

Altres disposicions

Decret

Decret del 9-12-2020 de publicació del programa de l'assignatura de física 2 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 27-02-2019 d'ordenament del nivell de batxillerat general del sistema educatiu andorrà;

Vist l'article 19 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 20-03-2019 de publicació del programa de l'assignatura de física del batxillerat general de l'Escola Andorrana;

Atès que el pla d'estudis de batxillerat de l'Escola Andorrana determina un horari lectiu de les assignatures de quatre hores i de dos hores, es proposa la creació d'una assignatura de física 2 per ser cursada a raó de dos hores a la setmana, perquè, d'aquesta manera, els alumnes que segueixen un itinerari científic i que no cursin l'assignatura de física de quatre hores poden complementar la seva formació científica amb aquesta assignatura de física de dos hores.

Atesa la necessitat de presentar íntegrament totes les parts del programa i desenvolupar-ne les prescripcions i les orientacions;

Ateses les consideracions esmentades, a proposta de la ministra d'Educació i Ensenyament Superior, el Govern, en la sessió del 9 de desembre del 2020, aprova aquest Decret amb el contingut següent:

Article 1. *Objecte*

Aquest Decret fixa el programa de l'assignatura de física 2 de batxillerat de l'Escola Andorrana, establerta dins del bloc "Ciències i Matemàtiques", en l'article 10, apartat 1.d, del Decret del 27-02-2019 d'ordenament del nivell de batxillerat general del sistema educatiu andorrà.



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

El programa de l'assignatura de física 2 s'implementa en les condicions que estableix el pla d'estudis i s'aplica en els termes determinats per la normativa reguladora de l'ordenament de batxillerat de l'Escola Andorrana.

Article 3. *Programa de física 2*

El programa de l'assignatura de física 2 de batxillerat de l'Escola Andorrana s'inclou a l'annex.

Disposició final

Aquest Decret entrarà 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, 9 de desembre del 2020

Xavier Espot Zamora
Cap de Govern

Annex

COMPETÈNCIES ESPECÍFIQUES

L'assignatura de física de dos hores setmanals s'estructura en dos competències que abasten l'estudi fonamental de la física, primer, i l'aplicació a sistemes complexos amb aplicacions històriques o actuals, després. La física fonamental es focalitza a estudiar i entendre fenòmens de la natura per predir-ne el comportament en altres situacions. D'altra banda, la física aplicada busca maneres de manipular els fenòmens naturals per desenvolupar noves tecnologies. L'estudi de la natura comença amb l'observació. Històricament, l'observació dels astres i els cossos va conduir a formular explicacions que avui ens semblen fantasioses i inversemblants però que compleixen els objectius més senzills dels models: explicar per què un cos cau o el dia i la nit. Fins i tot abans de la construcció rigorosa de les matemàtiques, les explicacions màgiques eren molt restrictives i, tot i que permetien predir eclipsis o indicar crescudes de les mareas i els rius, ràpidament topaven amb contradiccions que no podien adreçar. Amb el desenvolupament de la ciència, es cerquen explicacions més generals. Durant l'estudi dels models de forma teòrica i experimental, abordant també preguntes històriques, els alumnes han d'adquirir el pensament analític que els permeti decidir els models més adients en cada situació. És la part de la física que persegueix aclarir i revelar les lleis de la natura.

Sortint del coneixement pur, el desenvolupament de la tecnologia des de fa uns segles va íntimament lligat a la ciència. En les aplicacions, no es pretén resoldre un misteri de la natura, sinó més aviat utilitzar les lleis conegudes per manipular el comportament natural a favor nostre. Moltes vegades, el descobriment d'un nou principi restringeix les esperances imaginades a la ciència-ficció: viatjar en el temps, teleportar-nos o canviar de mida en són exemples. Ara bé, la mateixa imaginació ha creat enginys que desafien la lògica tot i que es basen en els mateixos principis: com una pista de gel escalfa una piscina mentre que la piscina al seu torn refreda la pista de gel, veure-hi a través d'objectes opacs o objectes invisibles a partir d'ones similars a la llum... El desenvolupament de noves tecnologies també ha originat nous debats pels efectes que tenen en la societat i el planeta. Avui dia, la ciència en general i l'aplicació de la física en particular han revolucionat el panorama mundial i fan replantejar els sistemes econòmics existents, però també els ambientals.

C1 PREDIR EL COMPORTAMENT DE FENÒMENS FÍSICS A PARTIR DE L'ESTUDI DE MODELS

Analitzar fenòmens físics per mitjà de l'experimentació i del tractament de dades

Justificar l'ús del model seleccionat per explicar el fenomen

C1 Predir el comportament de fenòmens físics a partir de l'estudi de models

Examinar les prediccions dels models establerts comparant-los amb les dades disponibles i amb altres casos

Expressar teories, resultats i models establerts per la física en diversos llenguatges, incloent-hi el verbal, el gràfic i el matemàtic

L'estudi de la física implica estudiar fenòmens a través de l'experimentació i la cerca d'explicacions que permetin fer-ne prediccions. El desenvolupament d'un model s'inicia amb l'observació d'un fenomen que es vol explicar. A batxillerat, els alumnes han d'aprendre a crear manipulacions que els permetin obtenir dades per dissecar un fenomen en concret. Això vol dir partir del procés de formular hipòtesis, redactar protocols i recollir dades. Seguidament, l'anàlisi d'aquestes dades permetrà inferir relacions entre les variables estudiades i buscar models que donin una explicació que permeti reproduir els resultats.

Durant l'estudi dels models trobats, l'alumne ha d'endinsar-se en la manipulació matemàtica de les fórmules per extreure'n prediccions i comparar-les amb les dades obtingudes per l'experimentació pròpia o per la recerca bibliogràfica. A més dels fenòmens ja observats, l'estudi aprofundit del model ha de permetre fer prediccions de fenòmens no observats que desencadenaran, en els límits possibles, una altra manipulació experimental per verificar aquestes prediccions. La natura circular de l'elaboració de models físics ha de ser palpable també en la comprensió d'aquests models.

Així i tot, a partir de l'observació d'un fenomen, es poden extreure diferents models que l'expliquen. L'objectiu de la competència és comprendre aquests models i determinar quin és més útil en cada moment. L'alumne ha de saber diferenciar, d'una banda, l'aplicació i validesa d'un model i, de l'altra, la certesa de l'explicació proporcionada. Els models estudiats a batxillerat no seran, en cap cas, els més avançats de què disposa la física, però serveixen per fer prediccions molt precises en segons quins casos. És a dir, encara que el model no doni l'explicació més propera a la realitat, les eines que proporciona són suficients per donar una predicció acurada en alguns casos.

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

Orientacions didàctiques de la competència

L'objectiu dels alumnes és fer prediccions sobre els fenòmens que observen al voltant de la llum, el so, el moviment, l'electricitat... Durant el procés, l'alumne ha d'entendre els elements que formen cada model: les variables, les constants, la funció que les regeix, etc. La combinació d'experiència i manipulació tant matemàtica com experimental permeten la familiarització amb els conceptes que demanen una abstracció més gran de la realitzada fins ara. Això suposa primer familiaritzar-se amb aquests fenòmens. Així doncs, els alumnes han de començar per fer experiències de manipulació que els apropin als fenòmens que volem que estudiïn. Per exemple, amb el moviment parabòlic, l'alumne ha de mirar-se un moviment molt conegut per ell però posant el focus en coses a què segurament no havia prestat atenció abans: el moviment succeeix en un pla, com canvia el moviment segons l'angle inicial, etc. Així, s'aconsegueix que l'alumne comenci a desgranar el que observa en termes de variables. És molt important que aquest concepte de variable quedi ben entès, perquè és la base dels experiments que observarà/analitzarà al laboratori. És aquí on l'alumne comença a transmetre les sensacions en un llenguatge verbal tècnic. Seguidament, els alumnes passen a seguir un protocol amb la finalitat d'analitzar el fenomen; en aquest moment ja han d'haver entès quines són les variables que volen recollir com a dades. Posteriorment, el tractament de les dades els ha de permetre reconèixer una correlació entre les variables que els doni una idea del caràcter lineal o quadràtic de la relació. El llenguatge gràfic pren una importància capital per visualitzar la dependència entre variables. Llavors, l'alumne pot encarar diversos models i estudiar-los respecte d'allò que ja ha observat. En aquest punt, l'alumne ha de traduir al llenguatge matemàtic què vol dir tot allò que intuïtivament i gràficament ja hauria d'haver desenvolupat. De les fórmules, l'alumne ha de treure'n tot el suc amb el plantejament de situacions conegudes primer, per estudiar casos més complicats després i perquè pugui extreure'n prediccions acurades. Per acabar, en els casos que sigui possible, s'ha de motivar que l'alumne validi les seves prediccions mitjançant experiments de forma cada cop més autònoma.

El nivell requerit, quant a la recerca experimental al nivell de batxillerat, ha de requerir una autonomia més gran en la redacció dels protocols i la manipulació d'instruments. Així i tot, no s'ha d'oblidar la importància d'adquirir una intuïció del fenomen que s'estudia, i això depèn primer de descobrir lliurement què succeeix quan modifiquem els paràmetres del sistema. A part s'ha de perseguir, en la mesura que sigui possible, introduir noves eines amb poca freqüència i deixar temps perquè l'alumne es familiaritzi en l'ús de les que ha descobert. Si a cada nova problemàtica s'introdueixen aparells de mesura que utilitzen nous sistemes operatius o noves consoles, l'alumne no té temps d'interioritzar quines són les potencialitats dels instruments i com els podria utilitzar en futures recerques. Per assolir aquest enteniment dels instruments emprats, l'alumne ha de saber calibrar-los i conèixer quins són els possibles errors que sorgeixen per discutir la fiabilitat de les dades. Durant la manipulació de les dades, s'utilitzen les eines informàtiques que permeten anàlisis estadístiques per trobar correlacions entre variables. L'alumne ha de presentar de forma clara, desxifrable i ordenada els seus resultats i conclusions amb les eines de què disposa.

Pel que fa a l'estudi dels models i la predicció de fenòmens, es demana un ull analític i crític que identifiqui els elements del model amb la realitat i defineixi els axiomes de base del model. L'alumne ha d'entendre que el model proposa una explicació del que s'observa i introdueix uns elements,

reals o no, que permeten preveure'n el comportament. Per això cal desenvolupar una capacitat d'abstracció molt gran per definir conceptes que s'inclouen al model però que no existeixen a la realitat. La manipulació matemàtica avançada que es demana al nivell de batxillerat espera no només fer càlculs precisos combinant les fórmules del model, sinó extreure conclusions a partir de l'estudi propi de les relacions entre variables. En aquest sentit, l'objectiu serà de vegades calcular un valor, però d'altres serà més aviat determinar el comportament en determinades situacions. Per exemple, a partir de les equacions del moviment de dos cotxes en sentit contrari, estudiar tots els casos possibles segons l'origen en el temps i l'espai de cada vehicle.

C2 ANALITZAR QÜESTIONS AMBIENTALS I SOCIOCULTURALS PER MITJÀ DELS MODELS DE LA FÍSICA

Modelitzar un sistema complex en sistemes senzills segons quina funció es busqui estudiar

Aplicar els diferents models establerts de la física a casos reals per extreure prediccions del rendiment del sistema

C2 Analitzar qüestions ambientals i socioculturals per mitjà dels models de la física

Discutir les limitacions dels models establerts a partir de la comparació amb dades sobre els sistemes estudiats

Fer propostes de base científica argumentant sobre les implicacions socials, econòmiques i ambientals que estan relacionades amb una problemàtica concreta

La competència anterior està molt lligada a esdeveniments d'origen únic. Amb això volem dir que s'estudien els models que tracten la llum, els canvis de temperatura i el moviment d'un cos per separat. Ara bé, en la realitat sabem que la fricció entre cossos o la llum que arriba del Sol poden canviar la temperatura d'un cos. En l'aplicació de la física a un esdeveniment qualsevol, i sobretot als relacionats amb la tècnica, no es poden obviar les interaccions entre diferents fenòmens. El primer pas per estudiar aquests sistemes complexos és simplificar-los segons el fenomen que s'estudiï. Per exemple, si estudiem el llançament d'una pilota de bàsquet, assimilarem la pilota a un sol punt. Els alumnes han d'aprendre a identificar els fenòmens que tenen lloc en un esdeveniment donat. Aquest procés serveix per aplicar els models estudiats a la competència 1 a un sistema en què sapiguem fer els càlculs i comprendre, així, el funcionament aproximat d'allò que succeeix. L'alumne ha de saber manipular els models per identificar els diferents elements que intervenen dins del sistema que estudien: quines són les masses que s'han de considerar, els coeficients que s'han de buscar, etc.

Els càlculs i les prediccions que sortiran dels models al nivell de batxillerat estaran sovint allunyats de la realitat per la simplicitat del model i del mètode

de càlcul. A més, s'ha d'analitzar igualment la fiabilitat experimental de les metodologies emprades. Així doncs, és important que l'alumne entengui les limitacions que presenta cada model a l'hora d'aplicar-lo al mateix temps que la combinació de models que s'ha utilitzat. Per això, ha de cercar dades de forma experimental o que ja existeixin per contrastar-les amb les seves prediccions.

D'altra banda, l'alumne també ha de valorar la utilitat dels models estudiats fent un ús crític d'analogies per explicar les relacions entre models o les limitacions que presenten en les aplicacions. Per exemple, explicar l'interès afegit de l'enfocament energètic dels problemes dinàmics enfront de l'enfocament newtonià, o la limitació de l'òptica geomètrica per explicar alguns defectes de la visió.

L'estudi d'aquests sistemes vindrà sempre motivat per una problemàtica vinculada a l'interès general i el desenvolupament del coneixement a la societat. Com a tal, els alumnes s'han d'endinsar en les implicacions socials de la investigació (com afectarà la població, hi ha consideracions ètiques que s'han de tenir en compte...), econòmiques (quin cost tenen els materials, quin transport s'ha de menester...) i la sostenibilitat del sistema (com afecta l'obtenció de matèries primeres, quins residus es produeixen...). Segons aquestes consideracions, l'alumne ha d'argumentar quines són les propostes que defensen millor tots els agents implicats.

L'objectiu final d'aquesta competència és reunir tot l'estudi en una anàlisi per fer propostes científiques que responguin a la problemàtica plantejada.

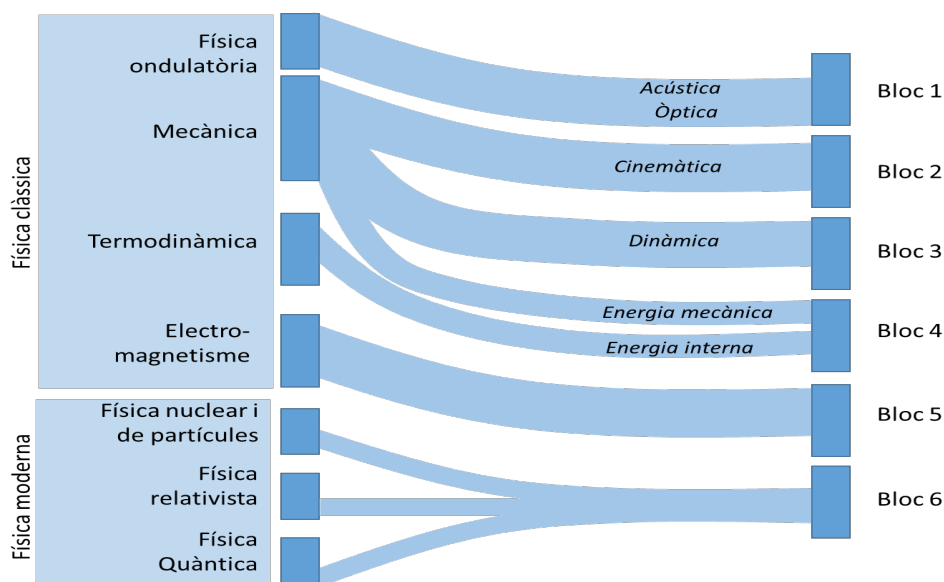
Orientacions didàctiques de la competència

Al nivell de batxillerat esperat, l'alumne ha de saber separar un problema complex en sistemes petits i on pugui aplicar els models. Una part important de l'aprenentatge ha d'estar dedicada a modelitzar els sistemes treballats perquè l'alumne pugui, al final, identificar de forma autònoma els models que ha d'utilitzar i quins elements corresponen als ingredients del model. A causa de la realitat interdisciplinària que ens envolta, aquest fet els porta, d'una banda, a combinar models que fins ara havien utilitzat per separat i, de l'altra, a descobrir noves formes d'utilitzar els models apresos. El primer fa referència a com no es poden negligir els efectes secundaris que pot tenir l'aplicació d'una tècnica: escalfament de materials, expulsió de residus, contaminació acústica, etc. Per al segon, s'ha de fer incís en la utilitat dels models ja desenvolupats en fenòmens de natura dràsticament diferent: la natura ondular de la llum revelada per l'estudi d'ones sobre l'aigua, l'analogia entre un circuit elèctric i el transport d'aigua dins d'una planta, etc.

La comunicació dels resultats de la investigació ha de ser clara tant en la redacció com en la presentació dels càlculs o demostracions. Les recerques seran extensives a molts conceptes i per tant els informes requerits han de seguir les pautes d'ordre i claredat adequades. Les anàlisis i propostes que s'esperen per part dels alumnes ja no poden caure en la ingenuïtat dels bons propòsits o de reptes inassumibles i han d'estar fonamentades en arguments que investiguin tant la part científica com les dimensions no científiques del problema.

RECURSOS D'APRENTATGE

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 té 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, física 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 als alumnes. Així, si al principi de batxillerat s'esperaria que els alumnes fossin capaços de comunicar els resultats obtinguts d'una indagació en format de pòster, al final de l'etapa caldria esperar que els alumnes fossin capaços 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 vermell: 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. Així i tot, les primeres aproximacions a l'òptica parteixen d'una concepció geomètrica que permet descriure molts fenòmens bàsics com la reflexió i la refracció i totes les aplicacions instrumentals que se'n deriven.

BLOC 1**L'ESTUDI DE LA LLUM, EL 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?

I. 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 Frankoph.

II.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.
- Reproducció de les situacions experimentals amb materials senzills (aigua i vidre) que permetin observar diversos comportaments de la llum en un canvi de medi.
- Utilització d'aquests models per explicar el comportament de la llum en els canvis 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.
- 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.

- **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.**
- Utilització del model geomètric per explicar la diferència d'una lent convexa i una lent còncava.
- Avaluació i revisió del propi model de funcionament d'una càmera digital o analògica a partir del coneixement del funcionament de l'ull i les dades sobre què necessiten i com són les imatges que produeixen.
- 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.
- 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.).

- 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.
 - 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.
-
- C2
 - 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.
 - 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).
 - Control de les variables que poden influir en el funcionament d'un instrument òptic com una càmera o un telescopi.
 - 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).
 - Utilització del mòbil per estudiar l'espectre d'emissió i absorció de diversos tipus de llums.
 - 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.).
 - 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.
 - Mesura experimental de la velocitat de propagació del so en l'aire a partir de tubs de ressonància.

- Reproducció experimental de les ones estacionàries en instruments musicals i analitzar les seves característiques a partir de mesures.
- Tractament de les dades de la relació experimental entre intensitat i freqüència sonora, utilitzant-ho per interpretar corbes isofòniques, llindar d'audició o de dolor, camp auditiu o malalties auditives.
- 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.).

III. 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

L'estudi de la llum i el so ha de començar per la part intuïtiva i anar construint-se d'acord amb les evidències que impulsen a ampliar els models.

Pel que fa a l'òptica, primer s'ha d'introduir l'òptica geomètrica de seccions de trajectòries en línia recta. La refracció i la reflexió són fenòmens coneguts que es poden mostrar en experiments qualitatius i quantitatius per començar a aproximar els alumnes a la modelització matemàtica de fenòmens difícils de descriure a l'escrit. Els instruments més senzills com el telescopi i el microscopi són una bona eina per treballar les lents en un primer moment. Així i tot, no cal estudiar-los tots de cop i val més introduir-los de forma gradual. Es poden presentar aplicacions en diferents unitats per fer un ús continuat d'aquests conceptes. Per exemple, en la primera unitat es poden tractar els allargavistes, més endavant si una unitat està dedicada a l'estudi de la vista es pot parlar dels microscopis o de l'ull, i quan es tracti l'Univers és un bon moment per estudiar els telescopis. Així se situen les aplicacions en el

seu context i es treballen els models d'òptica geomètrica de forma continuada.

Durant el primer curs s'ha d'introduir també el concepte d'ona. Els estudiants han observat ones mecàniques sobre l'aigua, per exemple, i s'ha de canalitzar aquesta observació per començar a descriure les ones: els conceptes de front d'ona, període, longitud d'ona, velocitat... L'aproximació de les ones harmòniques és fàcilment assumible arran de l'observació d'ones en una corda o sobre l'aigua. Partint de l'observació més senzilla, l'alumne ha d'entendre primordialment l'ona com a transport d'energia i que la difracció, observable també, és un fenomen característic de les ones. Aquests conceptes han de ser introduïts en exemples fàcilment observables i aviat.

Més endavant, l'estudi de la llum s'enfoca des de la visió ondulatòria fent incís en el fet que la difracció és el que revela aquesta natura de la llum. La introducció de les ones electromagnètiques ha d'estar motivada per exemples d'aplicació que contradiguin els coneixements previs, com ara en l'estudi de la gravetat i les connexions amb satèl·lits.

El so, com a ona mecànica d'especial interès, ha de ser estudiat més en profunditat treballant tant els fenòmens d'atenuació com de reverberació i efecte Doppler, així com les ones estacionàries. Aquests fenòmens necessiten la introducció de la intensitat sonora en un context adequat i no de forma artificial, treballant-los en les comunicacions entre éssers vius.

BLOC 2 L'ESTUDI DELS MOVIMENTS

"Eppur si muove." Com explica la llegenda, Galileo Galilei va adreçar-se al tribunal de la Santa Inquisició amb aquesta frase 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 es 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 el bus 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?

I. 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 $x(t)$, $v(t)$ i vectors.
- Els tipus de moviments paradigmàtics: MRU, MRUA, MCU, 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.

II. PROCEDIMENTS

- **C1**
- Plantejament de preguntes investigables sobre moviments reals coneguts per identificar variables rellevants i aspectes difícils de modelitzar.
- Revisió crítica de les explicacions espontànies sobre un sistema de referència “universal” o “autèntic” (pregalileans), 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.).
- 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.
- 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, sínies, 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.
- 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.
- Plantejament de l'estudi experimental de l'MHS a partir de

molles, pèndols o altres sistemes oscil·lants.

- 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 les 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 i acceleració variable, 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.
- Determinació experimental de la relació entre la constant elàstica d'una molla i el període d'oscil·lació que produeix.
- Argumentació de la necessitat d'establir un sistema de referència com a condició imprescindible per descriure un moviment, rebatent 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.

III. 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

L'estudi dels moviments paradigmàtics ha de construir-se des de l'observació. Els alumnes han observat moviments rectilinis i circulars. Alguns fins i tot sabran calcular posicions en exemples senzills però no tenen un mètode general. Els saben expressar tant de forma escrita com gràfica però se'ls ha de mostrar que aquests llenguatges tenen limitacions: per exemple en un gràfic de la trajectòria no tenim informació sobre la velocitat d'un cos. Primer se'ls ha d'enfrontar amb aquestes limitacions i motivar així la utilització del llenguatge matemàtic. Així, és important introduir els diferents moviments amb dosis durant tot el primer curs. En el moviment més senzill, MRU, s'han de passar molt de temps per comprendre bé la necessitat de definir acuradament la posició en un referencial i la importància d'utilitzar sistemes de coordenades adaptats. Tanmateix, ja se'ls pot confrontar amb les aproximacions que fan, per exemple estudiant el moviment d'avions o vaixells que aparentment van en línia recta sobre un planeta esfèric. La composició d'MRU i problemes de dos o més cossos també són fàcilment introduïbles.

La progressió ha de ser gradual i lògica per a ells, no s'ha de condensar tot l'estudi del moviment en una unitat. La complexitat ha de créixer gradualment i amb temps per assimilar els conceptes. Una vegada dominat l'MRU, el més proper és introduir una acceleració en les mateixes condicions per obtenir MRUA. La vasta quantitat d'exemples, tant en la natura com en la societat humana, permet de contextualitzar-lo i introduir-lo de forma coherent en una unitat.

Amb la combinació d'MRU i MRUA, els alumnes poden explicar molts fenòmens observables a la Terra i cal deixar-los el temps d'experimentar-los per familiaritzar-se amb totes les abstraccions de la cinemàtica. El moviment parabòlic, per exemple, pot ser estudiat en diferents unitats ja sigui causat per la gravitació o l'electricitat.

Amb la mateixa intenció d'introduir els conceptes dins d'un context familiar, l'estudi del moviment circular ha de venir motivat per alguna observació o aplicació dins de la unitat en qüestió. Forçar l'anàlisi de moviments circulars massa aviat i sense relació amb la unitat impedeix l'apropiació del coneixement. Així, és més útil dedicar temps durant l'estudi de sistemes planetaris a parlar del moviment circular que fer-ho abans d'hora atropelladament. Aquest tipus de moviment és fàcilment caracteritzable però té una base molt important per entendre els moviments vibratoris, particularment la funció de l'angle de rotació. A l'últim, el moviment vibratori, ja sigui de pèndols o ressorts, és fàcilment observable i el seu estudi pot ser assimilable tant a les ones com al moviment circular. En lloc d'introduir-lo com un fenomen aïllat i després buscar les relacions, té més sentit lligar-lo des de l'inici a fenòmens ja estudiats. Per exemple, si els alumnes creen ones a l'aigua o en una corda amb una vibració, poden relacionar les freqüències. En el cas del pèndol es pot enfocar el cas en el fet que, si donem prou impuls, el pèndol descriu cercles complets i, de forma general, pensar-hi com en un moviment circular que no s'arriba a completar.

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.

I. 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.
- El moment d'una força i la palanca.
- 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. 12. 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.
- 13. 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.

II. PROCEDIMENTS

C1

- 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.
- Experimentació i explicació de la inèrcia.
- Experimentació sobre l'equilibri de forces i l'estàtica.
- 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.).
- 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.).
- 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.
- 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 palanques per veure la llei que segueixen. 14. Resolució de problemes de palanques i moments de les forces.
- 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.
- 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 les principals característiques de les trajectòries descrites per un pèndol i un ressort sotmesos a la força de la gravetat o a la llei de Hooke.

C2

- 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.
- Aplicació de les palanques en l'estudi dels músculs del cos humà.
- Aplicació de la conservació del moment lineal a diversitat de xocs i explosions.
- 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.
- 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.
- 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.
- Modelització de sistemes reals que oscil·len assimilant-los, en primera aproximació, a un ressort que obeeix a la llei de Hooke.
- Anàlisi energètica de tècniques que utilitzen l'energia elàstica per crear grans quantitats d'energia en un espai reduït.

III. 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

Les forces són un concepte difícil d'integrar en la física a causa de l'ús de la paraula en molts discursos. L'important és fer aparèixer tots els conceptes arran de la insuficiència dels models previs per explicar certs fenòmens. Partint de cossos en moviment i l'MRU, cal plantejar la inèrcia com a tendència natural dels cossos i explorar què cal per fer-los canviar de trajectòria, accelerar o aturar-se. S'ha de construir de forma intuïtiva la noció de força. Seguidament, cal incidir en la força com a interacció entre cossos. Continuant en la línia d'exploració, es poden plantejar reptes com ara «què passa si intento empènyer un cos massa pesant?». En aquests exemples, l'alumne pot integrar bé el fet que per afectar el moviment cal una força, però que la força s'exerceix entre els cossos i per tant afecta els dos objectes.

L'ús de la primera llei de Newton s'ha d'introduir després d'haver tractat l'MRU. Així, igual que no és necessari presentar tots els tipus de moviment de cop, pot ser contraproduent presentar massa forces o lleis de cop i amb escenaris molt allunyats els uns dels altres. En aquest sentit, s'han d'introduir primer forces que expliquin l'estàtica i l'MRU. Havent descrit l'MRU, és senzill aprofundir en el seu estudi endinsant-se en l'origen d'aquest moviment i en les contradiccions que poden aparèixer per abús de llenguatge. Per exemple, quan diem que un cotxe està accelerant però va a la mateixa velocitat.

Més endavant, l'explicació de l'MRUA i de la segona llei de Newton poden fer-se en paral·lel perquè els alumnes ja hauran entès que si hi ha una acceleració forçosament hi ha una força associada i pot resultar confús presentar l'un sense l'altre. Les situacions en plans inclinats i cordes permeten tractar resultants de forces en angles de direcció no trivials.

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 implica justament saber destriar quins problemes s'aborden des del paradigma de les forces i quins des del paradigma dels camps.

BLOC 4 TRANSFERÈNCIES I TRANSFORMACIONS D'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 als alumnes. 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 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

Transferències i transformacions d'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?

I. 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.

II. 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.
- 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.**
- **Càlcul de les transferències d'energia en forma de calor entre diversos materials amb diverses calors específiques.**
- Disseny experimental de maneres d'observar la tendència natural dels canvis espontanis a incrementar la seva entropia i a arribar a l'equilibri.

- 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

- 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.
- Disseny i realització d'una recerca per analitzar la capacitat calorífica de diversos materials, controlant les variables que hi intervenen.
- 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 que s'han de 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.
- 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 fraudulentas.
- Anàlisi de les necessitats calorífiques dels éssers vius.

III. ACTITUDS I VALORS

- Presa de consciència de les limitacions de recursos energètics que hi ha al planeta per posar 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 fraudulentas de tipus pseudocientífiques i pseudomèdiques justificades a partir d'idees confuses sobre energia.

Orientacions didàctiques del bloc

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 els alumnes superin 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, 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 poden optimitzar les transferències energètiques i fer-les més eficients.

La introducció d'un concepte tan abstracte com l'energia costa d'assimilar, i sobretot d'entendre que l'energia es pot transformar i és quantificable. Les unitats han d'incidir molt en el fet que les pèrdues d'energia són transformacions i transferències d'energia. Per tant, d'una banda és important introduir la calor abans dels sistemes on l'energia mecànica no es conserva. D'altra banda, s'ha d'insistir en exemples quotidians en què podem relacionar la idea informal que existeix d'energia amb l'energia mecànica treballada a classe, com ara en cotxes i el consum de combustible o en les persones i l'esforç físic.

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. Dos 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 empentar-se, aguantar-se o fregar-se entre ells. 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'electromagnetisme**

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?

I. FETS I CONCEPTES

- El corrent elèctric i la diferència de potencial elèctric.
- Els circuits amb resistències elèctriques: llei d'Ohm, associació de resistències en sèrie i en paral·lel. Lleis de Kirchoff.
- L'energia i la potència d'un circuit elèctric.
- Els generadors de corrent continu: força electromotriu i resistència interna.
- Els circuits amb condensadors i bobines: comprensió qualitativa dels seus efectes i usos.
- 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.

II. 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 de l'origen i natura del corrent elèctric a través d'un fil conductor.
- 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.
- Muntatge de circuits elèctrics senzills amb resistències i bombetes per estudiar la relació entre la diferència de potencial elèctric i la intensitat del corrent elèctric a partir de la llei d'Ohm.
- Càlcul de resistències equivalents de circuits amb resistències en sèrie i en paral·lel mitjançant les lleis de Kirchoff.
- Muntatge de circuits amb condensador i bobines per explicar qualitativament els efectes i possibles usos d'aquests components.
- 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.
- 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.

- 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.
- 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.
- Disseny i realització d'experiències per mesurar i representar el camp magnètic amb el mòbil.
- 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 i mesura del camp magnètic creat per un conductor de corrent.
- 17.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.
- 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.

C2

- Discussió de les limitacions i les 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.
- Anàlisi de dades experimentals obtingudes per sensors de voltatge o intensitat per explicar el comportament elèctric de condensadors o generadors electromagnètics.
- 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.
- 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.

- Aplicacions dels superconductors.
- 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.).
- Modelització de sistemes complexos que es poden assimilar a un corrent elèctric amb una diferència de potencial i una resistència que consumeix energia (el consum d'aigua d'una planta, etc.).
- Explicació dels usos de l'electricitat per als éssers vius i dels efectes que pot ocasionar.
- Consum elèctric per mitjà del canvi de tensió a corrent mantenint constant la potència. Conducció a llargues distàncies.

III. 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

El contacte previ que hauran tingut els alumnes amb l'electromagnetisme és a través dels aparells electrònics i fenòmens naturals com el camp magnètic terrestre o els llamps. Acompanyar les explicacions amb objectes quotidians permet visualitzar els conceptes abstractes de camp magnètic i potencial elèctric. Més enllà de la resolució de problemes numèrics per aplicar les principals equacions de l'electromagnetisme de batxillerat (lleis de Coulomb, llei de Biot-Savart, força de Lorentz i llei 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?

I. 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-corpúscle i desigualtat de Bell.
- Aplicacions de la física quàntica a diversos contextos. Criptografia, nanomaterials, etc.

II. PROCEDIMENTS

C1

- Revisió crítica de les idees prèvies sobre l'àtom radioactiu i les reaccions nuclears.
- Cerca raonada a Internet d'explicacions relacionades amb la fissió i la fusió nuclear, identificant quines dades experimentals van propiciar els canvis de paradigmes.
- 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.**

- Ús de simulacions i laboratoris virtuals per reproduir reaccions nuclears, controlant variables i analitzant les dades obtingudes.
- Utilització de l'equivalència massa-energia i el balanç de càrrega i massa per resoldre problemes quantitatius sobre equacions de reaccions nuclears simples.
- Ús de la simulació experimental de la desintegració nuclear utilitzant un model analògic de procés aleatori amb una certa probabilitat (monedes, daus, etc.).
- 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.
- 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.
- 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.

C2

- 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 ells.
- Utilització del model de desintegració nuclear per explicar, per exemple, la determinació de l'antiguitat de restes paleontològiques o arqueològiques.

- Argumentació de per què la relativitat general té més poder explicatiu per descriure la força gravitatòria que no pas la mecànica clàssica.
- Utilització de les nocions de relativitat per descriure el principi que explica, per exemple, la criptografia quàntica.
- 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.
- Modelització del funcionament de les centrals nuclears de fissió.
- Explicació senzilla del funcionament de l'energia solar.

III. 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

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 els alumnes 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.

CRITERIS D'AVALUACIÓ

Criteris d'avaluació de la C1

C1 Predir el comportament de fenòmens físics a partir de l'estudi del model

CA1. Pertinència

CA2. Rigor

CA3. Precisió

CA1. Pertinència

La pertinència en la predicció d'un fenomen físic està relacionada amb el posicionament de les bases del model i les investigacions que s'utilitzaran per estudiar-lo. Es tracta de plantejar hipòtesis que siguin pertinents relacionades amb l'origen i la natura del fenomen, així com de formular definicions i utilitzar conceptes abstractes que incorporin totes les característiques pertanyents a un fenomen i els agents implicats: quins aspectes es poden menystenir, quins s'han de tenir en compte, etc. D'aquí es desencadena tota la investigació i la interpretació sobre el fenomen que acabarà permetent una predicció amb base científica. Les extrapolacions, generalitzacions o prediccions fetes arran de càlculs o les conclusions d'un experiment han de ser pertinents. L'avaluació serà efectuada, doncs, sobre la pertinença del model escollit en relació amb el fenomen estudiat, les explicacions sobre les idees i elements que representen el fenomen, i la justificació pertinent de prediccions a casos relacionats.

CA2. Rigor

El rigor és clau en la predicció de fenòmens al moment de fer deduccions seguint una lògica per no caure en contradiccions. Això implica efectuar els càlculs de forma correcta utilitzant les bones unitats. A més, l'estudi experimental dels fenòmens demana una redacció clara i detallada del protocol per indicar com es mesurarà el fenomen. L'alumne ha de saber indicar quines mesures prendrà i quina informació ens donen sobre el fenomen o si s'han de fer càlculs intermedis. Finalment, les prediccions que se'n puguin extreure dependran directament de les tècniques estadístiques escollides en el tractament de dades, així com les consideracions ambientals que puguin afectar l'experiment demanen una acurada reflexió i justificació prèvia. Així doncs, s'ha d'avaluar el rigor dels càlculs efectuats que permetran donar una conclusió sobre la predicció, dels protocols escrits per explicar com es quantificarà el fenomen, i el rigor de les tècniques utilitzades en el tractament de dades per poder fer extrapolacions i prediccions en altres casos.

CA3. Precisió

La precisió en la predicció d'un model va lligada a la manipulació dels assajos i el muntatge experimental, que ha de fer-se amb precisió a l'hora d'extreure resultats. Els alumnes han de ser capaços de

quantificar l'error experimental (primer en la mesura del fenomen i després en els càlculs derivats), i d'identificar l'origen (si va lligat als estris utilitzats o és característic del fenomen estudiat) i la natura d'aquest error. Les prediccions no tenen cap sentit si no es precisen les incertituds presents. Al mateix temps, han de demarcar precisament quines són les condicions experimentals en què s'ha fet la prova i ser exactes en els límits d'aplicació dels resultats obtinguts: discriminar si les prediccions fan referència a unes condicions particulars o són aplicables a un rang de situacions. En conseqüència, l'alumne ha de desenvolupar amb precisió els muntatges experimentals, recollir les dades indicant amb precisió la incertitud de la mesura sobre el fenomen i explicar l'origen d'aquest error, i finalment valorar quin és el rang d'aplicació precís d'aquests resultats obtinguts i les prediccions que se n'extreuen.

Criteris d'avaluació de la C2

C2 Analitzar qüestions ambientals i socioculturals per mitjà dels models de la física

CA1. Adequació
CA2. Precisió
CA3. Coherència

CA1. Adequació

L'adequació en l'anàlisi de qüestions quotidianes des del prisma de la física es fa palesa en el moment de determinar com s'estudiarà la problemàtica: recollir la informació necessària sobre la qüestió, determinar com és el sistema que s'ha d'analitzar, identificar els camps o fenòmens que intervenen, simplificar el sistema i aplicar els models escaients. Els alumnes han d'haver cercat, tant en la bibliografia com en el treball de camp, si és possible, tota la informació rellevant que permeti definir i delimitar la qüestió plantejada. Llavors, poden explicar quins fenòmens intervenen en la qüestió plantejada i separar i simplificar el sistema per analitzar cada part amb el model de la física corresponent.

CA2. Precisió

La precisió de l'anàlisi delimita el rang d'aplicació dels arguments desenvolupats i la fiabilitat de les conclusions. Durant l'obtenció de dades i en l'ús del model, cal precisar quines són les diferències observades entre les prediccions i els resultats obtinguts al llarg de l'anàlisi de la qüestió. Això exigeix explicar les limitacions de cada model emprat i avaluar la fiabilitat de les dades obtingudes en l'anàlisi. En tot cas d'estudi plantejat, la precisió sobre les etapes de la recerca, les dades utilitzades i els models aplicats dona sentit i validitat a les conclusions emeses. La precisió s'avalua en referenciar correctament les informacions utilitzades per analitzar un problema i en concretar correctament els resultats especificant els errors i explicant les limitacions dels models a l'hora d'aprofundir en l'anàlisi del sistema en qüestió.

CA3. Coherència

La coherència ha de ser manifesta en tota conclusió que s'extregui d'una anàlisi tocant a àmbits diversos, que ha de ser coherent amb tot allò que s'ha detectat i amb les solucions que proposa. Això vol dir que no ha de deixar de banda cap informació rellevant per molta nosa que faci ni cap aspecte pot ser desatès. Els arguments han de tenir una base científica demostrable i s'ha de fer ús de tots els documents, les dades i les prediccions fetes sobre la qüestió analitzada. Els alumnes han d'aprendre a no deixar de banda la faceta social de la ciència i a considerar quines implicacions té cada aplicació, així com l'impacte ambiental que provoquen les tècniques estudiades i els costos que representen les propostes sorgides de la seva anàlisi.

EXPECTATIVES DE FINAL DE CICLE

Expectatives de final de cicle de la C1

Al final de batxillerat, l'alumne fa prediccions sobre fenòmens físics relacionats amb les interaccions mecàniques, electromagnètiques i termodinàmiques, i els canvis d'estat, d'energia i de moviment resultants d'aquestes interaccions. L'alumne explica aquests fenòmens amb el model més pertinent i pren les decisions d'investigació escaients, desenvolupant amb rigor les explicacions i els càlculs a partir dels models científics idonis per arribar a resultats precisos i delimitats.

Per això, l'alumne fa preguntes pertinents al voltant del fenomen i planteja hipòtesis pertinents, i també explica els materials adients emprats per dissenyar les investigacions per estudiar el fenomen. En la resolució analítica, l'alumne sap justificar pertinentment la selecció del model escollit i explicar les idees que el formen. A més, sap identificar, definir i relacionar amb les fórmules pertinents tots els objectes matemàtics que utilitza. Les generalitzacions han de ser pertinents i concordar amb les investigacions i els càlculs duts a terme.

Les eines, tant materials com matemàtiques, han de ser utilitzades amb el rigor corresponent. D'una banda, l'alumne sap com efectuar amb rigor els càlculs amb l'especificitat demanada per les magnituds i unitats físiques. De l'altra, l'alumne sap descriure el protocol amb rigor i claredat, detallant les condicions experimentals en què es realitza, i justificant i aplicant rigorosament les tècniques de tractament de dades estudiades.

Finalment, l'alumne ha d'identificar amb precisió les causes d'un error experimental i concretar aquest error, a més de poder delimitar de forma precisa el domini d'aplicació dels seus resultats tant analítics com experimentals.

Expectatives de final de cicle de la C2

Al final de batxillerat, l'alumne és capaç d'analitzar sistemes complexos rellevants en la societat humana, com ara noves tecnologies o fenòmens naturals de la Terra, per mitjà dels models de la física. L'alumne simplifica els sistemes per aplicar-hi els models adequats, estableix amb precisió les limitacions d'aquests models i elabora conclusions coherents sobre les implicacions socials, ambientals i econòmiques de la problemàtica.



L'alumne sap extreure la informació adequada, entre totes les dades disponibles, simplificar els sistemes complexos estudiats i justificar els models més adequats que aplicarà en cada part per poder efectuar els càlculs.

En tota anàlisi, l'alumne sap indicar amb precisió d'on ha extret les informacions. Sap precisar les diferències existents entre els seus càlculs i les dades experimentals disponibles o els errors previsibles, i explicar, per tant, les limitacions observades o esperades en l'aplicació dels models emprats.

A l'últim, les conclusions extretes d'aquesta anàlisi han de ser coherents amb els resultats aconseguits, per mitjà dels càlculs o les dades disponibles, i aglutinar tota la informació rellevant, utilitzant tots els documents disponibles o aprofitant informacions treballades a classe o a casa. En particular, respecte dels aspectes socials, econòmics o mediambientals del fenomen, l'alumne en compara o contraposa coherentment dos com a mínim.

QUADRES DE SÍNTESI

Quadre de síntesi de la C1



Quadre de síntesi de la C2

Modelitzar un sistema complex en sistemes senzills segons quina funció es busqui estudiar

Aplicar els diferents models establerts de la física a casos reals per extreure prediccions del rendiment del sistema

Criteris d'avaluació:

C2 Analitzar qüestions ambientals i socioculturals per mitjà dels models de la física

CA1. Adequació
CA2. Precisió
CA3. Coherència

Discutir les limitacions dels models establerts a partir de la comparació amb dades sobre els sistemes estudiats

Fer propostes de base científica argumentant sobre les implicacions socials, econòmiques i ambientals que estan relacionades amb una problemàtica concreta

Expectatives de final de cicle

Al final de batxillerat, l'alumne és capaç d'analitzar sistemes complexos rellevants en la societat humana, com ara noves tecnologies o fenòmens naturals de la Terra, per mitjà dels models de la física. L'alumne simplifica els sistemes per aplicar-hi els models adequats, estableix amb precisió les limitacions d'aquests models i elabora conclusions coherents sobre les implicacions socials, ambientals i econòmiques de la problemàtica.

L'alumne sap extreure la informació adequada, entre totes les dades disponibles, simplificar els sistemes complexos estudiats i justificar els models més adequats que aplicarà en cada part per poder efectuar els càlculs.

En tota anàlisi, l'alumne sap indicar amb precisió d'on ha extret les informacions. Sap precisar les diferències existents entre els seus càlculs i les dades experimentals disponibles o els errors previsibles, i explicar, per tant, les limitacions observades o esperades en l'aplicació dels models emprats.

A l'últim, les conclusions extretes d'aquesta anàlisi han de ser coherents amb els resultats aconseguits, per mitjà dels càlculs o les dades disponibles, i aglutinar tota la informació rellevant, utilitzant tots els documents disponibles o aprofitant informacions treballades a classe o a casa. En particular, respecte dels aspectes socials, econòmics o mediambientals del fenomen, l'alumne en compara o contraposa coherentment dos com a mínim.