L'energia és la manera que té la física de parlar de l'estat dels sistemes (és a dir, de com estan les coses: movent-se, elevades, comprimides, escalfades, etc.), i de comparar aquest estat abans i després d'un canvi, per poder relacionar així l'estat amb els canvis que es poden produir en altres sistemes (transferència), degut al fet que a la natura veiem que no tots els canvis són possibles (la conservació de l'energia ens imposa una limitació en allò que pot passar). Aquesta mirada tan particular té dos contradiccions o esculls importants, que la fan especialment difícil per a l'alumnat. D'una banda, parlar de l'energia com alguna cosa que es transfereix en els canvis tot i que no és una substància material que vagi d'un lloc a un altre. De l'altra, ens imaginem l'energia com una cosa que es conserva (sempre n'hi ha la mateixa), quan en tots els processos espontanis la tendència natural és que sigui menys útil, i per tant, es pugui fer cada cop menys. En aquest bloc caldrà abordar aquestes i altres qüestions, per poder construir les idees principals del model d'energia: l'energia com una funció d'estat d'un sistema, els tipus d'energia, els mecanismes de transferència, i la seva conservació i degradació.

Bloc 4: L'energia

Com evitar que una tassa de cafè calent es refredi tan ràpidament?

Com pot ser que, si l'energia es conserva, de tant en tant cal omplir el dipòsit del cotxe de combustible?

I què passarà el dia que no quedin combustibles fòssils?

En definitiva, ens preguntem com la física estudia, a través de l'energia, els canvis que es donen a la natura, i com aquests canvis els aprofitem per generar nous canvis: on és l'energia en cada moment?

Sempre es transfereix igual?

Segur que l'energia es conserva?

Llavors, per què cada vegada és menys útil?

FETS I CONCEPTES

- L'energia associada a les configuracions o estats del sistema. Tipus d'energia: energia cinètica i energia potencial externa i interna.
- La transferència d'energia al llarg dels processos. El treball, la calor i la radiació com a formes de transferir energia.
- Transferència d'energia en forma de treball. Relació entre treball i potència.
- Transferència d'energia en forma de calor. Capacitat calorífica, mecanismes de transmissió a sòlids i fluids (conducció, convecció i radiació) i equilibri tèrmic.
- Conservació i degradació de l'energia. Situacions en què es compleix i no el principi de conservació de l'energia mecànica. L'entropia i la tendència espontània dels sistemes a l'equilibri.
- Eficiència energètica i mesures d'estalvi energètic.

PROCEDIMENTS

C1

- Revisió crítica de les formes quotidianes de parlar de l'energia com a substància, combustible o capacitat de fer treball.
- Associació de l'energia a l'estat d'un sistema, als canvis previs que l'han precedit i la seva potencialitat d'arrossegar nous canvis, elaborant cadenes energètiques per interpretar les transferències d'energia existents.

- Determinació quantitativa dels canvis d'energia cinètica, potencial elàstic i potencial gravitatori d'un sistema.
- Comparació de les transferències d'energia mitjançant l'equivalència entre les unitats de mesura d'energia i de potència existents (J, cal, CV, kWh, eV, etc.).
- Càlcul del treball exercit per diverses forces en situacions complexes (varietat de forces en diversos eixos i diversos angles), així com la potència associada.
- Aplicació del concepte de potència i rendiment a l'anàlisi comparativa de diversos electrodomèstics o maquinari.
- Càlcul de les transferències d'energia en forma de calor entre diversos materials amb diverses calors específiques.
- Anàlisi qualitativa de les situacions de conservació de l'energia mecànica i també total.
- Utilització de la conservació i la dissipació de l'energia mecànica per resoldre problemes quantitius paradigmàtics: salts i caigudes amb fregament, moviments encadenats, etc.

C2

- Disseny dels muntatges experimentals on es redueixi al mínim la dissipació d'energia (xocs elàstics, sistemes amb poc fregament, pèndol de Newton, etc.).
- Ús dels instruments per mesurar indirectament les transferències d'energia (sensor de temperatura, de força, de voltatge, etc.) i poder identificar mecanismes de dissipació.
- Disseny i realització d'una recerca per analitzar la capacitat calorífica de diversos materials, controlant les variables que hi intervenen.
- Disseny experimental de maneres d'observar la tendència natural dels canvis espontanis a incrementar la seva entropia i a arribar a l'equilibri.
- Comparació de les dades de rendiment i consum de diversitat de maquinari per triar opcions més rendibles i sostenibles de forma argumentada.
- Disseny dels passos a seguir i les mesures que es podrien aplicar per dur a terme una auditoria energètica d'un edifici, així com tractar dades empíriques sobre consum energètic per elaborar-ne conclusions pertinents.
- Presentació dels resultats obtinguts de l'anàlisi experimental de diverses transferències d'energia, per exemple en forma d'informe de laboratori.

C3

- Discussió de la diferència entre la llei de conservació de l'energia (ideal) i la limitació del món real pel que fa a pèrdues d'energia.
- Anàlisi de la validesa d'un experiment que pretén mesurar les transferències d'energia a partir del paper que tenen la dissipació i la degradació en cada pas d'una cadena energètica.
- Defensa de la pròpia posició envers diverses estratègies d'estalvi energètic a la llar basant-se en càlculs de consum i pèrdues. En concret, respecte a mesures d'aïllament tèrmic, utilització de diverses fonts d'energia, etc.
- Defensa de la pròpia posició envers la visió esotèrica de l'energia i a la seva relació amb pràctiques fraudulent.

ACTITUDS I VALORS

- Presa de consciència de les limitacions de recursos energètics que hi ha en el planeta, posant en relleu les energies renovables com a pas cap a un nou model energètic.
- Valoració de les mesures d'estalvi energètic, tant personals i domèstiques com a gran escala.
- Presa de consciència de la problemàtica associada a la pobresa energètica.
- Actitud crítica davant les pràctiques fraudulent de tipus pseudocientífiques i pseudomèdiques justificades a partir d'idees confuses sobre energia.

Orientacions didàctiques del bloc 4

Si bé l'estudi de l'energia a batxillerat s'ha centrat tradicionalment en l'aplicació matemàtica del teorema de la conservació de l'energia mecànica (en què com a molt es parla de l'energia dissipada com el treball que fan les forces no conservatives), en aquest bloc de recursos es proposa posar l'atenció també en què passa quan l'energia mecànica no es conserva, i per tant, en quins són els observables que ens ajuden a "seguir la pista" de l'energia: les petites deformacions, els petits escalfaments per fregament o per l'efecte Joule en una resistència elèctrica, etc. Relacionat amb això, es proposa que l'alumnat superi la confusió comuna entre calor i temperatura abordant fenòmens en què hi hagi escalfament per treball (i no pas per calor), però també en què hi hagi transferències d'energia per calor sense escalfament (canvis d'estat d'agregació). L'objectiu final és que els alumnes i les alumnes, més enllà d'aplicar un seguit d'equacions per resoldre problemes numèrics, puguin comprendre conceptualment les idees abstractes necessàries per explicar les transferències d'energia mitjançant una cadena energètica que ajudi a pensar en com es pot optimitzar les transferències energètiques i fer-les més eficients.

Bloc 5. L'estudi de les interaccions electromagnètiques

Tot i que en el bloc 3 s'analitzen totes les interaccions mecàniques com si fossin totes de la mateixa naturalesa, la física parla de quatre interaccions fonamentals. Dues d'aquestes, les interaccions gravitatòries i electromagnètiques, són les que expliquen totes les interaccions que coneixem a dimensió supraatòmica o entre partícules. La importància de la interacció electromagnètica radica en el fet que en realitat tota interacció mecànica, aparentment de contacte, és en realitat la suma de milers o milions d'interaccions electromagnètiques també a distància, ja que són les microforces de cohesió o repulsió internes de les partícules dels cossos les que permeten que, macroscòpicament, puguin empenyar-se, aguantar-se o fregar-se entre elles. Per això, en el bloc 5 es proposa una mirada a aquestes interaccions electromagnètiques, basades en la idea de càrrega. Tot i que sovint s'utilitza la idea d'electró com a sinònim de càrrega, en l'electromagnetisme de batxillerat la càrrega no ha de ser necessàriament l'electró de l'escorça atòmica estudiat a l'assignatura de química, sinó quelcom encara més abstracte, que té la propietat de repel·lir altres d'igual signe i atreure'n de signe diferent. El repte serà imaginar l'efecte d'una o diverses càrregues sobre l'espai que les envolta com l'efecte que tindria sobre una càrrega prova situada en qualsevol punt d'aquest espai, ja sigui en termes de força (camp) o en termes d'energia (potencial). Un cop superat aquest repte, encara quedarà el repte de comprendre l'efecte dels canvis d'una pertorbació elèctrica sobre una pertorbació magnètica i viceversa, que s'expliquen a través de les lleis de l'electromagnetisme i que han estat de gran utilitat per a l'electrificació de finals del segle XIX, estretament lligat a la Segona Revolució Industrial.

Bloc 5. L'estudi de les interaccions electromagnètiques

Com explica la física la caiguda d'un llamp?

On i com es genera l'electricitat que ens arriba a casa?

En què s'assemblen i en què es diferencien l'atracció gravitatòria entre masses i l'atracció elèctrica entre càrregues?

Per què de vegades parlem de camps en comptes de parlar de forces?

I les persones, vivim envoltades de camps elèctrics?

I per què no els notem?

Tots els camps elèctrics són iguals?

I com es comporten les càrregues dins d'un camp elèctric?

I dins d'un camp magnètic?

FETS I CONCEPTES

El model d'interacció entre càrregues. La llei de Coulomb. Conductors i aïllants. Inducció electrostàtica.

La intensitat del camp elèctric i el caràcter vectorial del camp elèctric. Comparació amb el camp gravitatori.

El potencial elèctric i el seu caràcter escalar. La relació entre línies de camp elèctric i superfícies equipotencials.

El camp elèctric prop de la superfície d'un conductor carregat i en el seu interior.

Els condensadors elèctrics i la seva energia associada.

El moviment de partícules carregades dins de camps elèctrics.

La interacció magnètica entre imants. El camp magnètic i el seu caràcter vectorial, les línies de camp magnètic i la intensitat de camp magnètic.

Els camps magnètics creats per distribucions de corrent: espira, bobina, electroimant.

La força que fa un camp magnètic sobre una partícula carregada en moviment i sobre un conductor que transporta un corrent elèctric.

La inducció electromagnètica. Flux del camp magnètic. Llei de Faraday-Lenz. El motor i el generador electromagnètics.

PROCEDIMENTS

C1

- Revisió crítica de les idees prèvies sobre càrrega elèctrica i interaccions electromagnètiques (els camps com una propietat dels materials, l'atracció de les càrregues per part dels imants, etc.).
- Explicació dels fenòmens quotidians d'electrostàtica (enrampaments, electrització per fregament, llamps, etc.) a partir del model de distribució de càrregues i de conservació de la càrrega.
- Càlcul de les forces elèctriques d'atracció i repulsió resultants d'una distribució de càrregues a partir de la llei de Coulomb.
- Explicació del comportament de les càrregues dins d'un camp elèctric o magnètic en termes de força i en termes d'energia, utilitzant-ho per explicar dispositius com el tub de raigs catòdics, l'espectròmetre de masses o el tub de Teltron.
- Predicció del comportament d'una partícula carregada que està sotmesa a una combinació de camps elèctrics, magnètics i gravitatoris constants en diverses direccions, expressant el resultat de la predicció mitjançant equacions i mitjançant vectors.
- Relació qualitativa i quantitativa del camp elèctric amb el potencial elèctric, representant línies de camp i superfícies equipotencials, així com la relació matemàtica de gradient entre camp i potencial.
- Descripció i predicció de la càrrega o descàrrega d'un condensador a partir de la seva relació exponencial amb el temps.
- Ús de les simulacions per explicar qualitativament les interaccions elèctriques, magnètiques i electromagnètiques en diversos contextos.
- Explicació de les principals interaccions magnètiques a partir de la idea de camp, representant les línies de camp i relacionant-les amb la idea de flux magnètic.
- Càlcul de l'efecte de l'acció d'un camp magnètic constant o variable sobre un conductor en repòs o en moviment (ja sigui en termes de força sobre un conductor o en termes de FEM), utilitzant els càlculs per predir el comportament del sistema en cada cas.
- Ús de la llei de Faraday-Lenz per explicar qualitativament i quantitativament el funcionament d'un motor, d'un generador electromagnètic o d'un transformador amb bobines primària i secundària, expressant la relació entre FEM i flux magnètic a través d'equacions i a través de representacions gràfiques.

C2

- Ús de diversos sistemes de mesures elèctriques i magnètiques (multímetre, sensor de voltatge, amperímetre, comptador, brúixoles, sensor de camp magnètic, etc.), identificant quines possibles preguntes investigables es poden respondre amb cada eina.
- Disseny i realització d'experiments amb paper conductor o una cubeta d'aigua i elèctrodes de diverses mides i formes, per identificar-hi superfícies equipotencials i línies de camp.
- Desenvolupament de mètodes experimentals per observar la interacció electromagnètica entre imants i bobines, identificant maneres d'optimitzar la generació de corrent elèctric a partir del seu moviment relatiu.
- Disseny i realització d'experiències per mesurar i representar el camp magnètic amb el mòbil.
- Anàlisi de dades experimentals obtingudes per sensors de voltatge o intensitat per explicar el comportament elèctric de condensadors o generadors electromagnètics.
- Presentació dels resultats obtinguts de l'anàlisi experimental de diversos fenòmens electromagnètics, per exemple en forma d'article científic.

C3

- Discussió de les limitacions i potencialitats del model de camp en comparació amb el model de forces a distància.
- Discussió de les semblances i diferències dels models que expliquen les interaccions elèctriques amb els models que expliquen les interaccions gravitatòries.
- Argumentació del paper de l'experiència amb un tub de Teltron per determinar la relació experimental entre càrrega i massa dels electrons.
- Construcció d'un posicionament propi basat en proves i coneixements respecte a qüestions sociocientífiques relacionades amb les radiacions electromagnètiques (contaminació electromagnètica, ús del mòbil, antenes de comunicació a prop dels edificis, rajos X, etc.).

ACTITUDS I VALORS

- Interès per cercar respostes científiques entorn de les interaccions elèctriques, magnètiques i electromagnètiques.
- Valoració de l'electromagnetisme com una mirada conjunta de fenòmens elèctrics i magnètics que fins al segle XIX havien estat concebuts com dos camps fenomenològics independents.
- Valoració de l'aportació de la física al desenvolupament de l'electricitat com a element imprescindible per a la vida actual i de l'electrònica, present en totes les tecnologies digitals que ens envolten.

Orientacions didàctiques del bloc 5

Més enllà de la resolució de problemes numèrics per aplicar les principals equacions de l'electromagnetisme de batxillerat (lleï de Coulomb, lleï de Biot-Savart, força de Lorenz i lleï de Faraday-Lenz, entre d'altres), serà necessari plantejar situacions experimentals reals, així com simulacions virtuals, que ajudin a la comprensió conceptual del model d'interacció electromagnètica a través de camps. Donat el grau d'abstracció dels constructes matemàtics que serveixen per descriure aquests camps (línies de camp, superfícies equipotencials, etc.), és convenient dur a terme diverses experiències de laboratori que ajudin a concebre aquests constructes de la forma més visual possible. També és convenient disposar d'imants i bobines de diverses mides i formes per comparar la interacció entre ells, així com sensors de potencial elèctric, intensitat de camp magnètic, brúixoles, etc.

Bloc 6. Física moderna

Gràcies al desenvolupament tecnològic del segle XX, les ciències físiques han pogut endinsar-se en nous fenòmens que escapaven del seu abast fins aleshores i ampliar les mirades del que actualment s'anomena física clàssica. La primera d'aquestes "noves mirades" és la que s'endinsa en el nucli dels àtoms i en les reaccions de fissió i fusió que s'hi produeixen. La segona mirada és la que s'endinsa en els fenòmens que es produeixen a velocitats properes a la de la llum, que s'expliquen imaginant el temps i l'espai com a magnituds no absolutes sinó relatives a la velocitat dels cossos amb massa o energia i que resulten deformades per la presència d'aquests cossos a l'espai. Finalment, la tercera nova mirada és la que passa a escala molt i molt petita, molt per sota de la mida del nucli atòmic, allà on les partícules es comporten com ones i viceversa, on l'energia apareix quantificada i on és impossible mesurar amb exactitud la posició i la velocitat de les partícules sense modificar o determinar el seu estat.

Bloc 6: Física moderna

Per què sovint es diu que els residus nuclears són tan perillosos?

A què es refereix exactament aquesta afirmació?

Què vol dir que un material sigui radioactiu?

Què és la radiació nuclear?

Per a què podem utilitzar la radioactivitat?

Com ha canviat la manera de la física d'explicar el món quan ha hagut d'abordar els fenòmens que passen a velocitats properes a la de la llum (relativitat) i a escala de les partícules més petites imaginables (quàntica)?

Com podem aprofitar aquestes noves explicacions per resoldre problemes al nostre voltant?

FETS I CONCEPTES

- El descobriment de la radioactivitat. Model de nucli atòmic.
- L'existència de nuclis estables i inestables. El procés de desintegració nuclear.
- L'equivalència massa-energia.
- Aplicacions energètiques de la fissió i la fusió nuclear.
- Aplicacions mèdiques de la radioactivitat.
- Aplicacions arqueològiques de la radioactivitat.
- L'origen de la idea relativista: relativitat especial i general.
- Principis bàsics de la mecànica relativista: principi de relativitat, curvatura espai-temps.
- Aplicació de la física relativista a diversos contextos. L'efecte Doppler relativista.
- L'origen de la idea quàntica: radiació del cos negre, efecte fotoelèctric i efecte Compton.
- Principis bàsics de la mecànica quàntica: principi d'incertesa, dualitat ona-corpuscle i desigualtat de Bell.
- Aplicacions de la física quàntica a diversos contextos. Criptografia, nanomaterials, etc.

PROCEDIMENTS

C1

- Revisió crítica de les idees prèvies sobre l'àtom radioactiu i les reaccions nuclears.
- Utilització del model de nucli atòmic per explicar les principals reaccions nuclears de fissió i fusió, per diferenciar els tres tipus més comuns de radiació (alfa, beta i gamma) i per predir els productes resultants d'una reacció determinada.
- Realització dels càlculs sobre la quantitat de mostra activa i temps d'activitat aplicant la llei de la desintegració radioactiva, reflexionant sobre la naturalesa adimensional de la mesura en Becquerels.
- Discussió del caràcter exponencial de la llei de la desintegració radioactiva i les seves conseqüències.

- Utilització de l'equivalència massa-energia i el balanç de càrrega i massa per resoldre problemes quantitius sobre equacions de reaccions nuclears simples.
- Utilització del model de desintegració nuclear per explicar, per exemple, la determinació de l'antiguitat de restes paleontològiques o arqueològiques.
- Discussió de situacions en què la física clàssica no és aplicable degut a la constància de la velocitat de la llum.
- Utilització de les nocions de relativitat per descriure el principi de relativitat i la curvatura espai-temps.
- Discussió de les situacions en què la física clàssica no és aplicable degut, primer, a la hipòtesi de Planck, després a la dualitat ona-partícula de Broglie i finalment al principi d'indeterminació de Heisenberg.
- Resolució dels problemes relacionats amb l'efecte fotoelèctric i l'extracció d'electrons d'un metall a partir de radiació incident, fent servir la idea de freqüència llindar i de la hipòtesi de Planck.
- Utilització de les nocions de relativitat per descriure el principi que explica, per exemple, la criptografia quàntica.

C2

- Cerca raonada a Internet d'explicacions relacionades amb la fissió i la fusió nuclear, identificant quines dades experimentals van propiciar els canvis de paradigmes.
- Ús de la simulació experimental de la desintegració nuclear utilitzant un model analògic de procés aleatori amb una certa probabilitat (monedes, daus, etc.).
- Ús de simulacions i laboratoris virtuals per reproduir reaccions nuclears, controlant variables i analitzant les dades obtingudes.
- Ajustament de valors experimentals reals de laboratoris remots a una funció matemàtica que explica la llei de desintegració radioactiva calculant i donant significat físic als coeficients obtinguts en la regressió.
- Cerca raonada a Internet d'explicacions relacionades amb la quàntica i la relativitat, identificant quines dades experimentals van propiciar els canvis de paradigmes.
- Disseny, construcció i ús d'una càmera de boira per a l'observació i l'estudi de partícules subatòmiques.
- Realització de petites recerques amb simulacions sobre el model corpuscular de la llum.

C3

- Anàlisi de com s'ha anat avaluant a partir de proves i revisant sobre la base de noves idees el model de l'àtom històricament i fins als nostres dies (per exemple, comparativa de l'experiment de Rutherford amb microscopi de força atòmica).
- Argumentació basant-se en proves de diverses posicions enfront de qüestions controvertides sobre la temàtica nuclear, com ara el manteniment de centrals nuclears, l'ús de la radioactivitat en medicina, la instal·lació d'abocadors nuclears, etc., en el context d'un debat amb rols.
- Argumentació de per què la relativitat general té més poder explicatiu per descriure la força gravitatòria que no pas la mecànica clàssica.
- Argumentació de la validesa experimental de la dilatació temporal predita per Einstein, per exemple a partir de la detecció de muons que arriben a la superfície de la Terra.
- Anàlisi de com s'ha anat avaluant a partir de proves i revisant sobre la base de noves idees el comportament de la llum a escala quàntica (quantització, dualitat i incertesa), i per què la mecànica clàssica no és capaç d'explicar-les.

ACTITUDS I VALORS

- Actitud crítica davant la complexitat del debat social entorn de l'energia nuclear.
- Valoració dels efectes de les noves mirades de la física (quàntica i relativista) per al desenvolupament en alguns camps de la societat.



Orientacions didàctiques del bloc 6

L'objectiu didàctic d'aquest bloc de continguts no és un domini en profunditat dels models que expliquen els fenòmens nuclears, relativistes i quàntics, sinó simplement una breu presentació d'aquests models que ajudi l'alumnat a tenir una visió més global de què és la física com a disciplina i a identificar l'impacte d'aquestes noves mirades de la física en el progrés tecnològic que afecta les nostres vides. Per aquests motius, l'enfocament que es dona és eminentment qualitatiu, especialment en els recursos relacionats amb la quàntica i la relativitat, en què tan sols s'han seleccionat algunes de les experiències més paradigmàtiques d'aquestes branques de la física. Alhora, a diferència del que succeeix en els blocs anteriors, en què la recerca està enfocada al treball experimental, en aquest bloc s'incorpora la recerca bibliogràfica com a font d'informació del coneixement expert.



BOPA

Butlletí Oficial del
Principat d'Andorra

Núm. 83

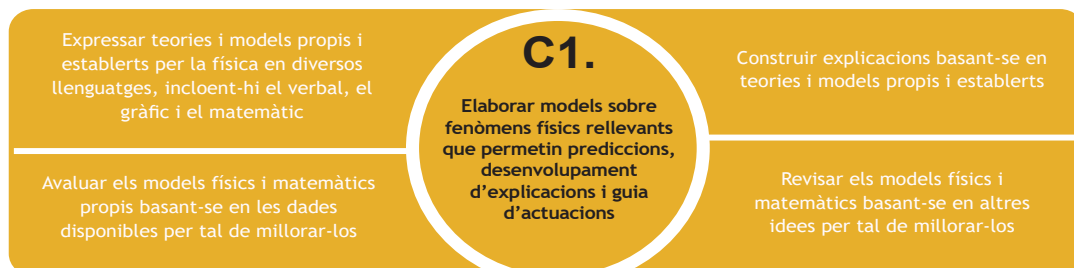
9 de juliol del 2025

41/45

Quadres de síntesi

40 | Programa de física

Quadre de síntesi de la C1



Criteris d'avaluació

CA1. **Pertinència**CA2. **Rigor**CA3. **Precisió**

Expectatives final de cicle de la C1

Al final de batxillerat, l'alumnat fa prediccions sobre fenòmens físics relacionats amb les interaccions mecàniques, electromagnètiques i termodinàmiques, i els canvis d'estat i de moviment resultants d'aquestes interaccions, elabora explicacions sobre aquests fenòmens i pren decisions de forma adequada, justificant de forma clara aquestes prediccions, explicacions i actuacions a partir dels seus models científics elaborats. Quan ho fa, l'alumnat avalua i revisa amb rigor els seus propis models inicials basant-se en les dades i informacions disponibles, mantenint sempre una actitud crítica. L'alumnat expressa aquests models sobre fenòmens físics de forma precisa, superant les ambigüitats pròpies del llenguatge quotidià, i ho fa construint analogies i utilitzant els llenguatges de la física, fent servir el més adequat en cada situació.

Quadre de síntesi de la C2



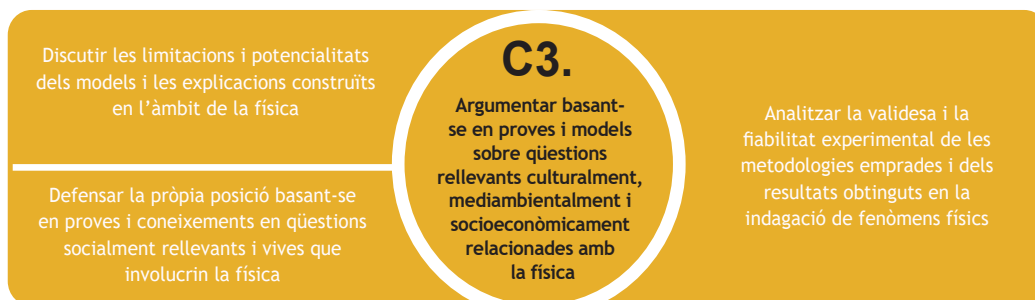
Criteris d'avaluació

CA1. **Pertinència**CA2. **Exactitud**CA3. **Coherència**

Expectatives final de cicle de la C2

Al final de batxillerat, l'alumnat efectua investigacions entorn de fenòmens i problemes físics rellevants. Quan ho fa, es formula de forma pertinent preguntes investigables rellevants des d'una o diverses vessants de la física (teories i paradigmes dels blocs de continguts). A més, l'alumnat fa i dissenya investigacions amb perícia, i les duu a terme utilitzant o seleccionant adequadament instruments i metodologies adients per a cada cas. L'alumnat analitza amb exactitud i rigor les dades resultants d'aquestes investigacions, i comunica els resultats i les conclusions que se'n deriven de forma coherent i efectiva, fent servir, en cada cas, els llenguatges i formats de comunicació científica adients.

Quadre de síntesi de la C3



Criteris d'avaluació

CA1. Coherència

CA2. Adequació

Expectatives final de cicle de la C3

Al final de batxillerat, l'alumnat argumenta sobre física, ja sigui entorn dels seus models o dels seus mètodes experimentals, i acompanya els seus arguments i posicions d'una avaluació crítica, pertinent i rigorosa dels models, dels mètodes i de les dades. Quan ho fa, discuteix i argumenta de forma adequada sobre les potencialitats o limitacions d'un model construït en l'àmbit de la física, ja sigui per part dels mateixos alumnes o de la comunitat científica. Alhora, discuteix i argumenta amb rigor sobre la validesa i la fiabilitat d'un conjunt de dades experimentals. A més, defensa amb sentit crític i amb claredat les posicions pròpies a partir d'arguments basats en proves i coneixements que involucren la física, especialment en qüestions socialment rellevants i controvertides, com ara la seguretat viària, el consum i l'estalvi energètic, les radiacions o la contaminació acústica i lumínica.



BOPA

Butlletí Oficial del
Principat d'Andorra

Núm. 83

9 de juliol del 2025

45/45

FIS



Govern d'Andorra