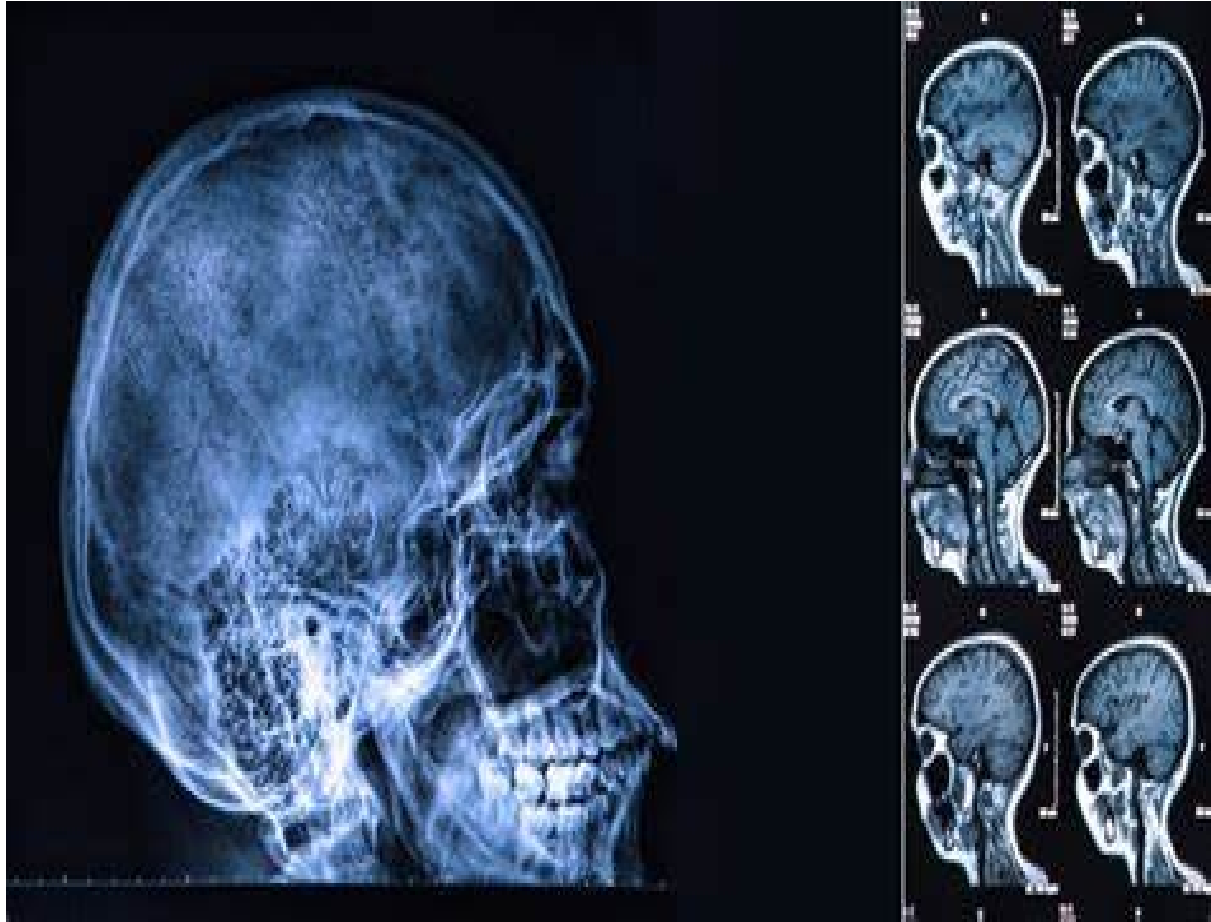


La física et pot curar

“Física aplicada a la medicina”



Daniel Rodríguez Ruiz
Científic (modalitat)
Daniel Parcerisas (tutor)
2020-2021

Índex

Abstract.....	pàg 3
Introducció.....	pàg 4
1. Fonaments de física	
1.1 Fonaments d'ones.....	pàg 6
1.2 Fonaments de la física quàntica.....	pàg 11
1.3 Fonaments de la radioactivitat.....	pàg 21
2. Aplicacions mèdiques que tenen de base la física	
2.1 Informació sobre la diagnosi amb física.....	pàg 27
2.2 Informació sobre el tractament amb física.....	pàg 39
2.3 Informació sobre la investigació a medicina amb física.....	pàg 52
3. Part pràctica	
3.1 Anàlisi de partícules amb el timepix.....	pàg 56
3.2 Anàlisi sobre la capacitat de filtratge de diverses mascaretes.....	pàg 63
3.3 Anàlisi de radiografies de diversos objectes.....	pàg 71
3.4 Entrevista.....	pàg 86
Conclusions.....	pàg 96
Agraïments.....	pàg 97
Referències.....	pàg 98
Annexes	
1. Annex 1.....	pàg 101

Abstract

This project is about the relationship that physics has with medicine, for this we have done several researches to see what applications physics has in the field of medicine today.

To achieve this we have explained the physical basis that is needed and then explained the applications it has in medicine. We have investigated the filter capability of some masks by detecting the radiation they accumulate in them thanks to a particle detector called Timepix, and we have analyzed x-rays of various organic objects and tissues. We have interviewed an ICFO researcher to learn more about the professional-level research projects being carried out today

Thanks to this project we have concluded that many advances have been made in medical and physics research but that much remains to be known related to these two sciences.

Resumen

Este proyecto trata sobre la relación que la física tiene con la medicina, para ello hemos hecho varias investigaciones para ver qué aplicaciones tiene la física en el campo de la medicina hoy en día.

Para lograrlo hemos explicado la base física que se necesita y luego explicado las aplicaciones que tiene en la medicina. Hemos investigado la capacidad de filtro que tienen algunas máscaras detectando la radiación que acumulan en ellas gracias a un detector de partículas llamado Timepix, y hemos analizado radiografías de diversos objetos y tejidos orgánicos. Hemos entrevistado a una investigadora de ICFO para saber más sobre los proyectos de investigación a nivel profesional que se están llevando a cabo hoy en día.

Gracias a este proyecto hemos concluido que se han hecho muchos avances en la investigación de medicina y física pero que todavía falta mucho por conocer relacionado con estas dos ciencias.

Introducció

En aquest treball investigarem sobre la relació que hi ha en dues ciències com la física i la medicina que encara que sembli que no tenen coses en comú la veritat és que sí que les tenen.

Es va decidir fer aquest treball perquè m'agrada molt el món de les ciències i em semblava interessant fer una recerca amb aquestes dues ciències que no semblen tenir cap relació, a més m'agradaria estudiar medicina i també m'agrada molt la física així que també ho he escollit per començar a saber una mica més dels meus estudis posteriors.

La línia d'investigació d'aquest treball és bastant àmplia, però nosaltres hem enfocat aquest treball en conèixer quines aplicacions de la física a la medicina hi ha en aquest moment, encara que també hem investigat sobre la recerca que s'està fent per aconseguir una millora o descobriment de tècniques per aconseguir augmentar la qualitat de vida i la llargada d'aquesta gràcies a la investigació d'aquestes dues ciències juntes.

Al començament d'aquest projecte ens vam fixar una sèrie d'objectius per portar una línia ben determinada de recerca per aquest treball. Els objectius van ser els següents:

1. Tenir un coneixement bàsic sobre física que es podria utilitzar en medicina.
2. Investigar sobre la relació entre les dues ciències.
3. Investigar quins avenços s'estan fent en el món de la física que en un futur tindran aplicacions a la medicina.
4. Aprendre a utilitzar un detector de partícules Timepix per poder analitzar partícules amb exactitud i per poder mesurar l'energia que s'utilitza per fer una radiografia.
5. Saber quines aplicacions té la física a la medicina, com el funcionament de la màquina de raigs X, el mecanisme per fer una tomografia, etc.
6. Estudiar teràpies que s'utilitzen al món de la medicina que tenen com a base la física.
7. Fer una part pràctica basada en els raigs X.

Les hipòtesis que vam dir al començament d'aquest projecte eren simples perquè no sabíem gaire d'aquest tema. Per això les nostres hipòtesis van ser:

1. No és possible el desenvolupament d'una ciència si altres ciències no evolucionen.
2. La física i la medicina tenen molta relació.

Primer comencem amb la part d'investigació teòrica on fixarem els fonaments de física que s'han de saber per poder entendre el treball amb precisió. En aquest apartat explicarem una base sobre les ones, com per exemple els tipus d'ones i com es comporten, també explicarem una base sobre la física quàntica on explicarem els principis d'Einstein i el funcionament de les partícules i per últim explicarem la base sobre la radioactivitat, quins tipus hi ha i la radiació electromagnètica.

Mitjançant la informació anterior us explicarem quines aplicacions mèdiques tenen de base la física i les hem dividit en tres parts per englobar cada tècnica en una part de la investigació.

Primerament podem trobar la informació sobre la diagnosi amb física on expliquem diverses tècniques per detectar diferents tipus de malalties, com les radiografies per detectar ossos trencats.

En el segon apartat s'explica quines tècniques s'utilitzen per tractar a pacients amb malalties o per accelerar la recuperació de pacients.

Per finalitzar aquest apartat s'explica quines investigacions s'estan fent al món de la medicina per tractar malalties, com el tractament del càncer amb partícules d'or.

Després s'expliquen les 3 parts pràctiques que hem realitzat en aquest treball, la primera consisteix a analitzar partícules que hem detectat amb el timepix, la segona consisteix a analitzar la quantitat de filtratge de diverses mascaretes per veure quanta radiació es diposita a aquestes quan respirem i per últim hem analitzat diverses radiografies de materials inorgànics i materials orgànics.

Finalment trobem les conclusions que hem extret d'aquest treball.

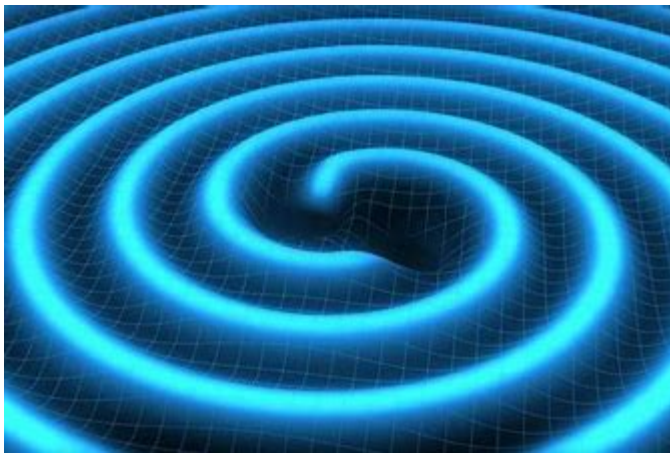
1. Fonament de física

1.1 Fonaments d'ones

Tipus d'ones

Una ona és la propagació d'una pertorbació d'alguna propietat de l'espai, amb això es propaga també energia però sense matèria. Una ona és capaç de propagar-se en la matèria o en el buit.

Encara que no es propagui la matèria, aquesta sí que es mou però es mou i després torna al lloc on estava o fa un moviment contrari al que ha fet amb l'ona de manera que el moviment net que es fa és nul i per això es diu que no es propaga la matèria. Però la matèria segueix un moviment oscil·latori i amb això es propaga l'ona, per tant el moviment oscil·latori també.



Esquema d'ones mecàniques

D'ones hi ha diferents tipus i cadascun amb més subtipus:

1. En funció del medi pel qual es propaguen (3 subdivisions):

1.1 Ones mecàniques: Són ones que necessiten que hi hagi un medi físic pel qual transmetre l'ona (sigui sòlid, líquid o gasos). Però no transporten matèria, ja que es formen al voltant d'un punt fix. La velocitat d'aquesta ona pot ser variada depenent

de característiques que té un medi en concret. Un exemple d'ones mecàniques podrien ser les sonores o les gravitatòries.

1.2 Ones electromagnètiques: Són ones que es propaguen sense necessitat que hi hagi un medi per tant poden viatjar pel buit. Això és degut al fet que aquestes ones estan formades per oscil·lacions en un camp elèctric amb relació d'un camp magnètic, gràcies al fet que viatgen en el buit i per tant no tenen obstacles per viatjar poden arribar a viatjar a la velocitat de la llum. Un exemple seria l'espectre electromagnètic.

La llum visible és un exemple d'ones electromagnètiques amb diferent freqüència. Tots els fotons són d'aquest tipus i aquests segons la freqüència es classifiquen en diferents estats de nivell, començant a ser perillosos després de la llum visible fins a la radiació gamma que és molt perillosa. La classificació depenent de la freqüència es diu tipus de radiació.

1.3 Ones gravitacionals: Són pertorbacions que alteren l'espai-temps i en teoria són simples pertorbacions d'espai-temps i per tant viatgen alterant l'espai-temps però no es pot afirmar ni que es propaguin per l'espai buit o amb matèria.

2. Segons la direcció (3 subdivisions):

2.1 Ones unidimensionals: Són ones que es propaguen en una sola dimensió de l'espai, com només es propaguen en una dimensió els seus fronts d'ona són plans i paral·lels.

2.2 Ones bidireccionals o superficials: Són ones que es propaguen en dues dimensions i es poden propagar en qualsevol de les direccions d'una superfície. És la típica ona que surt a l'aigua quan cau alguna cosa.

2.3 Ones tridimensionals o esfèriques: Són ones que es propaguen en tres dimensions i el front de les ones és comú i surt l'ona propagant-se en totes les direccions. Totes les ones mecàniques i electromagnètiques són d'aquest tipus.

3. Segons el moviment de les partícules (2 subdivisions):

3.1 Ones longitudinals: Són ones on les partícules del medi es mouen o vibren paral·lelament a la direcció de propagació de l'ona. Com una molla en comprimir-se.

3.2 Ones transversals: Són ones on les partícules del medi es mouen o vibren perpendicularment a la direcció de propagació de l'ona. Com les ones a una corda.

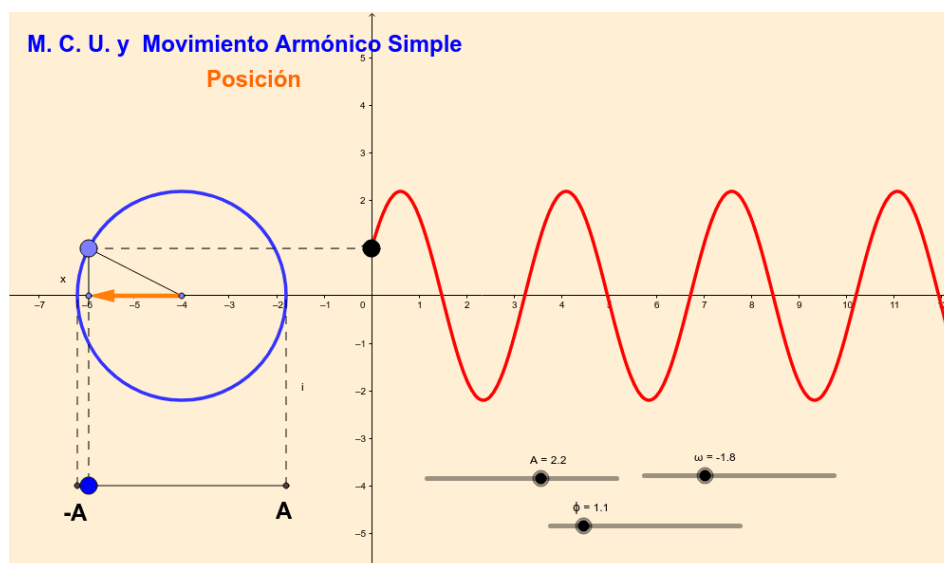
3.3 Ones mixtes: Ajunten les dues anteriors per formar-se i les ones de les onades del mar serien una conseqüència d'això.

4. Segons el seu període (2 subdivisions):

4.1 Ones periòdiques o tren d'ones: Són ones que produeixen les mateixes característiques en bucle. Com les ones sinusoidals

4.2 Ones no periòdiques o de pols: Són ones que no produeixen les mateixes característiques repetidament i si es repeteixen, en pertorbacions successives tenen característiques diferents.

Una característica que ajunta algunes d'aquestes ones és el moviment harmònic simple (m.h.s.) el qual és quan segueix una trajectòria recta i està sotmès a l'acció d'una força d'atracció proporcional al vector posició, amb origen al seu punt d'equilibri o centre d'oscil·lació, i de sentit contrari.



Esquema de l'estudi del m.h.s.

Característiques i elements d'una ona

Les ones tenen diversos elements i característiques de les quals es poden definir i tenir ones semblants però no exactament iguals.

Les parts de l'ona són:

La cresta: El punt més alt on arriba l'amplitud de l'ona.

La vall: El punt més baix on arriba l'amplitud de l'ona.

Node: El punt on l'ona travessa la línia d'equilibri

Cicle: És el recorregut des del node que inicia la trajectòria de la cresta fins al node que termina la trajectòria de la vall.

Els elements que pretenen donar les característiques a l'ona són:

Període (T): És el temps que triga l'ona a fer cicle complet.

Amplitud (A): És la distància vertical des de la cresta fins al mig de l'ona, això vol dir que hi ha ones que poden anar perdent o guanyant amplitud amb el temps.

Freqüència (f): És el nombre de vegades que es repeteix una vibració per unitat de temps.

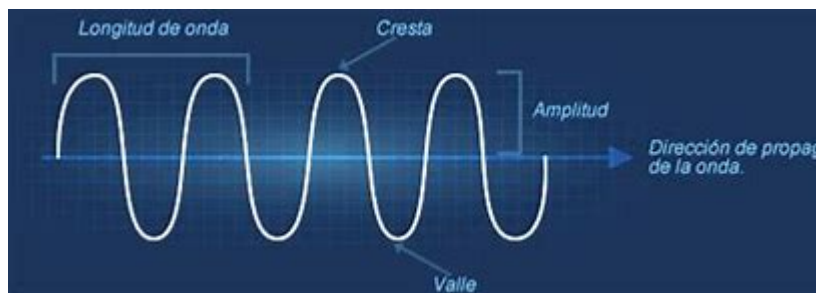
Ve determinat pel període i la seva fórmula matemàtica és $f = \frac{1}{T}$.

Fase (Φ): Indica la situació al moment del cicle amb una magnitud que varia uniformement. És la fracció del període recorregut des de l'instant corresponent a l'estat agafat de la freqüència.

Longitud (λ): És la distància que hi ha des del mateix punt fins de dues ondulacions consecutives o dues crestes consecutives.

Elongació (x): És la distància que hi ha, en forma perpendicular des del punt de l'ona i la línia d'equilibri.

Velocitat de propagació (V): És la velocitat a la qual es propaga el moviment ondulatori. La seva expressió matemàtica és aquesta: $v = \lambda / T$.



Esquema de diferents parts d'una ona

Amb aquestes característiques totes les ones poden experimentar els següents fenòmens:

Difracció: Quan una ona arriba a un obstacle i canvia la direcció per passar-lo.

Efecte Doppler: És un efecte produït per al moviment relatiu entre la font emissora de l'ona i el receptor.

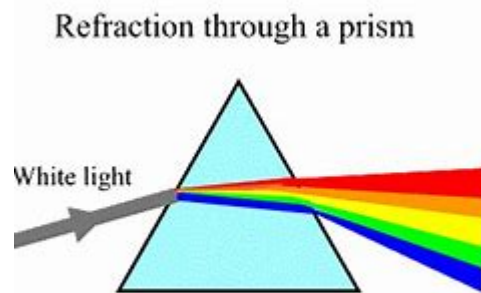
Interferència: Es produeix quan dues ones es combinen en trobar-se en el mateix punt de l'espai.

Reflexió: Es produeix quan una ona en trobar-se un medi que no pot travessar canvia de direcció.

Refracció: Succeeix quan una ona canvia la direcció en arribar a un medi en el qual la seva velocitat canvia.

Ona de xoc: Succeeix quan una o diverses ones se superposen formant un con.

Aquesta última situació i a la d'interferència segueix el principi de superposició, és que quan dues o més ones incideixen els desplaçaments que es produeixen sobre una partícula del medi se sumen algebraicament.



Esquema de la refracció de la llum

Els fenòmens de reflexió, refracció i difracció es poden explicar gràcies al principi de Huygens que diu que cada punt d'un front d'ones pot considerar-se un focus d'ones secundàries que es propaguen en la mateixa direcció de la perturbació. La velocitat de propagació i freqüència d'aquestes ones secundàries és la mateixa que la de l'ona original i la superfície tangent (coneguda com a envoltant) a totes les ones secundàries en un determinat instant és el següent front d'ones.

Les ones es propaguen depenent del medi però de totes les ones que nosaltres rebem no som conscients que estan totes, hi ha algunes que no ens afecten i altres que sí.

Les ones que són energètiques ens arriben i les podem percebre amb màquines o amb els sentits però hi ha algunes que tenen més energia que unes altres i que poden arribar a ser perjudicials, l'energia depèn de la freqüència i amplitud que tingui una ona. Ja que l'expressió de l'energia d'una ona és $E = f^2 A^2$ quan l'energia és constant. L'ona té fins i tot

potència i intensitat i la seva expressió de la potència és $P = \frac{E}{T}$ i la de la intensitat és $I = \frac{E}{St} = \frac{P}{S}$. L'energia de les ones s'estudia en la segona classificació anterior segons la direcció i per tant unes tenen més energia que les altres.

Perquè es donin les m.h.s el moviment ha de ser un moviment periòdic formant un cicle indefinit i sempre té la mateixa cresta i vall i si una varia l'altre també però aquesta teoria té el fregament negligible així que tindria el mateix cicle indefinidament. El seu moviment s'assembla al d'una molla quan no hi ha fregament, ja que s'expandeix i es contrau indefinidament descrivint "la vall, la cresta i en node".

1.2 Fonaments de la física quàntica

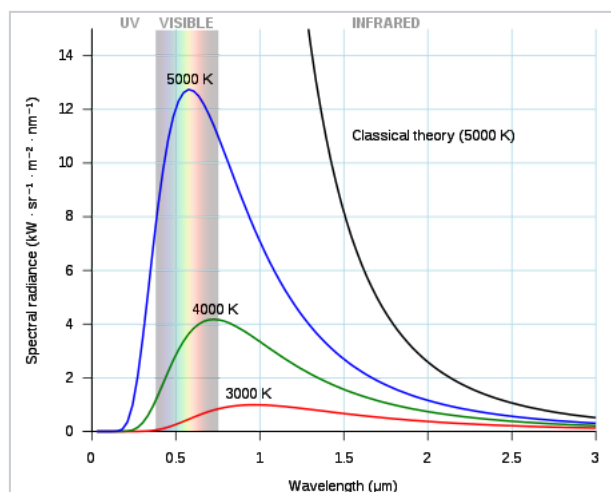
Començament de la física quàntica

La física quàntica és la part de la física que estudia les coses que succeeixen però a una escala extremadament petita. El canvi de la física clàssica a la física quàntica va tenir el seu punt àlgid al segle XX explicant les coses que passaven a escales molt petites que no havia tingut en compte Newton en les seves lleis i amb els avenços de tecnologia, física i química es va crear un nou estudi de la ciència.

El punt d'inflexió van ser les teories de Maxwell però ell no va tenir la teoria sinó que va ser el començament a la física quàntica, la seva teoria més tard seria millorada amb la teoria de la dualitat ona-corpúscle o dualitat ona-partícula (és que quan un objecte és a escala quàntica i és mesura el seu moviment dona uns resultats diferents dels que dona quan només ens fixem en els resultats i això vol dir que les partícules a un estat quàntic tenen la capacitat de comportar-se com partícules i com ones depenent de la situació).

Radiació del cos negre

Realment el punt d'inflexió per la física quàntica va ser el problema de la radiació del cos negre. El cos negre era un cos ideal, el qual absorbís tota la radiació que li arribés (només radiació que és emesa per un cos amb temperatura elevada, ja que en pujar la temperatura d'un cos aquest cos comença a tenir un espectre d'emissió de llum significant, i aquesta radiació emesa la pot absorbir una part d'un cos qualsevol i l'altra part que no és absorbida es reflecteix com si fos llum normal i aquesta teoria posa sobre la taula un cos que no reflecteix cap mena d'aquesta radiació ni la que no es veu com la infraroja).



Gràfica que mostra les corbes de radiació d'un cos negre

Aquest cos negre té un espectre de freqüència continu i característic que depèn de la temperatura del cos i que segueix l'espectre de Planck o llei de Planck (mesura la radiació electromagnètica emesa per un cos negre que hi ha en l'equilibri tèrmic).

L'any 1900 Planck va utilitzar aquest experiment amb aquestes corbes de radiació del cos negre per fer la seva llei. Per fer-ho va fer algunes suposicions com que l'energia radiada i emesa es transmetia de manera discontinua i en forma de paquets i a aquests paquets els va anomenar quants (posteriorment se'ls anomenaria fotons). Planck va descobrir una expressió que permetia calcular l'energia d'aquests quants, va ser aquesta expressió: $E = h\nu$ on h és la constant de Planck i ν és la freqüència de l'ona. Planck va tornar a agafar la teoria del fet que la llum seguia la teoria corpuscular i anys més tard Einstein la va tornar a agafar i va treure el denominat efecte fotoelèctric.

El Sol seria un exemple de cos negre, ja que absorbeix radiació la majoria i com és molt calent també l'emet i com envia la majoria d'ones de llum groga el sol es veu groc però això no vol dir que no emeti radiació ultraviolada o infraroja. Aquest va ser el primer problema que es van enfrontar els físics moderns.

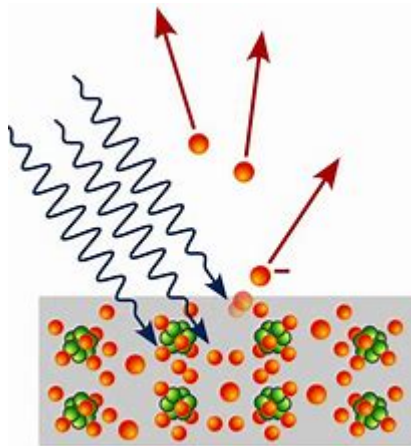
L'experiment que es va fer per demostrar l'existència de la radiació del cos negre va ser un on un cos recobert de pols negra amb un forat entrés un raig de llum i de radiació infraroja i l'absorbís però es van adonar que era impossible, ja que al llum que havia entrat tornaria a sortir per al forat que hi havia i a més el cos negre emetia radiació, ja que estava calent i com tots els cossos calents emeten radiació infraroja es va denominar a aquest experiment l'experiment del cos negre fet i dissenyat per Gustav Kirchhoff.

L'efecte fotoelèctric

És l'efecte que provoca que l'emissió dels electrons sobre una superfície gràcies a la radiació electromagnètica.

L'efecte fotoelèctric el va descobrir Heinrich Hertz en 1887. Va observar que l'arc que salta entre dos elèctrodes connectats a alta tensió arriba a distàncies més grans que quan un objecte s'il·lumina amb llum ultraviolada que quan es deixa en l'obscuritat. Això va ser com i quan es va descobrir, però no va ser fins Einstein que no es va aconseguir donar una explicació. Einstein es va recolzar en la teoria dels quants de Planck per fer les seves investigacions.

Van fer el seu experiment basant-se en els quants de Planck (fotons) que cada fotó té una energia característica que depèn de la freqüència de llum. El procés de fotoemissió diu que si un fotó amb l'energia suficient arriba a un electró, aquest electró guanya aquesta energia i és capaç de saltar del material en el qual estava, però si l'energia del fotó és massa baixa, el fotó passarà desapercebut.



Esquema de l'efecte fotoelèctric

Augmentar la intensitat de la llum no canviarà l'energia dels fotons que hi ha, ja que només canvia el nombre de fotons que s'emeten.

Einstein va estudiar aquest efecte explicant que la radiació seguia la intensitat de la radiació en saber la quantitat d'electrons que saltaven del metall, però en comptes d'això es va adonar la freqüència de la mateixa era proporcional a l'energia que impulsava a aquelles partícules, llavors va veure que era la freqüència la que les deixava sortir no la intensitat.

Llavors Einstein va crear les lleis de l'emissió fotoelèctrica:

1. Per a una determinada freqüència de radiació de metall i incident, el nombre de fotoelectrons (electrons que han sigut excitats per fotons) emesos és directament proporcional a la intensitat de la llum incident.
2. Per a cada metall donat, hi ha una certa freqüència mínima de radiació incident per sota del qual no es pot emetre cap fotoelectró. Aquesta freqüència s'anomena la freqüència de tall, també coneguda com a "freqüència llindar".
3. Per sobre de la freqüència de tall, la màxima energia cinètica del fotoelectró emès és independent de la intensitat de la llum incident, però depèn de la freqüència de la incidència de la llum.
4. El fotoelectró és emès instantàniament, independentment de la intensitat de la llum incident.

També va treure una sèrie d'equacions matemàtiques que pretenen explicar el seu comportament:

1. L'energia mínima que es necessita per treure els electrons del metall es va anomenar W_0 i es calcula amb la següent expressió: $W_0 = h\nu_0$ on h és la constant de Plank i ν_0 és la freqüència.
2. Amb això Einstein va arribar a l'expressió que igualava l'energia que havia de tenir un fotó amb l'energia que necessitava un electró per saltar i l'energia cinètica que tenia l'electró després del salt: $h\nu = h\nu_0 + \frac{1}{2}mv^2$ on m és la massa i v és la velocitat.
3. També va concloure que la quantitat de moviment d'un fotó és: $P = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c}$ on c és la velocitat de la llum

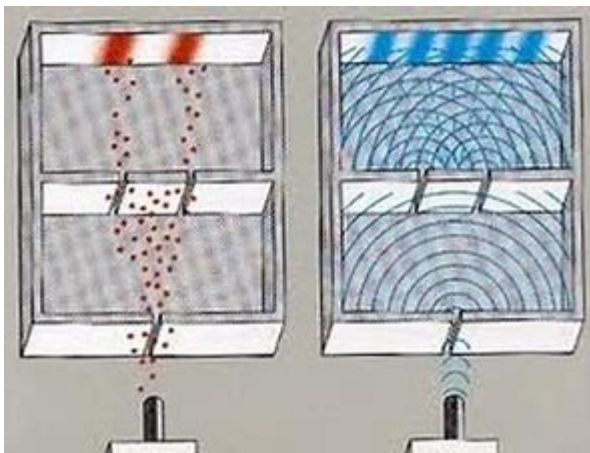
L'efecte fotoelèctric és el contrari als raigs X, ja que l'efecte fotoelèctric indica que els fotons poden transferir energia als electrons mentre que els raigs X (dels quals no se sabia molt per aquella època) eren la transformació d'un fotó de tota o part de l'energia cinètica d'un electró en moviment. Això va ser descobert abans dels treballs d'Einstein i Planck però no es va entendre a aquella època.

Avui dia els descobriments de l'efecte fotoelèctric s'utilitzen per produir energia solar fotovoltaica, cèl·lules fotovoltaiques o materials fotosensibles com el coure o el silici per fer mòbils i dispositius electrònics.

Dualitat ona-corpúscle o ona-partícula

Aquest fenomen és el que tenen de vegades les partícules a escala quàntica. Aquest fenomen es dona quan una partícula es comporta com una ona i com una partícula a la vegada poden comportar-se com una partícula, ja que és un objecte compacte o tenint un comportament típic d'una ona com la interferència. Ara es creu que aquest fenomen és exclusiu de la mecànica quàntica en el qual no hi ha diferències fonamentals entre les partícules i les ones, ja que es poden comportar una com l'altre i viceversa.

Això va ser comprovat experimentalment per al científic Louis-Victor de Broglie, va ser un físic francès de principis del segle XX.



Representació de l'experiment que demostra la dualitat

En la seva tesi doctoral que parlava de la difracció dels electrons va proposar que la matèria també seguia un comportament d'ona (ones de matèria).

Aquesta idea va ser donada suport per la idea que la radiació electromagnètica (llum) tenia una partícula associada (quants o fotons).

El seu estudi defensava que la longitud de l'ona associada a la matèria seguia aquesta expressió: $\lambda = \frac{h}{p}$ on λ és la longitud de l'ona, h és la constant de Planck i p és el moviment lineal de la partícula.

A més a més, l'expressió donada per De Broglie permetia conèixer el moment lineal

dels fotons: $\lambda = \frac{h}{mv} \rightarrow p = \frac{E}{c}$

Espectres d'emissió o absorció

Quan un àtom s'excita amb radiació incident l'àtom emet llum, però ho fa en unes longituds específiques de cada element, això es diu espectres d'emissió que van començar a explicar-se amb el model atòmic de Bohr i es van acabar d'entendre amb el model atòmic de Schrödinger el qual va aconseguir explicar l'espectre d'emissió de tots els àtoms, això és una cosa inexplicable amb la física clàssica.

L'electró excitat puja d'orbital i quan torna a baixar desprèn energia en forma de fotó d'una determinada freqüència i cada àtom té el seu propi color amb el qual es pot identificar.

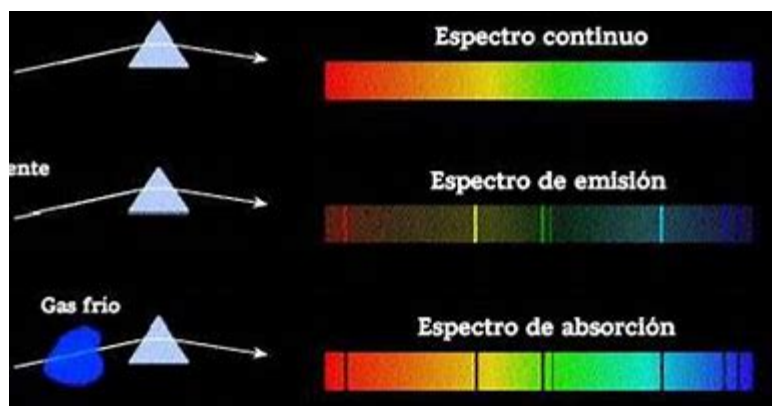
En pujar o baixar un nivell de l'orbital capta o emet un fotó provocant aquest efecte amb una determinada freqüència i això explicaria els espectres d'emissió i d'absorció.

Schrödinger va donar l'expressió següent per demostrar tot això:

$$\Delta E = hf$$

On ΔE és l'energia que es necessita per canviar d'orbital sigui pujant o baixant (emetent o absorbint).

Això serveix per saber quins elements químics té un material o per analitzar la composició d'un planeta que està a bastant distància.



Exemple d'espectre d'emissió i absorció

Teoria de la relativitat

Hi ha dos tipus que seria la relativitat especial i general. Però en aquest treball només estudiarem la teoria de la relativitat especial.

Va ser creada per mesurar la velocitat de la terra respecte a l'èter (sobretot al segle XIX).

Amb els resultats de l'experiment de Michelson-Morley es va trobar que la terra i l'èter no tenia cap relació respecte al moviment relatiu a la terra. Per tant es van treure dues conclusions:

L'èter no és real i per tant mai ha existit

La llum recorre espais a una velocitat (c) que no es poden aplicar les lleis de Galileu

Teoria de la relativitat especial

Aquesta teoria intenta explicar la quàntica quan hi ha sistemes amb moviments uniformes en les partícules.

Aquesta és la teoria en la qual es nega definitivament l'existència de l'èter gràcies a Einstein i Michelson i Morley.

Les lleis que van aplicar en aquesta teoria van ser:

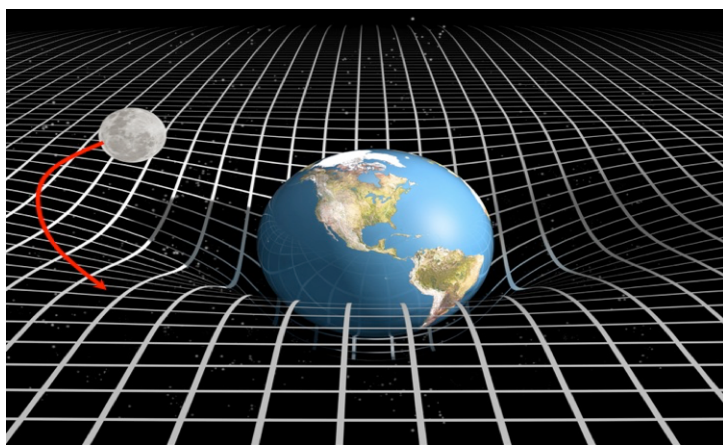
El principi d'equivalència o primer postulat: Els sistemes inercials són propis de la física i les seves lleis els donen per correctes, però no es pot deduir res a través d'un sistema o un altre.

Segon postulat: La velocitat de la llum és una constant universal que no varia per a tots els observadors inercials. També deia que la velocitat de la llum (c) sent independent de la velocitat relativa que pot portar un observador en el seu sistema de referència, contradiu sempre les lleis de Newton i per això té altres conseqüències en l'espai i el temps. Amb això es pot demostrar que el temps és relatiu i es pot deduir amb una expressió matemàtica:

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

Que expressa que un període en un rellotge en moviment de l'observador és $\Delta t'$ és més llarg que el període quan un cos no està en moviment Δt en el mateix rellotge.

Això demostra la dilatació temporal i és present a la nostra vida, però no es pot percebre, ja que és molt petita.



Curvatura de l'espai-temps

Les transformacions d'Einstein-Lorentz

En dos successos a una certa distància són simultanis en un sistema de referència S' vol dir que no són simultanis en qualsevol sistema S que es mogui respecte al primer i així es van demostrar que el temps es dilata en els sistemes en moviment i que la longitud s'escurça per un objecte en moviment.

Quan la velocitat v és molt més petita que la velocitat de la llum, es duen a terme dos processos que són el de la dilatació temporal i el de dilatació longitudinal o contracció de Lorentz (vol dir que el camí es fa més curt a quanta més velocitat viatgis).

La demostració de la dilatació temporal ja l'he fet a dalt i la de la dilatació longitudinal és:

$$L = L_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

On L és la longitud pròpia i l'arrel és el factor de Lorentz.

Equivalència entre massa i energia

Amb aquests descobriments es van assentar les bases de la física quàntica i va servir de començament per la física moderna. També es va descobrir que la massa depenia del moviment, ja que en observadors diferents un cos en repòs i un en moviment tenen diferent massa i que un cos anava guanyant massa quan estava en moviment definit per la següent expressió:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Amb aquest descobriment Einstein va aconseguir fer una relació entre l'energia neta que té un cos i la seva massa, així com la conversió de la massa en energia i a l'inrevés, donat per l'expressió següent (això quan està en moviment):

$$E = mc^2$$

Per això hi ha dues equacions una per l'equivalència de la massa i l'energia quan està en repòs:

$$E = m_0 c^2$$

Amb això s'extreu la demostració del fet que no es pot calcular l'energia cinètica com quan hi ha velocitats relativament baixes que seria aquesta expressió:

$$E_{\text{cinètica}} = \frac{1}{2} m_0 v^2$$

I l'expressió per la teoria relativista del càlcul de l'energia cinètica total és la resta de l'energia cinètica quan no està en repòs menys l'energia cinètica de quan està en repòs.

$$E_k = E - E_0$$

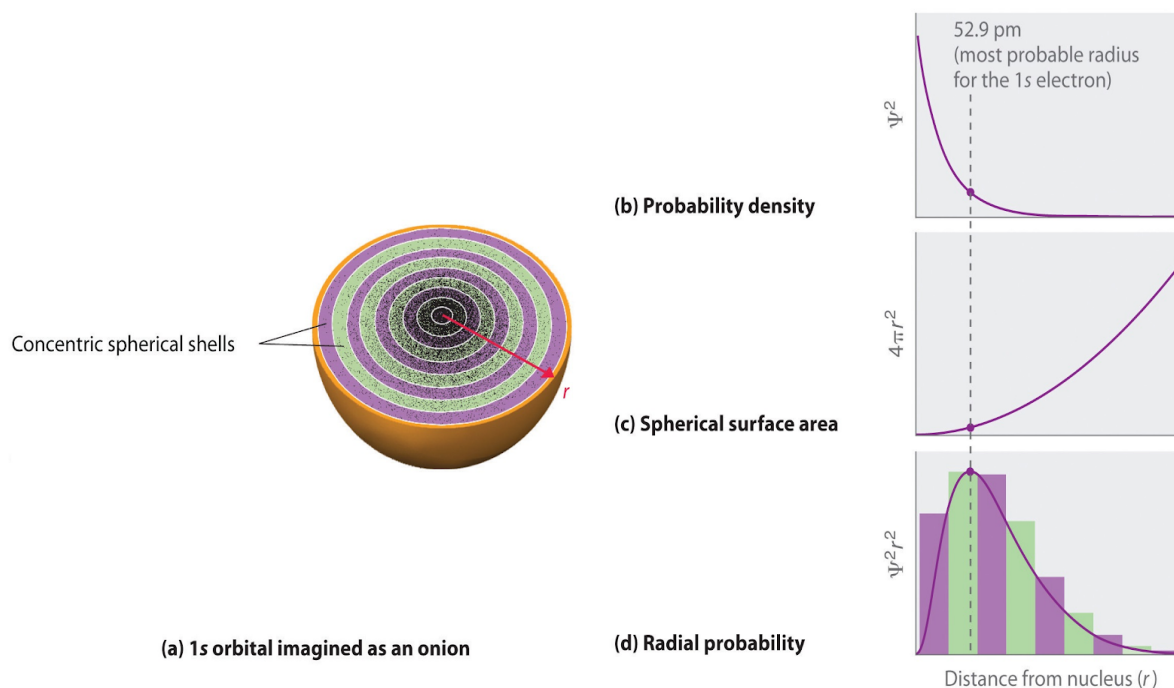
Mecànica quàntica

Principi d'incertesa

Aquest va ser un dels primers principis de la física quàntica formulat per Werner Heisenberg que va demostrar que no és possible saber dues magnituds físiques a una partícula en moviment amb una exactitud molt alta.

Es va recolzar en la demostració de Erwin Schrödinger l'any 1926 que introduïa el concepte de funció d'ona que ens permet saber amb quasi total seguretat on estava un electró a l'espai al voltant d'un nucli de l'àtom el terme que donava aquest descobriment se'l va posar el símbol: ψ .

Això va ser conseqüència directa del seu nou model atòmic que parla de la probabilitat de la residència d'un electró (funció d'ona).



Estudi de les zones de probabilitat d'on trobar un electró

Per això l'experiment es va fer i el més comú és fer-ho amb la posició i la quantitat de moviment, on s'adonaven que quan un tenia molta precisió a la seva mesura l'altre disminuïa la precisió i viceversa. Va aconseguir l'expressió següent:

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{2\pi}$$

On Δx és la incertesa de la posició i Δp és la incertesa de la quantitat de moviment.

Això trenca el determinisme quàntic (la capacitat de determinar una magnitud a la física quàntica), ja que per mesurar una de les dues coses has d'enviar un fotó que tingui o molt poca freqüència i una longitud d'ona molt gran per saber a quina quantitat de moviment té (s'envia aquest per no modificar la quantitat de moviment massa, però has de buscar un electró a una longitud molt gran i no hi ha tanta probabilitat de trobar-lo). En canvi si volem calcular la posició, hem d'enviar un fotó amb molta freqüència i amb poca longitud, però com té molta freqüència modifica molt la quantitat de moviment de l'electró.

L'equació de Schrödinger

Els objectes deixen de ser partícules per començar a representar-se com ones de matèria que indica la probabilitat de trobar la partícula en una posició determinada en un cert instant. Per això només podem saber la probabilitat que una determinada magnitud tingui un cert valor com la posició.

Descriu l'evolució temporal d'una partícula subatòmica massiva d'una ona i naturalesa no relativista.

Hi ha dues equacions, l'equació de Dirac que és l'equació que va precedir a la de Schrödinger, ja que ell la va fer i Schrödinger la va millorar, ell va fer dues equacions una que depenia del temps i una altra que no, però avui dia la fórmula ha anat millorant i avui dia s'utilitza amb una altra expressió.

En la mecànica quàntica, l'estat instant t d'un sistema és descrit per un element $|\Psi(t)\rangle$ de l'espai complex de Hilbert utilitzant la notació de Paul Dirac.

L'evolució del temps de $|\Psi(t)\rangle$ se descriu per l'equació de Schrödinger:

$$i\hbar \frac{\partial \Psi(t, \vec{r})}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi(t, \vec{r}) + V(\vec{r}, t) \Psi(t, \vec{r})$$

on $i\hbar$ és la unitat imaginària, $\hbar$ és la constant de Dirac (constant de Planck entre 2), r és l'observable de la posició, p és l'observable de l'impuls i v és l'energia potencial.

Amb això es pot explicar el gat de Schrödinger (un gat que està viu i mort perquè fins que no obres la caixa no saps si està viu o està mort) s'explica perquè no existeix el determinisme, ja que segons Schrödinger com no podem saber on era l'electró fins que ho calculem i no hi ha un valor determinat on segur que està, es pot dir que estan superposats i està allà i no està a la vegada fins que ho miris i sabràs si hi és o no.

1.3 Fonaments de la radioactivitat

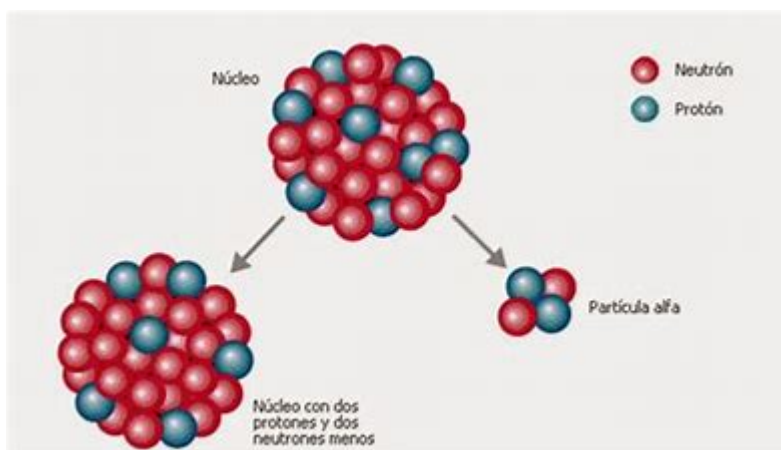
Tipus i classificacions de la radioactivitat

Hi ha dos tipus de materials radioactius:

Naturals: Els elements de la natura que tenen un nombre de protons major a 83, ja que expulsen nuclis d'Heli per baixar el seu nombre atòmic i aconseguir estabilitat, ja que si té més de 83 protons al nucli de l'element encara que sigui creat de la natura és radioactiu, ja que no és estable i per això expulsa radiació per descarregar-se de protons i així ser estable.

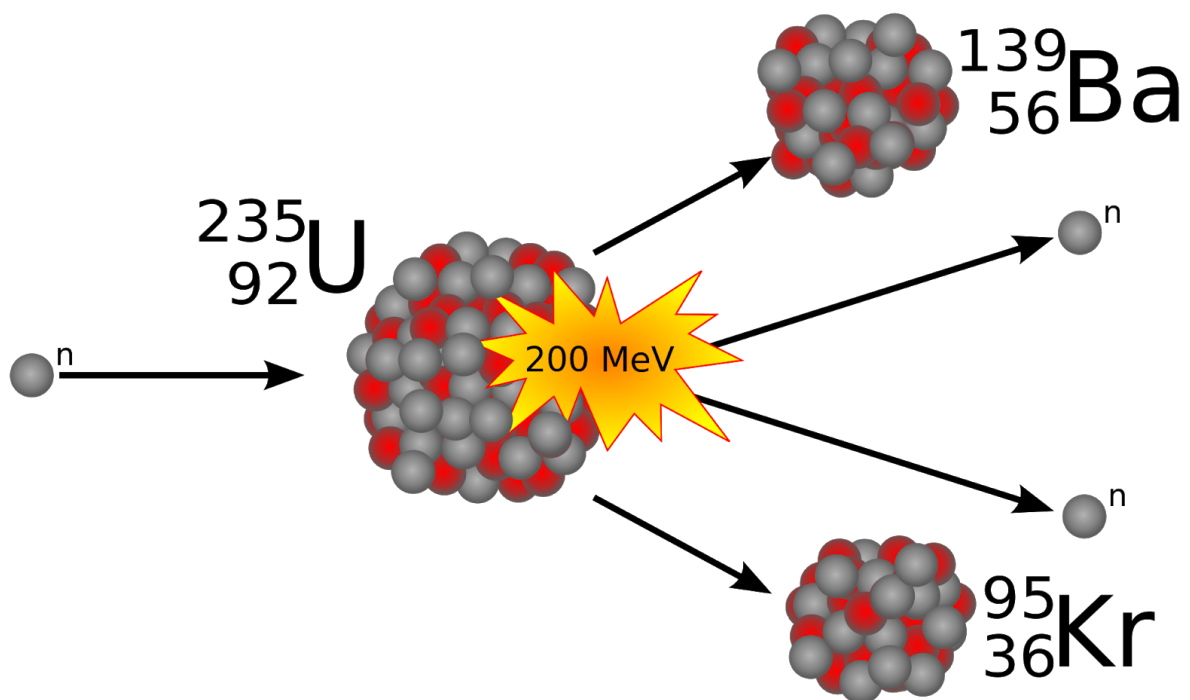
Per això els elements de després del bismut són radioactius naturals i van baixant el nombre atòmic fins a tenir el nombre atòmic del Pb, ja que el plom és molt estable.

Quan els elements d'una sèrie radioactiva s'acumulen, s'arriba a un estat estacionari en el qual la velocitat de desintegració d'un element és igual a la velocitat de desintegració de l'element següent, és a dir, que va transformant-se en l'element anterior de manera que el temps de desintegració de l'element anterior ja no és el que era sinó que com el nombre atòmic és el d'un altre element el temps de desintegració també és de l'element anterior i això es diu equilibri radioactiu.



Esquema de la desintegració d'un àtom

Artificial: Els elements que són producte de la fissió nuclear, la qual trenca un element en altres més petits provocant isòtops en aquells elements més petits i amb la formació d'isòtops amb nombre atòmic més gran que 83 també han de passar per aquesta fase de llençar radiació alfa per tal de ser estables, a més quan hi ha una sobrecàrrega de protons en un nucli els protons en tenir la mateixa càrrega s'allunyen i per tal de compensar la repulsió de Coulomb s'han d'afegir més neutrons (la llei de Coulomb diu que com més partícules de la mateixa càrrega estiguin molt juntes la repulsió que hi haurà entre elles serà inversament proporcional a l'energia de la càrrega que porten).



Esquema de la fissió nuclear

Amb un element al qual s'afegeixen neutrons i ja és un isòtop vol dir que augmenta el nombre màssic i per tant canvia d'element, ja que s'ha modificat la seva estructura interna i essent un element sobrecarregat de protons (més de 83) quan agafa un neutró s'ajunten els neutrons necessaris i els protons necessaris per formar un nucli d'heli i per tant començar a expulsar radiació alfa.

En tots dos casos hi ha 3 tipus de radiació:

Radiació alfa o partícules alfa: És un nucli d'heli (dos protons i dos neutrons) i estan carregats positivament, ja que només tenen la càrrega dels protons i és positiva. Com tenen

càrrega poden ser desviats per qualsevol camp magnètic i elèctric, són poc penetrants però tenen una capacitat d'ionització bastant gran.

Aquest tipus de radiació és emesa per nuclis d'elements pesants al final de la taula periòdica (Massa $A > 100$). Aquests nuclis tenen molts protons i la repulsió elèctrica és molt forta (com va predir Coulomb), pel que tendeixen a obtenir N aproximadament igual a Z , i per això s'emet una partícula alfa. En el procés es llança molta energia, que es converteix en l'energia cinètica de la partícula alfa, de manera que aquestes partícules surten a velocitats molt elevades, però és la radiació que menys velocitat té (1/20 vegades la velocitat de la llum), ja que en ser un nucli d'Heli és bastant pesat i és necessària més força per variar la velocitat d'aquest tipus de radiació per això és poc penetrant, ja que és una partícula gran i viatja a una velocitat elevada però no perillosa perquè els éssers vius poden resistir bastant bé aquesta radiació, ja que no és molt energètica i menys d'un metre d'aire o un full de paper són capaços d'aturar-la.

Radiació beta o desintegració beta: Són electrons (càrrega negativa) o positrons (càrrega positiva) resultants de la desintegració de neutrons o protons quan el nucli no és estable. Com té càrrega pot ser desviat per camps magnètics i és més penetrant que l'anterior perquè té més velocitat (quasi la velocitat de la llum) i és més gran però té menys capacitat d'ionització. Quan s'allibera una partícula de radiació beta es guanya o es perd un protó canviant el seu nombre atòmic.

Hi ha dos tipus d'aquesta radiació, el que surt espontàniament un electró (radiació beta -) o en el que de la desintegració d'un protó es forma un neutró i un positró carregat i amb energia cinètica per sortir de l'àtom (radiació beta +) però en aquest últim cas s'aporta una captura electrònica (això només succeeix en els nuclis amb excés de protons), la qual capta un electró de la superfície electrònica per aconseguir un altre protó i per això en la radiació beta pot perdre o guanyar un protó.

Encara que té major capacitat de penetració també és fàcil aturar-la, ja que amb uns quants mil·límetres de paper d'alumini ja no passa i estarem protegits.

Radiació gamma: Aquesta radiació és diferent de les altres, ja que són ones electromagnètiques que no tenen massa i per tant és energia amb una capacitat de penetració increïble, ja que no té massa i viatja a la velocitat de la llum, és la més perillosa.

Com és energia que sobra del nucli per arribar a un estat d'energia més baix és molt energètic i és capaç de ficar-se per entremig dels àtoms com els fotons (llum però no es

veu, ja que és una longitud d'ona molt curta i els humans no la podem percebre per la vista) i per això es necessiten moltes capes de material per protegir-se, per exemple en el cas del plom es necessitarien uns quants centímetres de plom o alguns metres de formigó.



Esquema de la formació de diferents radiacions

Explicació les lleis de la desintegració

Les lleis de desintegració radioactiva diuen que:

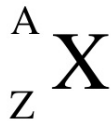
Les substàncies que no tenen un equilibri correcte entre protons o neutrons són generalment radioactives. Quan el nombre de neutrons és excessiu o massa petit en relació amb el nombre de protons, es fa més difícil per a la força nuclear forta, a causa de l'efecte de l'intercanvi de ions, per mantenir-los junts. Finalment, el desequilibri es corregeix alliberant neutrons sobrants o protons, en forma de partícules que són en realitat nuclis d'heli, partícules, que poden ser electrons o positrons i la radiació gamma s'allibera perquè el nucli té massa energia, s'allibera per baixar d'energia i arribar a ser més estable, ja que el més estable és el que té poca energia.

Quan s'allibera radiació segueix sempre aquestes regles matemàtiques:

Quan un àtom emet una partícula alfa el nombre màssic disminueix 4 unitats i el nombre atòmic baixa en 2 unitats.

Quan un àtom emet una partícula beta el seu nombre atòmic puja o baixa en una unitat, però el nombre màssic no canvia.

Quan un nucli excitat emet radiació gamma, no varia cap nombre, només canvia l'energia que l'àtom té i perd una energia igual a $h\nu$ (h és la constant de Planck i ν és la freqüència de la radiació).



A = number of protons + number of neutrons

Z = number of protons

A – Z = number of neutrons

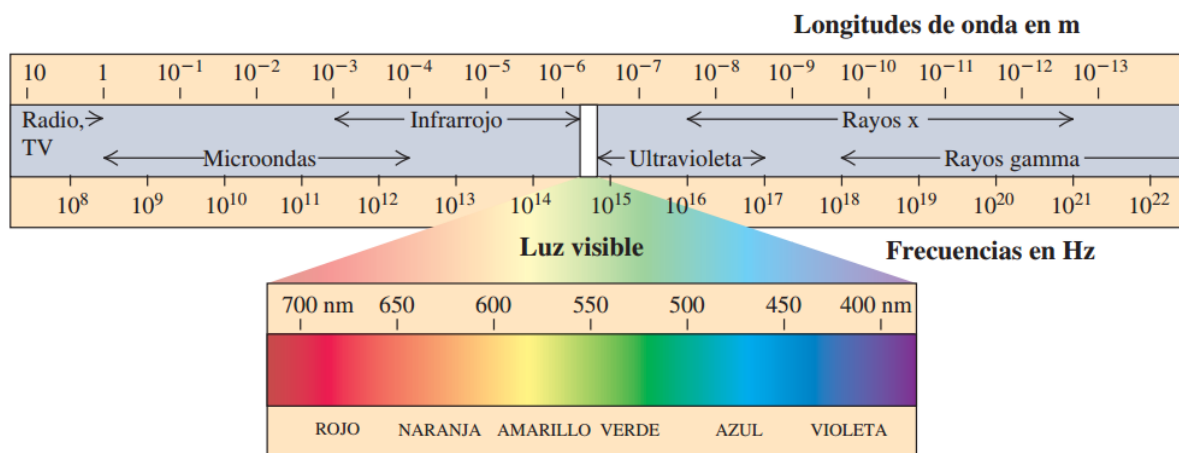
Number of neutrons = Mass Number – Atomic Number

Esquema de l'estudi d'un àtom

La radiació dels fotons

Hi ha molta radiació però la dels fotons són ones, ones electromagnètiques i totes les radiacions que estan per sota en freqüència dels fotons que tenen la freqüència de la llum visible no són perjudicials per a la salut i tenen diferents tipus d'aplicacions. Es divideixen en 7 tipus i estan classificats depenent de la longitud d'ona que porten, ja que com més longitud menys perillosa és i com més freqüència més perillosa. Els fotons fins a 30 mm de longitud són ones de ràdio, de 30 mm-1 mm són microones, 1 mm-700 nm és la llum infraroja, 700 nm-400 nm, 400 nm-10 nm és llum ultraviolada, 10-0,01 nm són rajos X i de 0,01 nm i menys són els rajos gamma.

Tots els cossos emeten radiació en forma de fotons però nosaltres no la podem percebre com la infraroja que hi ha dispositius que la mesuren depenent de la quantitat de calor hi hagi a un objecte o individu, les d'ones de ràdio que serveixen avui dia per les telecomunicacions a través de tot el món i gràcies a això avui dia tenim telefonia mòbil, televisió, ràdios, etc. les microones que s'utilitzen per al microones per exemple, la llum visible que és el que nosaltres veiem, la ultraviolada que serveix per posar-se moreno, ja que produeix melamina, els rajos X que serveixen per fer radiografies, ja que travessen la pell i es pot veure com està un determinat òrgan o els ossos i finalment els rajos gamma que són la conseqüència directa dels elements radioactius.



Esquema de la radiació electromagnètica que existeix per Longitud d'ona i Freqüència

2. Aplicacions mèdiques que tenen de base la física

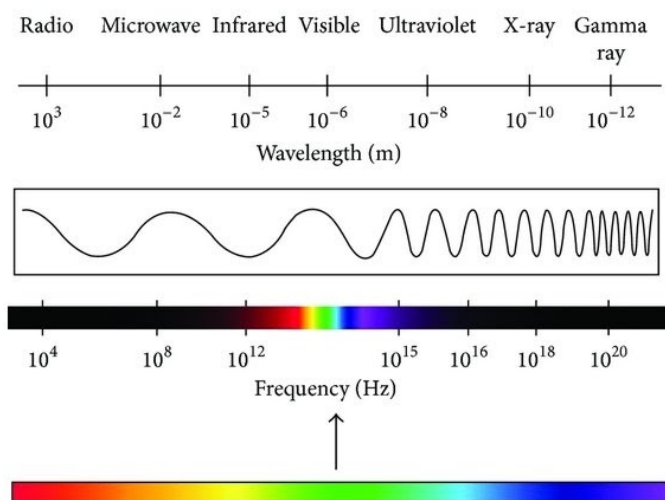
2.1 Informació sobre la diagnosi amb física

Introducció

Hi ha moltes maneres de diagnosticar les malalties o els perjudicis del nostre cos com podria ser un os trencat. Per diagnosticar aquestes ferides normalment s'utilitza una fotografia amb raigs X, però també hi ha més maneres de diagnosticar-la com: ultrasons, ressonàncies magnètiques, etc.

Diagnosi per raigs X

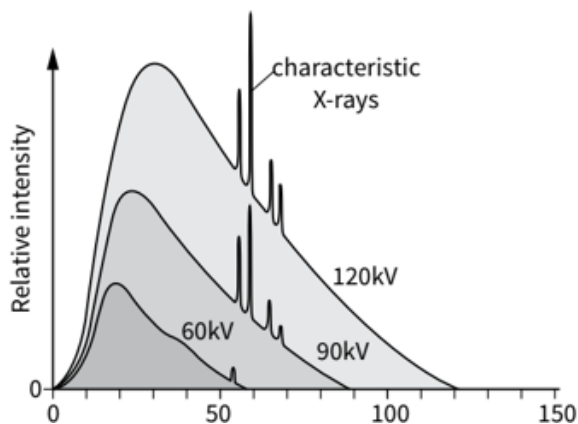
El primer mètode de diagnosi que explicarem és el més conegut per tots i que s'utilitza moltes vegades quan hi ha dolors en ossos o per determinar l'estat de diverses estructures. Aquest són els raigs X que són una part de l'espectre electromagnètic corresponent a 10^{-8} m fins a 10^{-13} m i tenen unes característiques molt semblants als raigs gamma.



Espectre electromagnètic

La principal diferència és la manera en la qual aquests raigs es creen, ja que els raigs X són creats quan els electrons que es mouen amb molta velocitat frenen molt de pressa i com no hi ha pèrdua d'energia l'energia cinètica que surt es transforma en fotons de molt baixa longitud d'ona i molta energia, aquests fotons són els raigs X. En canvi els raigs gamma es creen quan un element radioactiu decau i és la conseqüència del fet que sigui radioactiu, normalment aquesta radiació va acompanyada de radiació alfa i beta, el que la fa més perillosa.

S'utilitzen els raigs X en comptes dels gamma perquè es poden crear a la màquina de raigs X i es pot manipular l'energia d'aquests fent que no siguin perjudicials, aquests raigs X atenuats es diuen comunament (raigs X suaus o soft x-ray).



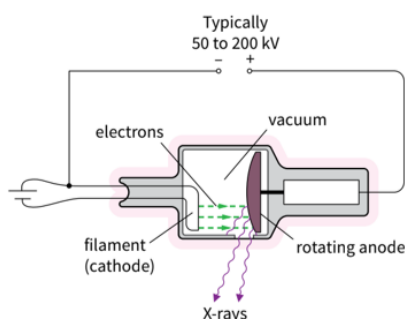
Espectre d'energies vs. keV

Per calcular quina és l'energia d'aquests raigs s'aplica la següent fórmula. Ens dóna l'energia multiplicant la constant de Planck (h) i la freqüència de l'ona (f).

$$E = hf \rightarrow f_{max} = \frac{E}{h}$$

Tota l'energia que surt és mesurada en eV, aproximadament 1 electronvolt són $1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.

La màquina de raigs X està formada per un tub de raigs X que forma els raigs i passen a través del pacient que està sota la màquina.



Esquema d'una màquina de raigs X

Aquesta màquina té 2 parts principals que són:

Càtode: És el filament calent on s'emeten electrons.

Ànode: L'ànode és rotatori i està fet de materials durs, normalment tungstè (metal objectiu)

D'aquestes dues parts surten els raigs X, surten cap a totes les direccions però tot està recobert de materials que no deixen passar aquests raigs menys un cristall bastant prim que els deixa passar per fer la radiografia al pacient.

Un altre factor que s'ha de tenir en compte és la utilització de l'energia suficient de raigs X perquè els raigs X traspassin amb facilitat el cos i no siguin absorbits per aquest perquè si el cos els absorbeix sí que podria tenir repercussions a la nostra salut. Per això hem d'aconseguir un equilibri entre suaus i potents, prou perquè passin sense problemes però no tinguin suficient energia per modificar l'ADN de les cèl·lules per les quals passen.

Quan aquests raigs passen pels materials i disminueix la seva intensitat com a ona es diu que s'han atenuat i és el que passa quan els raigs passen pels ossos i aquests els absorbeixen.

Les fotografies d'ossos tenen una escala de 2 colors, perquè la càmera que hi ha per detectar els raigs que passen els capten amb un color fosc i on no els capten és més clar, això és perquè totes les cèl·lules del nostre cos absorbeixen aquest tipus d'energia, però els teixits dels ossos les absorbeixen millor, absorbint la major part de la radiació fent que es vegi blanc on estan els ossos.



Exemple radiografia

Per calcular la intensitat que queda després que passi pel nostre cos s'utilitza una senzilla expressió per calcular-la:

$$I = \frac{P}{A}$$

On la P és la potència i A és l'àrea transversal normal a la radiació. La divisió d'aquests dos valors dona com a resultat la intensitat amb la qual queda després d'haver transpassat el nostre cos. Les seves unitats són Wm^{-2} .

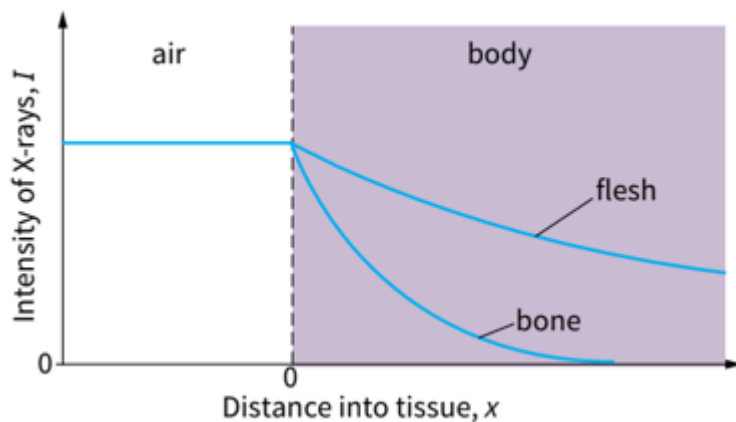
La variació d'intensitat va baixant dividint entre dos l'energia inicial per cada cm d'obstacle del mateix material que posem en mig: $(1; \frac{1}{2}; \frac{1}{4}; \frac{1}{8} \dots)$

També es pot escriure amb l'expressió següent:

$$I = I_0 - e^{-\mu x}$$

On I_0 és la intensitat al principi, x és la duresa del material i μ és el coeficient d'absorció de radiació del material.

En el següent gràfic es veu la intensitat dels raigs X que absorbeix el cos humà quan es fa una radiografia.



Gràfica intensitat dels raigs X vs. Distància recorreguda al cos

Han millorat molt les imatges amb raigs X des de les primeres que es van fer, les principals prioritats per millorar-la van ser:

- Reduir la perillositat dels raigs X
- Augmentar la qualitat de la imatge
- Diferenciar el tipus de teixits que surten a la foto

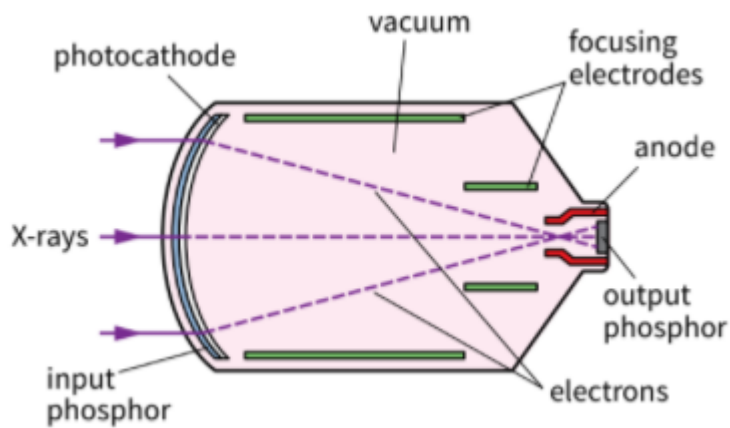
El primer punt el van aconseguir fent una dosi ideal per a cada pacient que no fos molt elevada i així treure una fotografia. Encara que la fotografia tingués menys qualitat.

Això ho van intentar, ja que els raigs X són radiació ionitzant i pot fer que es formin tumors i fer malbé un òrgan.

Van reduir la dosi de cada pacient però van perdre molta qualitat a la imatge per això van començar a utilitzar un amplificador de la imatge, és a dir, la radiació que traspasa s'amplifica i hi ha més radiació, amb això aconseguim que la fotografia no perdi qualitat encara que enviem menys radiació per això les radiografies són totalment segures si no et fas moltes en un període de temps curt.

A la màquina de raigs X es va afegir l'amplificador d'imatge on els raigs X entrants, que surten del càtode, xoquen una pantalla de fòsfor, produint fotons de llum visibles. Aquests emeten electrons (per l'efecte fotoelèctric) del càtode. Els electrons s'acceleren i se centren

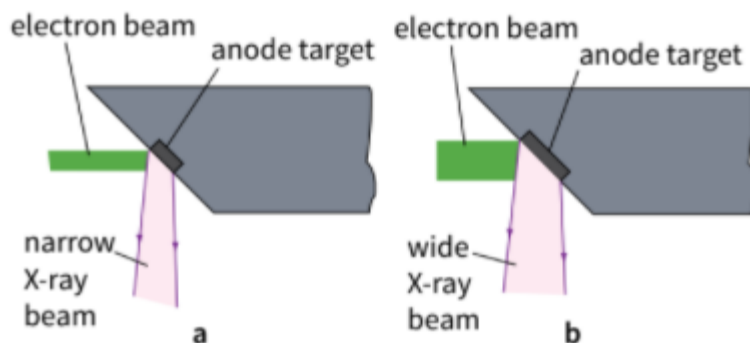
a l'ànode carregat positivament perquè xoquin a una pantalla, que després dona llum visible que és recollida per una càmera i la mostra a l'ordinador.



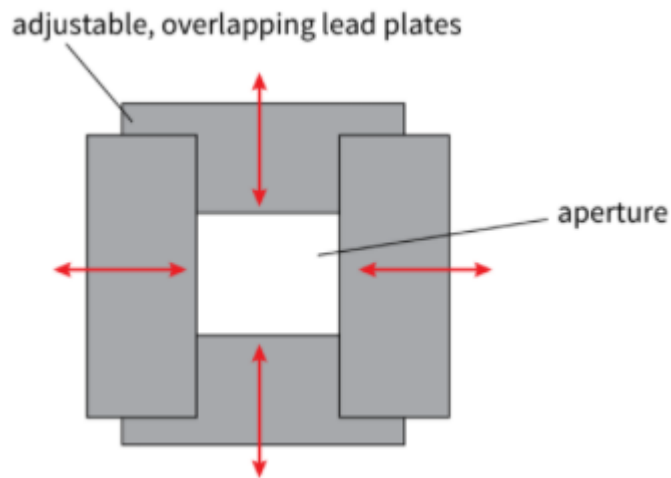
Esquema de l'amplificador de raigs X

El segon problema el van solucionar canviant diverses coses de màquina de raigs X perquè la imatge que aconseguia la màquina de raigs X no era nítida.

Van veure que la nitidesa de la imatge la donava l'amplada del feix d'electrons i l'objectiu que colpeja. Per aconseguir això van canviar la mida de l'obertura a la finestra de sortida que es pot fer amb plaques de plom ajustables, perquè els raigs X no traspassin aquesta barrera de plom fent que l'amplada es reduís o augmentés depenent del que volien a la radiografia.

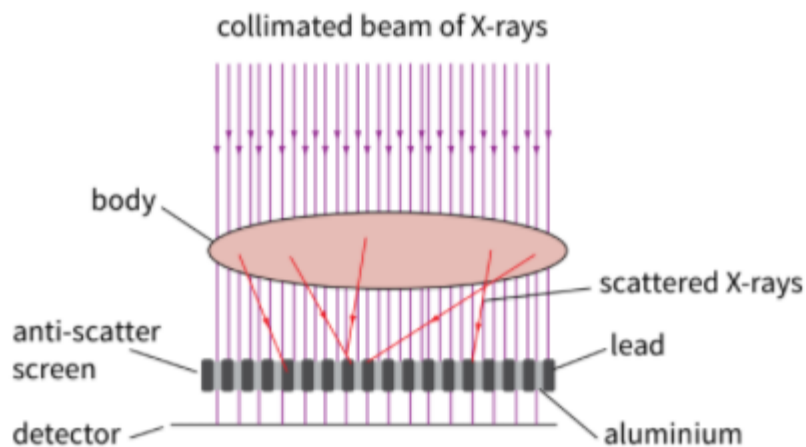


Esquema de l'amplada dels raigs X



Esquema de les plaques de plom ajustables

El tercer problema es va solucionar gràcies al fet que van posar una pantalla antidispersió per absorbir els raigs que s'anaven a dispersar el que faria que la imatge no es veiés nítida i van aconseguir veure tots els diferents tipus de teixits que hi ha en la fotografia de la determinada part del cos.



Esquema representatiu de la pantalla antidispersió funcionant

Aquest problema era especialment important perquè sense saber quin tipus de teixit era el que s'estava diagnosticant el doctor podia donar-te una diagnosi errònia.

Diagnosi per tomografia axial computaritzada

Aquesta va ser una alternativa per la clàssica imatge de raigs X perquè només es poden veure en dues dimensions, per aquest motiu es va crear la tomografia axial computaritzada.

Aquesta tecnologia funciona amb raigs X però és capaç de veure les parts del cos en 3 dimensions.

El pacient es troba en un anell vertical de detectors de raigs X. El tub de raigs X gira al voltant de l'anell, exposant al pacient a una biga en forma de admirador de raigs X des de totes les direccions.

Llavors els detectors davant del tub enviar registres electrònics a un ordinador, el Software construeix un sistema d'imatge tridimensional del pacient amb això el radiografat pot veure imatges de llesques a través del pacient a la pantalla de l'ordinador.

Realment la tomografia axial computeritzada és el mateix que una fotografia de raigs X però con els raigs van girant tota l'estona treu moltes fotografies i amb la perspectiva de diferents angles treu fotos que es superposen i el ordinador les procesa en 3D per veure amb més precisió la zona que es volem veure.

Aquest tipus de tecnologia s'utilitza molt en imatges per veure ossos sencers grans i imatges del cervell amb molta precisió, perquè aquesta tecnologia té menys radiació que la màquina de raigs X i es pot veure el cervell amb tot detall i sense fer-li mal, s'utilitza molt per fer fotografies del cervell i veure si hi ha algun tipus d'anomalia com tumors.



Exemple de tomografia axial computeritzada del cervell

Ultra sons a la medicina (ultrasounding)

A la medicina també s'utilitzen ultrasons per diagnosticar diverses coses, per exemple la ecografia que es fa a les dones embarassades està fet amb ultrasons que traspasen la pell fent que es vegi la nova criatura.

Per fer aquest tipus de pràctiques s'empren ones de 2 MHz- 20 kHz, una freqüència d'ona molt elevada que és capaç de traspasar la pell, amb aquesta freqüència es poden veure coses de fins a 1 mm de longitud, com és una freqüència d'ona relativament petita la seva

és poc energètica el que fa a aquesta pràctica totalment segura i capaç de captar imatges infinitament petites, només amb ultrasons.

Aquest mètode de diagnosi és molt segur per als humans perquè només utilitza sons i són sons que nosaltres no podem percebre per això és un mètode molt segur. A més s'utilitza una freqüència molt gran que provoca que tingui bastant energia però sense arribar a ser perillosa, ja que si parlesim de ones electromagnètiques tindria una freqüència semblant a la de les microones, les quals no són perjudicials per la salut.

Per calcular la freqüència d'ona fem l'equació de la velocitat d'una ona segons la relativitat i aïllem la longitud d'ona:

$$v = h\gamma \rightarrow \gamma = \frac{v}{h}$$

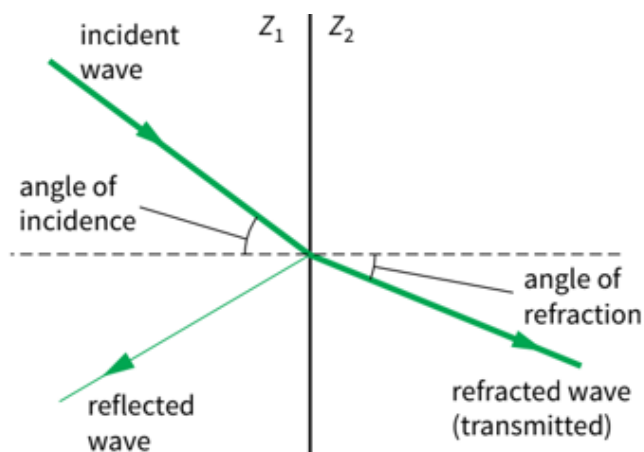
Amb aquestes equacions substituïm amb la velocitat del so en el cos humà (la velocitat del so són 330 m/s però quan hi ha matèria l'ona es propaga per aquest espai més ràpid) 1500 m/s i la freqüència de 2 MHz dona:

$$\gamma = \frac{1500}{2 \cdot 10^{-6}} = 7,5 \times 10^{-4}$$

Echo sounding

El principi d'un ultrasò escanejat és dirigir l'ecografia onades en el cos. Aquests passen per diversos teixits i es reflecteixen parcialment en cada límit on hi hagi canvis de velocitat de l'ona. Les ones reflectides es detecten i s'utilitza per construir una imatge interna del cos.

El feix està parcialment refractat (és a dir, la biga transmesa ha canviat de direcció) i parcialment reflecteix. Aquest diagrama ha de recordar el camí en què un raig de llum és refractat i reflectit quan es colpeja el límit entre dos medis. És el canvi en velocitat que provoca la refracció d'una ona.



Representació gràfica de la refracció de l'ona

Per a l'ecografia, ens interessa la fracció de la intensitat d'incidents d'ultrasò que es reflecteix en el límit. Això depèn de la impedància acústica Z de cada material. Aquesta quantitat depèn de la densitat ρ i la velocitat del so c en el material. Impedància acústica es defineix de la següent manera:

impedància acústica = densitat × velocitat del so en el material

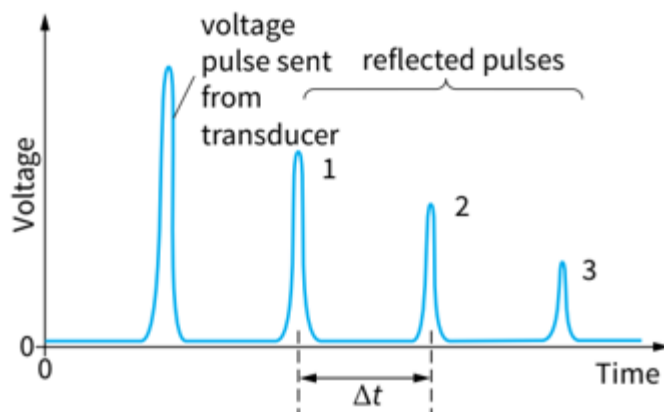
$$Z = \rho c$$

Ultrasound scanning

Hi ha diversos tipus diferents d'ecografia que s'utilitzen en la pràctica. Per il·lustrar els principis bàsics, es concentrarà en l'A-Scan (escàner A) i el B-scan (escàner B).

A-Scan: Aquest és el tipus més simple d'exploració. Un pols d'ultrasons és s'envien al cos i es detecten els "ecos" reflectits i es mostra en un oscil·loscopi o pantalla d'ordinador com un gràfic de voltatge vs. temps.

Un generador de pols controla el transductor d'ultrasò. També està connectat a la base de temps de l'oscil·loscopi. Simultàniament, el generador de pols provoca un pols de l'ecografia que viatja al pacient i inicia un rastre a la pantalla. Cada reflex parcial de l'ecografia es detecta i apareix com un pic a la pantalla.



Gràfic Voltatge vs. temps

L'horari Δt és el temps per l'ecografia per viatjar dues vegades el gruix de l'os. Finalment, el pols 3 és el reflex del múscul-límit. El gruix de l'os pot ser determinat a partir d'aquest A-Scan. Interval de temps entre els pulsos 1 i 2 = Δt

Per calcular el gruix de l'os s'aplica la fórmula següent:

$$\text{Gruix de l'os} = \frac{\text{Distància recorreguda per l'ultrasò}}{2} = \frac{c\Delta t}{2}$$

B-scan: L'ecografia el transductor es desplaça a través del cos del pacient a l'àrea d'interès. La seva posició i orientació estan determinades per petits sensors que s'hi ajunten.

Imatges de resonància magnètica (MRI)

Pot proporcionar imatges (incloent imatges en moviment) de l'interior d'un pacient. Ho fa sense dependre de l'exposició de pacients a radiacions ionitzants com els raigs X; més aviat, es basa en el fet que alguns nuclis atòmics es comporten com imants petits en un camp magnètic extern.

Com en l'escaneig de CT, l'escaneig de MRI implica radiació electromagnètica, en aquest cas de radiofreqüència d'ones electromagnètiques. El pacient es troba en un llit en un camp magnètic fort, les ones de radiofreqüència s'envien el seu cos, i les ones de radiofreqüència que sorgeixen són detectades. A partir d'aquí es pot construir una imatge dels interiors del pacient per ordinador

Principis de ressonància magnètica nuclear. Els nuclis de certs àtoms tenen una propietat anomenada spin, i això fa que es comporti com imants minúsculs en un camp magnètic. En MRI, en general els nuclis d'hidrogen àtoms que s'estudien, ja que els àtoms d'hidrogen són presents en tots els teixits. Un nucli d'hidrogen és un protó té càrrega positiva. Perquè gira, es comporta com un imant petit amb extrems N i S.

Aquest tipus d'escàner funciona gràcies a que un protó no s'alinea directament al llarg del camp extern. A la pràctica, el seu eix magnètic gira al voltant del camp extern, com l'eix d'una baldufa. Aquesta acció de rotació o de gir es coneix com precessió.

Es pot calcular la freqüència d'aquesta precessió amb la fórmula següent:

$$f_0 = \frac{\gamma B_0}{2\pi} = \frac{2.68 \times 10^8 \times 1.5}{2\pi} = 64 \text{ MHz}$$

On γ és el radi giromagnètic del nucli que en el cas dels protons és $2.68 \times 10^8 \frac{\text{rad}}{\text{s T}}$ i B_0 és el flux de la densitat electromagnètica.

Aquesta freqüència correspon a la radiofreqüència, és a dir, la freqüència de més baixa energia en l'espectre electromagnètic i aquest és el motiu per el qual aquesta pràctica és molt més segura que la tomografia o una radiografia amb raigs X.

Cal recordar que la ressonància requereix un sistema amb una freqüència natural de vibració quan s'estimula amb energia de la mateixa freqüència, absorbeix l'energia. En MRI, els protons que estan sobre el camp extern estan exposats a una gran quantitat de radiofreqüències de les quals equivalen a la freqüència de precessió. Cada protó absorbeix

un fotó d'energia de radiofreqüència i es llança a l'estat de l'energia superior; això és la ressonància magnètica nuclear.

Aquest dispositiu funciona amb un gran imant superconductor que produeix el camp magnètic extern (fins a 2,0 T) necessari per alinear els protons. Imants superconductors es refreden a 4.2 K (– 269 °C) utilitzant heli líquid. Una bobina de radiofreqüència que transmet els polsos de radiofreqüència en el cos. Una bobina de radiofreqüència que detecta el senyal emès per relaxar protons. Un conjunt de bobines de gradient. Aquests produeixen una camp magnètic extern que varia a través del cos i finalment un ordinador processa les imatges.

Això es fa ficant al pacient dins de la màquina com es veu a la fotografia següent:



Imatge de una màquina de resonància magnètica.

MRI té uns quants avantatges en comparació amb un altre escaneig, perquè:

- No utilitza radiacions ionitzants que provoquen un risc pacients i el personal.
- No hi ha mecanismes de mudança, només canviant els corrents i camps magnètics.
- El pacient no sent res durant una exploració (encara que el les bobines de degradat són sorolloses a mesura que es canvien) i no hi ha seqüeles.
- MRI dona millor contrast de teixit tou que una tomografia computada, encara que no mostra teixit ossi amb la mateixa claredat.
- Es poden generar imatges informàtiques que mostrin qualsevol secció a través del volum escanejat, o com a mesura tridimensional imatge.

També es pot fer un mix entre diversos anàlisi per treure una fotografia amb molta més qualitat i per tenir una diagnosi més precisa.

Eco Doppler amb so

És una variació de l'ecografia que utilitza l'efecte Doppler per calcular la velocitat de la sang en un determinat moment.

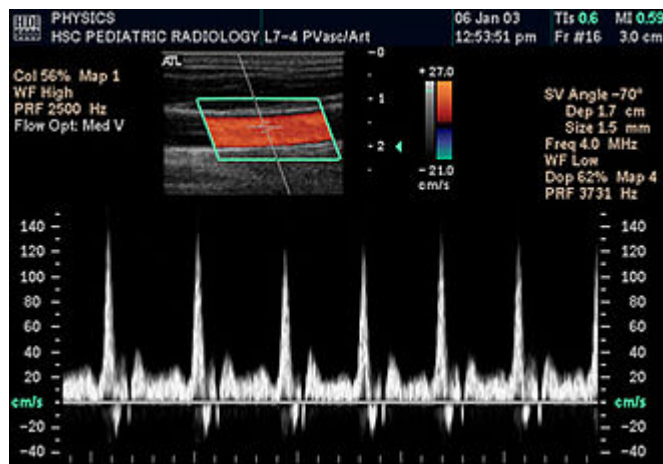
Utilitzant ultrasons i utilitzant l'efecte Doppler que permet mesurar la velocitat gràcies als canvis de freqüència rebuda a receptor fix des d'un emissor en moviment.

Per calcular la velocitat de la sang s'utilitza la freqüència del ferro (Fe) perquè és un element molt abundant a la sang perquè els glòbuls vermells, que són la cèl·lula predominant a la sang, tenen el nucli basat en una estructura on és fonamental el ferro.

La diferència entre la freqüència emesa i la freqüència reflectida s'anomena freqüència Doppler, que és proporcional al cabal sanguini (V_{sang}) i s'expressa a la fórmula:

$$V \cos \alpha = V_{sang}$$

On $\cos \alpha$ representa l'angle de la reflexió.



Exemple d'ecografia Doppler

Aquesta pràctica s'utilitza per a l'estudi de malalties cardiovasculars, com la hipertensió i en dones embarassades el risc de preeclàmpsia en dones embarassades i és la millor prova per la diagnosi no invasiva de l'anèmia fetal.

2.2 Informació sobre el tractament amb física

Tractament per impulsos elèctrics en fisioteràpia

Aquesta pràctica s'utilitza en diverses parts de la medicina però la fisioteràpia l'utilitza especialment per tractar els dolors crònics als pacients.

Hi ha diversos tipus de pràctiques amb impulsos elèctrics a través del cos humà però les més generalitzades són:

TENS: Les seves sigles signifiquen "Transcutaneous electrical nerve stimulation" o en català "Estimulació nerviosa elèctrica transcutània" com el seu nom indica consisteix en un impuls elèctric a través de la pell per estimular els receptors dels músculs i gràcies a això la zona tractada aconsegueix durant una estona un efecte analgèsic.

Hi ha dues creences sobre el que passa en aquesta pràctica a escala nerviosa.

La primera possible explicació és que el corrent elèctric estimula els nervis més gruixuts mielinitzats (és una lipoproteïna que es forma al voltant dels nervis i serveixen com a capa aïllant del medi extracel·lular i facilita la transmissió d'impulsos nerviosos) produint una inhibició a escala medul·lar, el qual bloqueja la transmissió de l'estímul nerviós que porta el dolor. Llavors l'impuls nerviós que s'envia arriba a la medul·la espinal i aquesta no envia aquest senyal al tàlem que és el centre de dolor del cervell.

La segona explica que l'impuls elèctric fa que la producció d'endorfina augmenti amb l'estimulació elèctrica, produint una reacció en les cèl·lules que els produeixen.

L'estimulació no ha de ser dolorosa per produir aquest efecte. Aquesta teoria es basa en el fet que la malaltia dels dolors crònics que sempre s'acompanya d'una hiperactivitat del sistema d'endorfina, o l'augment del consum de les endorfines alliberades.

L'ús de TENS permet estimular el sistema nerviós central fins a l'alliberament d'opiògens, aconseguint analgèsia.

Aquest mètode propaga impulsos elèctrics de manera contínua amb una amplitud d'1-120 mA i una freqüència de 2-200 Hz.

Per utilitzar correctament aquest aparell la duració de l'impuls ha de ser d'uns 60 a 150 μ seg i no es pot passar dels 200 μ seg per precaució a fer malbé les fibres del sistema nerviós que estem tractant.

La teràpia es pot fer servir de 2 a 200 Hz però es creu que de 50 a 100 Hz és la freqüència més beneficiosa pel tractament de dolors crònics.



Màquina TENS

Hi ha dues maneres d'aplicar la teràpia:

De manera convencional: Amb freqüència alta i amplitud baixa (utilitzant els valors donats anteriorment), aquesta proporciona més disminució del dolor però de duració curta.

Per ràfegues o trens d'impuls: És el contrari de l'anterior, és a dir freqüència baixa i alta amplitud. L'efecte analgèsic no és immediat però mitja hora després d'haver fet la teràpia proporciona de 6 a 8 hores sense dolor. Aquesta pràctica només s'utilitza si el pacient no té resposta analgèsica al TENS convencional.

La teràpia es fa servir amb impulsos de 2 a 5 Hz entre ràfegues amb una freqüència de 100 Hz cadascuna i cada ràfega té 7 impulsos.



TENS en aplicació

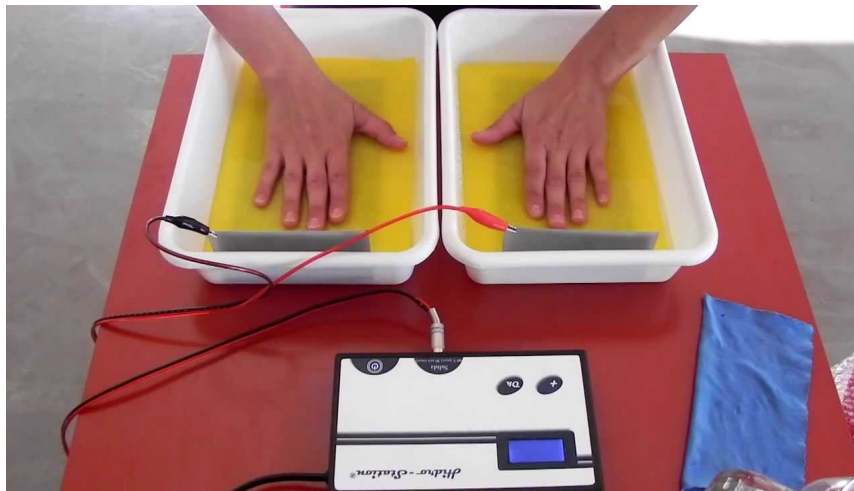
PENS: Les sigles signifiquen “Percutaneous Electrical Nerve Stimulation” o en català “Neuroestimulació elèctrica percutània”, que implica directament estimular el nervi o nervis específics, ja sigui per implantar quirúrgicament elèctrodes sota la pell, o utilitzant elèctrodes en forma d'agulles d'acupuntura.



PENS en aplicació

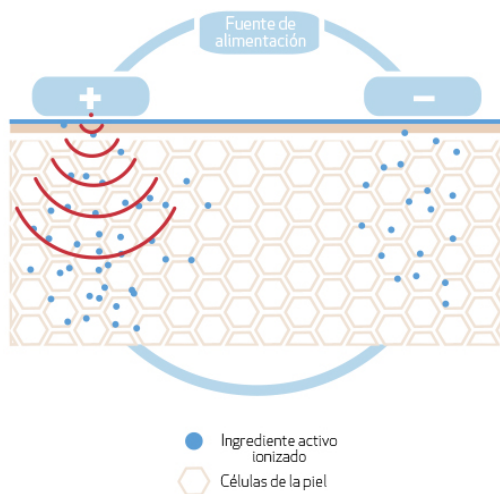
Aquest mètode és igual que el TENS pel que fa al funcionament i al tractament, l'única diferència és que aquesta teràpia és més focalitza més en el nervi amb el qual el pacient té el problema i que pot anar per dins de la pell.

Iontoforesi: La iontoforesi és un programa d'estimulació elèctrica que es focalitza en facilitar l'absorció de medicaments a través de la pell cap als teixits fibril·lars. Els fisioterapeutes utilitzen habitualment aquest tipus de tècniques per subministrar els diferents medicaments que la nostra lesió necessita per recuperar-se.



Iontoforesi en aplicació

Els impulsos elèctrics estimulen la penetració de la medicació des de la capa superficial de la pell cap als teixits musculars lesionats. La funcionalitat que desenvolupa aquesta tècnica es basa en la polaritat elèctrica, és a dir, el medicament se subministra en forma de solució amb un tipus determinat de polaritat (positiva o negativa) que introduint-les bé poden fer que s'atreguin o es repel·leixin. Llavors depenent de la càrrega que té el medicament que utilitzarem i configurem la màquina d'impulsos elèctrics per fer que es repel·leixin i que el medicament s'estengui per les zones adjacents al dolor o perquè s'atreguin i el medicament vagi directament a la zona que volem.



Esquema del procés de la iontoforesi

EMS: Aquesta teràpia serveix quan un pacient s'ha de recuperar d'alguna lesió, sigui perquè ha tingut una operació sigui bé perquè ha tingut un múscul determinat immobilitzat durant un llarg període de temps i té una atròfia muscular.

Aquesta teràpia es basa en el fet que la major part de moviments que fem és possible fer-los gràcies al fet que els músculs es mouen amb impulsos elèctrics. Llavors amb aquesta teràpia ens facilitarà fer la contracció muscular per recuperar bastant de pressa la connexió neuromuscular que ens permeti contraure el múscul fàcilment.



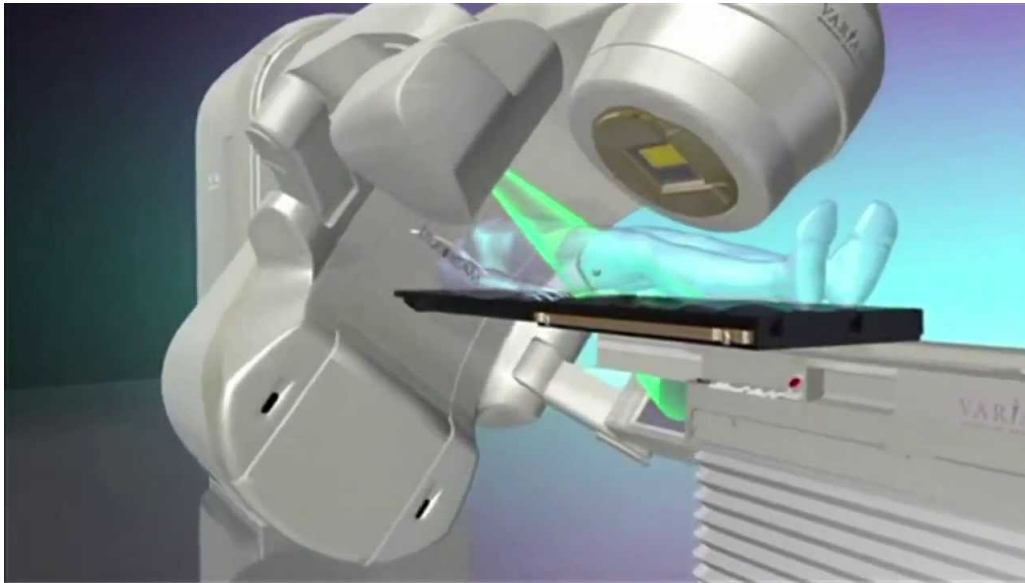
EMS en aplicació

Radioteràpia

És un mètode de teràpia que utilitza com a base les radiacions ionitzants: alfa, beta i gamma.

S'utilitza per tractar diversos tipus de càncer com de cap i coll, mama, bufeta, pulmó, etc.

La radioteràpia és un tipus de tractament contra el càncer que utilitza radiació per eliminar les cèl·lules tumorals en la part del cos on s'aplica. La radioteràpia actua sobre el tumor, destruint cèl·lules malignes, evitant que creixin i es reproduïxin. Aquesta acció també es pot exercir sobre els teixits normals; no obstant això, els teixits tumorals són més sensibles a la radiació i no poden reparar teixit fet malbé de manera més eficient que el teixit normal, per això es destrueixen mitjançant el bloqueig del cicle cel·lular. La radiobiologia és responsable d'aquests fenòmens que es produeixen en els éssers vius després de l'absorció de l'energia a partir de la radiació.



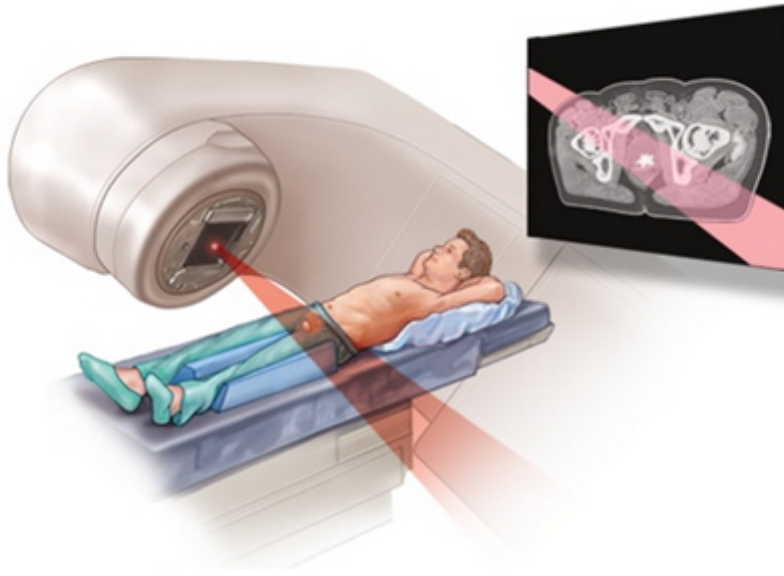
Il·lustració d'una màquina de radioteràpia en funcionament

Aquest tipus de tractament és força perjudicial per a la salut però no és tan agressiu com la quimioteràpia.

La quimioteràpia són uns elements químics que s'injecten en el pacient a través del sistema circulatori va fent malbé les cèl·lules tumorals i sanes per això és tan dolenta, perquè ataca a quasi totes les cèl·lules del cos. En canvi la radioteràpia en estar més focalitzada a la zona on estan les cèl·lules tumorals (també maten cèl·lules sanes però en estar la radiació més focalitzada les cèl·lules sanes danyades passen a ser residuals).

Els efectes secundaris més comuns són cansament i fatiga, inflamació i pesadesa en la mama, enrogiment i sequedat de la pell, normalment aquests efectes es toleren bastant bé amb un correcte descans i activitat física moderada. Aquests efectes solen desaparèixer en un període de 6 a 12 setmanes després d'acabar el tractament.

Però l'efecte secundari més marcat és la reducció de glòbuls blancs, ja que en morir cèl·lules acudeixen a la zona afectada amb radiació el que provoca que morin també i això provoca una immunodeficiència fent que altres malalties es compliquin per la carència de suficients glòbuls blancs.



Il·lustració del tractament amb radioteràpia

Hi ha diversos tipus de radioteràpia i es classifiquen per diferents apartats:

Segons la distància de la font: És depenent de la distància que hi ha des de la font que irradia fins a la zona irradiada, hi ha dos tipus:

- Braquiteràpia: És quan la zona afectada està a una distància curta de la font de radiació, normalment s'utilitza aquest mètode per tractar tumors ginecològics.
- Teleteràpia o radioteràpia externa: És quan la zona afectada està a certa distància de la font de radiació, en aquest mètode s'utilitzen màquines més grans per focalitzar la radiació a distància. En aquest tipus de casos el tractament es fa de forma periòdica i a més a més d'utilitzar els 3 tipus de radiació normal es poden utilitzar unitats de cobalt o acceleradors lineals que acceleren una partícula, ja siguin protons, electrons, positrons que depenent de l'energia d'aquests travessen les capes on no hi ha tumor i es focalitza en aquest, però el mètode més utilitzat en aquest tipus de teràpia és la radioteràpia conformada en 3 dimensions o RT3D.

Segons la seqüència temporal: Depenent de la seqüència de temps pel que fa a altres tractaments contra el càncer, la radioteràpia pot ser:

- Radioteràpia exclusiva: L'únic tipus de tractament contra el càncer que rep el pacient és la radioteràpia.

- Radioteràpia adjuvant: Com a complement al tractament primari, normalment la cirurgia. Pot ser neoadjuvant si es realitza abans de la cirurgia, però sobretot l'adjuvència es fa després de la cirurgia (postoperatori).
- Radioteràpia concomitant, concurrent o síncrona: Radioteràpia que es realitza simultàniament amb un altre tractament, normalment quimioteràpia, que millora mútuament

Depenent del propòsit de la radioteràpia: Depenent del propòsit de la radioteràpia hi ha dos tipus:

- Radioteràpia radical o curativa: Utilitza altes dosis de radiació, properes al límit de tolerància dels teixits normals, amb l'objectiu d'eliminar el tumor. Aquest tipus de tractament sol ser llarg i amb una planificació laboriosa, on el benefici d'una possible curació supera la toxicitat causada als teixits normals.
- Radioteràpia pal·liativa: S'utilitzen dosis més petites de radiació en aquest tipus, suficients per calmar o alleujar els símptomes del pacient oncològic, amb una simple planificació i durada del tractament curt i amb pocs efectes secundaris. En general, és la radioteràpia antiàlgica, però també pot ser hemostàtic, per descompressió, per alleujar l'atelectasi pulmonar, etc.

Cirurgia làser

Aquest mètode de tractament és una cirurgia convencional però utilitzant làser. Aquest tipus de cirurgia és més acurada amb els talls que es fan a la pell.

Aquest tractament es basa en un feix de llum concentrada, molt compacta que no es dispersa i té només una longitud d'ona en tot el feix que provoca que la petita zona per on s'enfoca aquest làser calenta molt les cèl·lules i aquestes acaben per explotar o deshidratar-se depenent del teixit, fent que el teixit per on s'ha enfocat el làser estigui tallat. Depenent del teixit i del que es vulgui tractar s'utilitza una longitud d'ona diferent i cada làser té un color diferent per identificar quin làser s'ha d'utilitzar per a cada teixit.



Operació amb cirurgia làser

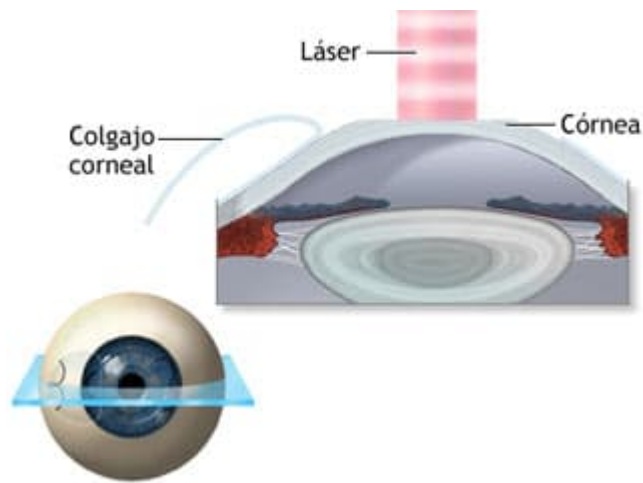
Un dels beneficis d'aquesta pràctica és que encara que s'utilitzi llum (radiació electromagnètica) no genera radiacions ionitzants que puguin espallar l'ADN de les cèl·lules i provocar càncer.

De vegades s'utilitza aquest tipus de pràctica perquè és més precisa si s'han d'operar zones com els ulls i s'ha de fer un tall molt precís per no fer malbé tot el teixit dels ulls, a més a més no sol causar sagnat per la forma en la qual es tallen els teixits encara que de vegades sí que hi ha encara que normalment el làser tanca els vasos limfàtics i sanguinis que arriben a aquelles cèl·lules, també gràcies al fet que tanquen els vasos sanguinis hi ha menys probabilitat de ser infectat per bacteris.

Aquest tipus de pràctica s'utilitza en diverses àrees de la medicina però principalment s'utilitza a l'oftalmologia, dermatologia i cirurgia estètica.

Per exemple per tractar la miopia s'ha d'utilitzar cirurgia làser ocular (LASIK).

Se segueix el següent procediment, s'utilitza un instrument anomenat microqueratoma per crear una solapa fina i circular a la còrnia, després el metge plega la solapa i amb la cirurgia làser extreu una mica de còrnia que fa que el pacient vegi millor.



Esquema de l'operació

Aquest tractament no provoca sagnat i té pocs efectes secundaris com poca humitat als ulls o dolor però aquests símptomes se'n van al cap de poques hores.

Ultrasons

Aquesta teràpia s'utilitza generalment en medicina estètica i fisioteràpia, ja que la major part de les aplicacions d'aquest tipus de teràpia estan pensades per millorar la qualitat de la pell.

S'utilitza per tractar cel·lulitis, varius, acumulacions de greix localitzat, acne, ademes, cicatrius, estries i trastorns circulatoris localitzats.

Aquest tipus de teràpia es basa en ones vibratòries de diverses freqüències que es propaguen a través de l'aire, normalment s'utilitzen ultrasons d'un a tres Hz.



Màquina d'ultrasons

El tipus de teràpia dels ultrasons en medicina estètica és semblant a la iontoforesi, ja que els ultrasons es transformen en calor, causant la dilatació dels fol·licles pilosos i glàndules sudorípares i un augment en el subministrament de sang de la zona a la qual s'apliquen, fent que els medicaments que se subministren a través de la pell penetrin millor en aquesta, a més augmenten el subministrament de sang, té efecte analgèsic i provoca relaxació muscular.

Un exemple d'això seria l'oxigenoclasia que serveix per eliminar acumulacions de greix localitzat. El tractament es fa amb la màquina que genera els ultrasons en la part del cos on nosaltres volem eliminar aquesta grassa, s'obren els fol·licles i s'injecta oxigen pur en els teixits amb velocitat i pressió constants penetrant en la pell de mig centímetre fins a un centímetre per sota de la dermis, el qual infla l'adipòsit fins que explota i allibera el greix que conté.

En canvi els ultrasons en fisioteràpia utilitza equips que aconseguix l'emissió d'ones ultrasòniques per efecte piezoelèctric mitjançant un cristall de quars al cap emissor. Compensió i dilatació cíclica produeix ones de freqüència entre 1 i 3 MHz l'absorció màxima en teixits tous oscil·la en el rang de 2 a 5 cm, i la intensitat disminueix quan les ones penetren més profundament. Són absorbits principalment pel teixit connectiu (l·ligaments, tendons, fàscia i teixit de cicatrització).



Teràpia amb ultrasons

En fisioteràpia té 2 tipus de beneficis:

Tèrmic: Els efectes tèrmics es deuen a l'escalfament per absorció d'ones sonores. És semblant a la teràpia anterior

No tèrmic: Els efectes no tèrmics es deuen a cavitació, microinducció i inducció acústica. La cavitació és el resultat de la producció de bombolles d'aire microscòpiques, que transmeten vibracions de tal manera que estimulen la membrana cel·lular augmentant la seva permeabilitat; també precipita la desgranulació dels macròcits i l'alliberament d'histamina per iniciar la resposta preinflamatòria a tota regeneració fibroblàstica, un fenomen que sembla millorar la capacitat de reparació cel·lular en resposta a les inflamacions.

Aquest tipus de teràpia sovint es recomana per al tractament de processos inflamatoris, articulacions, lesions musculars i tendinós i altres com l'algodistròfia reflexiva simpàtica.

Aquesta teràpia s'utilitzava també en altres tipus de tractament com litiasi (pedres a l'aparell excretor). Però va ser substituït per tractaments d'ones pneumàtiques, ones electrohidràuliques o làser de batec que no tenen el desavantatge dels efectes tèrmics dels ultrasons.

En litiasi els ultrasons es fan servir com ajuda per desfer els càlculs (pedres de l'aparell excretor) més grans, normalment s'acompanya d'una cirurgia endourològica.

També s'utilitza de manera residual a odontologia per l'eliminació del tàrtar dipositat a l'esmalt. Aquest efecte s'aconsegueix mitjançant la cavitació, que permet destruir la capa de sal en petits fragments.



Neteja de dents amb ultrasons

Per últim també es pot fer servir aquest tipus de teràpia per la neurocirurgia. La cirurgia amb ultrasons d'alta intensitat guiada per ressonància magnètica és un procediment ambulatori, no invasiu que utilitza ones ultrasòniques enfocades per destruir un conjunt de cèl·lules. Serveix per al tractament del Parkinson i altres malalties de tremolor.



Tractament de Parkinson amb ultrasons

2.3 Informació sobre la investigació a medicina amb física

Aplicacions de la física per a la recerca biomèdica

A hores d'ara hi ha moltes investigacions que intenten buscar aplicacions de la física moderna a la medicina, encara que moltes entitats estan fent aquesta recerca no sempre troben gaire cosa però aquest tipus d'entitats ja comencen a saber per on anirà la recerca de les aplicacions de la física a la medicina.

Sincrotrons

El que estan investigant en els sincrotrons és la medicina regenerativa que pot arribar a tenir moltes aplicacions i en aquest tipus d'espais tenen la tecnologia suficient per desenvolupar-la per fer-la útil en tot el món.

Aquest tipus de medicina serveix per tractar algunes malalties que per ser curades s'ha de fer un trasplantament d'un òrgan afectat.

És el cas del tractament d'algunes malalties com l'infart de miocardi, que és un repte avui més enllà del trasplantament cardíac, en gran part a causa del reduït nombre de donants. Aquesta implicació provoca un alt grau de necrosi o mort dels teixits cardíacs, que són reemplaçats per un teixit cicatricial més rígid i no es pot contreure.

És per això que hi ha una necessitat de noves teràpies, incloses les enfocades a promoure la formació de nous teixits cardíacs funcionals. Així, a causa de la seva major resolució i rapidesa, el sincrotró podria satisfer les necessitats dels equips de recerca en poder analitzar amb més precisió l'estructura i les propietats de la cicatriu cardíaca postinfart o dissenyar nous empelts o bioimplants amb més capacitat regenerativa.

Modelització

En moltes àrees de la medicina la física ja té un paper primordial sobre el qual ja s'ha agafat com a model i sobre quines línies agafar per continuar investigant. És l'exemple de moltes maneres de detecció i tractament de diverses malalties com els raigs X o la radioteràpia.

En les últimes dècades s'han fet moltíssims descobriments i han posat en molts com a base la física moderna. Els primers investigadors que van fer aquest tipus de recerca van ser físics que amb els coneixements que tenien sobre la radiació van modelitzar que el

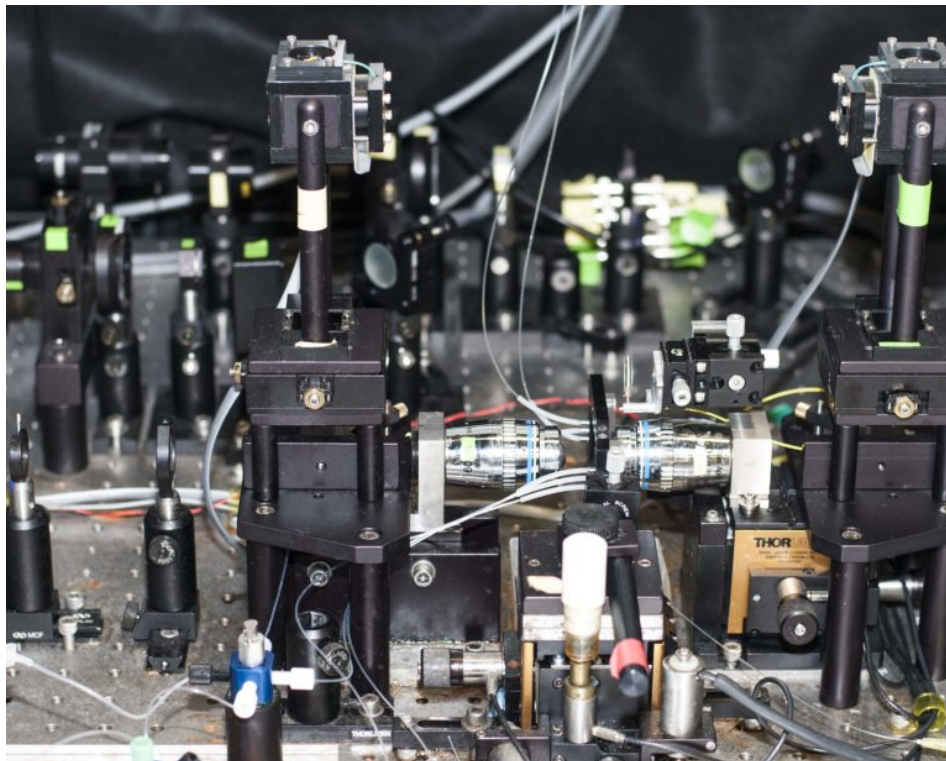
tractament de diversos tipus de càncer es podien curar amb la radiació que podien emmagatzemar de plantes nuclears i sincrotrons, que ben focalitzada i en dosis de petita duració eren més beneficioses que perjudicials.

També s'han fet les bases sobre com diagnosticar malalties, ja que la majoria de malalties que no es poden veure a simple vista es diagnostiquen utilitzant màquines de raigs X o ressonàncies magnètiques que són mètodes de diagnosi utilitzant com a base física.

Noves línies d'investigació en física

Pinces fotòniques

Aquesta és una eina que s'ha desenvolupat molt en els últims anys que serveix per diverses coses en medicina però en l'àrea que més rellevància té és en genètica. Té molta rellevància perquè és molt difícil manipular l'ADN però amb aquesta eina és relativament fàcil manipular-la.



Pinça fotònica

Funciona utilitzant el principi de la conservació del moviment lineal, l'utilitza, ja que el cos amb la quantitat de moviment que té es fa xocar amb un feix de llum que fa com un altre cos

xocant i modifica la quantitat de moviment de la partícula i depenent d'on s'aplica es pot manipular encara que sigui un objecte molt petit.

En ser una eina de micromanipulació pot fer-se servir sobre coses tan petites com l'ADN o sobre coses més grans com cèl·lules. Mitjançant els làsers es pot donar cabuda a les cèl·lules i fer talls molt prims en elles i després introduir material genètic. A més, els làsers també es poden utilitzar per muntar petites màquines i operar-les mitjançant l'energia de la llum.

Actualment s'està investigant com agafar un virus o molècules com es fa amb les cèl·lules, per fer-ho es necessiten pinces molt més precises per poder manipular coses com el virus o coses tan petites com una molècula aïllada.

Partícules d'or

Aquest tipus de teràpia s'utilitza per tractar el càncer (de moment només s'ha tractat amb càncer de pròstata) utilitzant partícules d'or.

El tractament consisteix a injectar en el torrent sanguini nanopartícules de silici recobert amb or que es focalitza en el punt on hi era el càncer després aquestes partícules amb una mica de radiació s'escalfen molt i maten el càncer.

El principal benefici és que no té cap mena d'efectes secundaris, és fer-se el tractament, fer-se unes proves per veure si el càncer se n'ha anat. No fa falta una hospitalització postoperatoria i no hi ha cap mena d'inconvenient.

Aquest tractament només s'ha fet en 15 persones i 13 de les 15 s'han recuperat del tot sense efectes secundaris i dues de les quinze han continuat patint el càncer de pròstata.

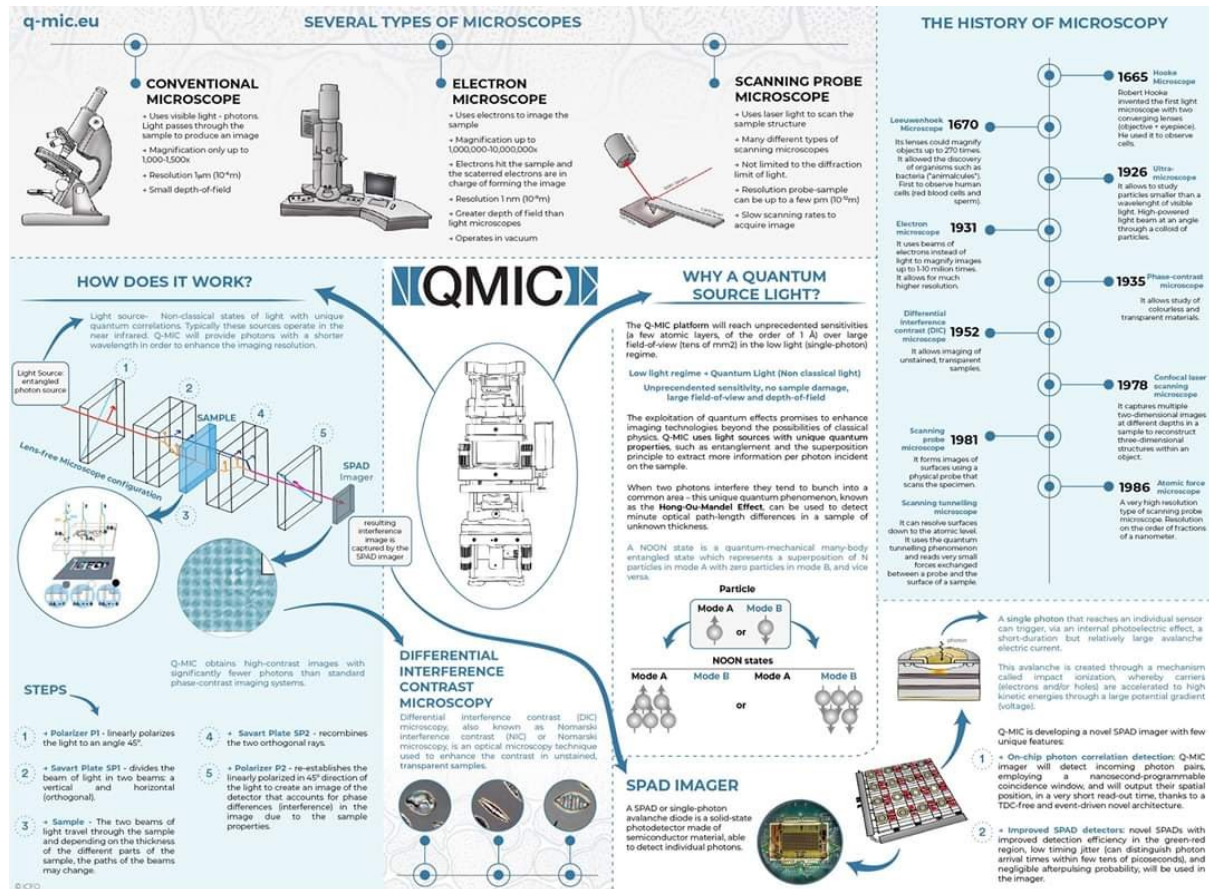
A hores d'ara no se sap si es pot fer amb més tipus de càncer però se segueix investigant perquè en un futur podria ser un dels tractaments més eficaç hi hagi.

Microscopi quàntic

Aquest microscopi té diverses millores per ser més potent que els que utilitzem avui dia, té la capacitat de veure cèl·lules, bacteris, virus i proteïnes.

Té la capacitat de veure proteïnes a molta resolució cosa que abans no es podia veure amb claredat, també es poden veure proteïnes interactuant el qual abans no es podia veure.

Aquest microscopi funciona enviant un feix de llum i es polaritza en un angle de 45° i el feix se separa en dos raigs, un vertical i un horitzontal. Aquests raigs xoquen amb la mostra i en xocar emeten un fotó de baixa energia que no fa malbé la mostra, els dos raigs es tornen a ajuntar, la informació dels raigs s'envia a un ordinador i s'assisteix per ordinador la imatge amb una resolució molt alta. Gràcies a aquesta tecnologia funciona amb un ordinador i no amb lents



Infografia del projecte del microscopi

3. Part pràctica

3.1 Anàlisi de partícules amb el timepix

Teoria

1. Elements que emeten radiació

Els radionúclis primaris més importants són el potassi 40 K (vida mitjana d' $1,29 \times 10^9$ anys), tori ^{232}Th (vida mitjana $1,4 \times 10^{10}$ anys), ^{238}U urani (vida mitjana de $4,47 \times 10^9$ anys) i ^{235}U d'urani (vida mitjana $7,04 \times 10^8$ anys). Tori i urani formen una sèrie de decaïment característica, al contrari que el potassi.

2. Tipus de radiacions

- Radiació alfa (α): formada per nuclis d'heli. En emetre una partícula alfa, el nucli perd dos protons i dos neutrons. Es tracta d'una partícula relativament pesada, amb una càrrega positiva de $+2|e|$ i que interacciona fortament amb la matèria. És molt ionitzant i, per tant, poc penetrant.

- Radiació beta (β): formada per electrons (β^-) o positrons (β^+) emesos pel nucli. En emetre una partícula beta, un neutró del nucli es converteix en un protó (en el cas de l'emissió β^-), o un protó del nucli es converteix en un neutró (en el cas de l'emissió β^+). Es tracta de partícules unes 1800 vegades més lleugeres que l'anterior i amb una càrrega de valor $|e|$ (la meitat de l'anterior) i per tant molt menys ionitzant, que interaccionen menys amb la matèria i en conseqüència tenen molta més penetració.

- Radiació gamma (γ): formada per fotons (ones EM) d'alta energia. En emetre fotons el nucli no canvia la seva naturalesa, sinó que només s'allibera energia sobrant. Es tracta de la partícula més lleugera (un fotó no té massa) i per tant interacciona molt menys amb la matèria, cosa que la fa molt més penetrant (no obstant això els fotons interactuen amb la matèria via l'efecte fotoelèctric, l'absorció/re-emissió (scattering de Compton i de Rayleigh), i la generació de parells electró/positró).

3. Fórmules

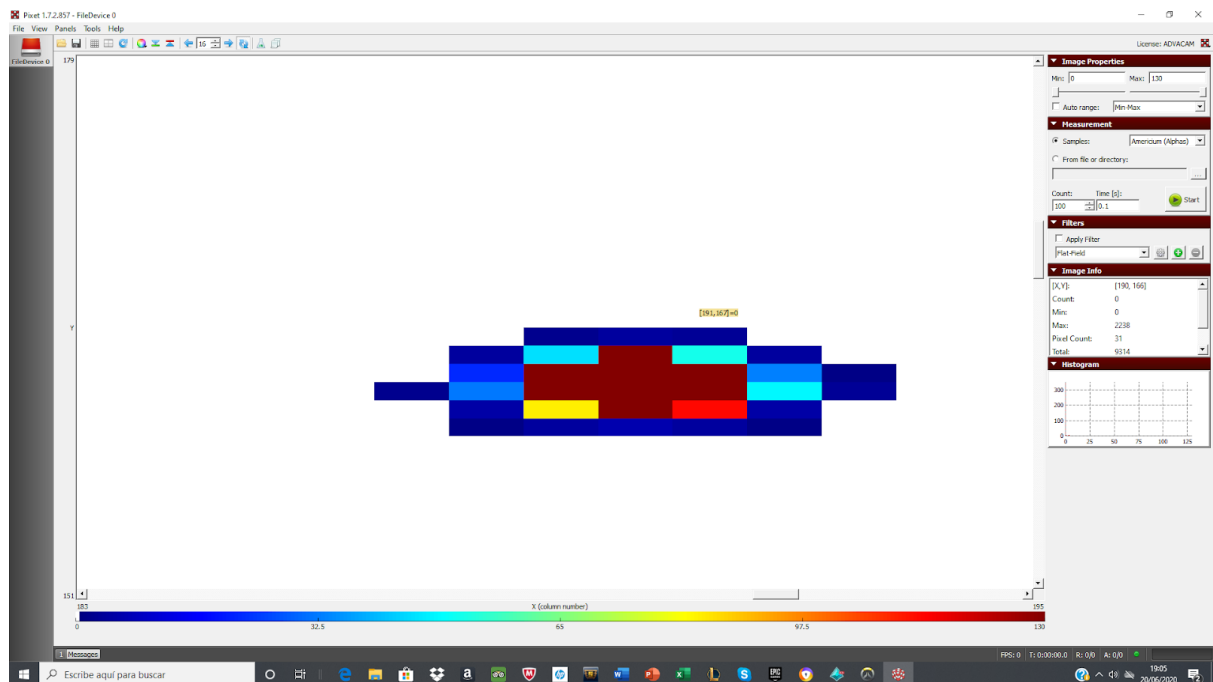
Per la seva naturalesa, l'estudi d'aquestes partícules ha de tenir en compte el seu comportament quàntic i relativista. Així la radiació gamma es comporta com a partícules (fotons) quan interaccionen amb els àtoms de Si del sensor. Aquests fotons tenen una quantitat de moviment donada per $p = \frac{E}{c}$, on $c = 2,99792 \times 10^8$ m/s és la velocitat de la llum. Igualment, les partícules β es mouen a una fracció significativa de la velocitat de la llum i per tant l'expressió clàssica de l'energia cinètica, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, no és vàlida i cal emprar les expressions de la relativitat especial.

Així, l'energia de les partícules és causada per la relació d'Einstein $E = E_0 + E_k$ on E és l'energia total de la partícula, E_0 l'energia en repòs i E_k l'energia cinètica. Tenint en compte l'equivalència massa-energia, $E_0 = m_0 v^2$, i $E = \gamma m_0 c^2$ i substituint:

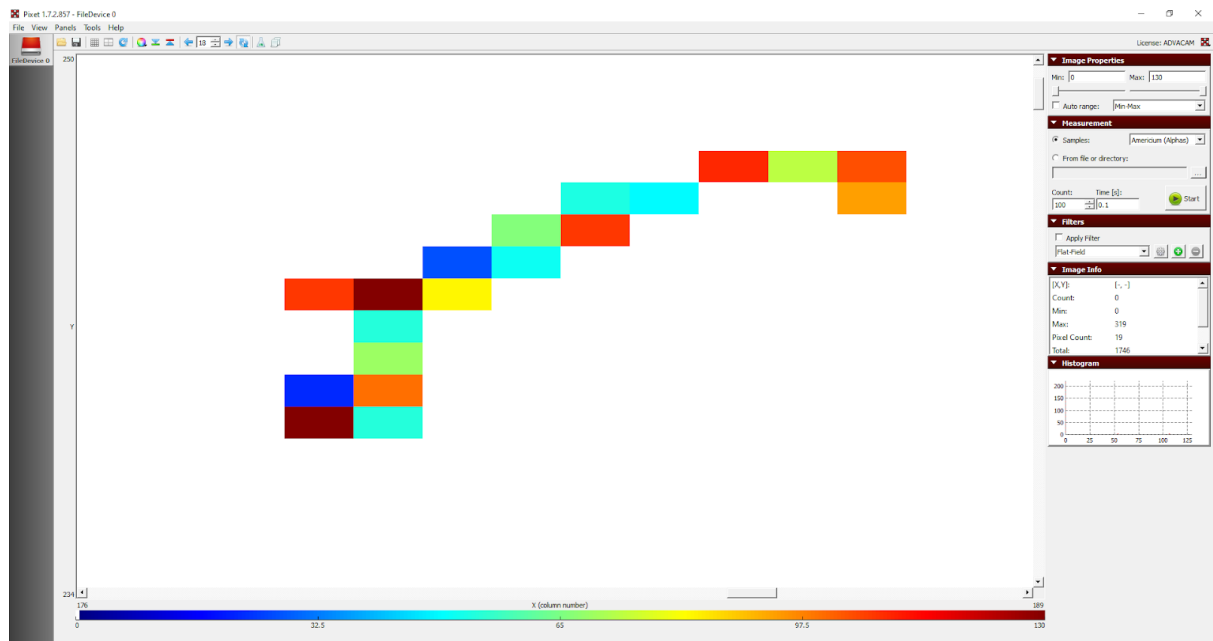
$$E = \frac{E_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \rightarrow v = c \sqrt{1 - \frac{1}{1 + \frac{E_k}{E_0}}}$$

1. Determinació de trajectòries

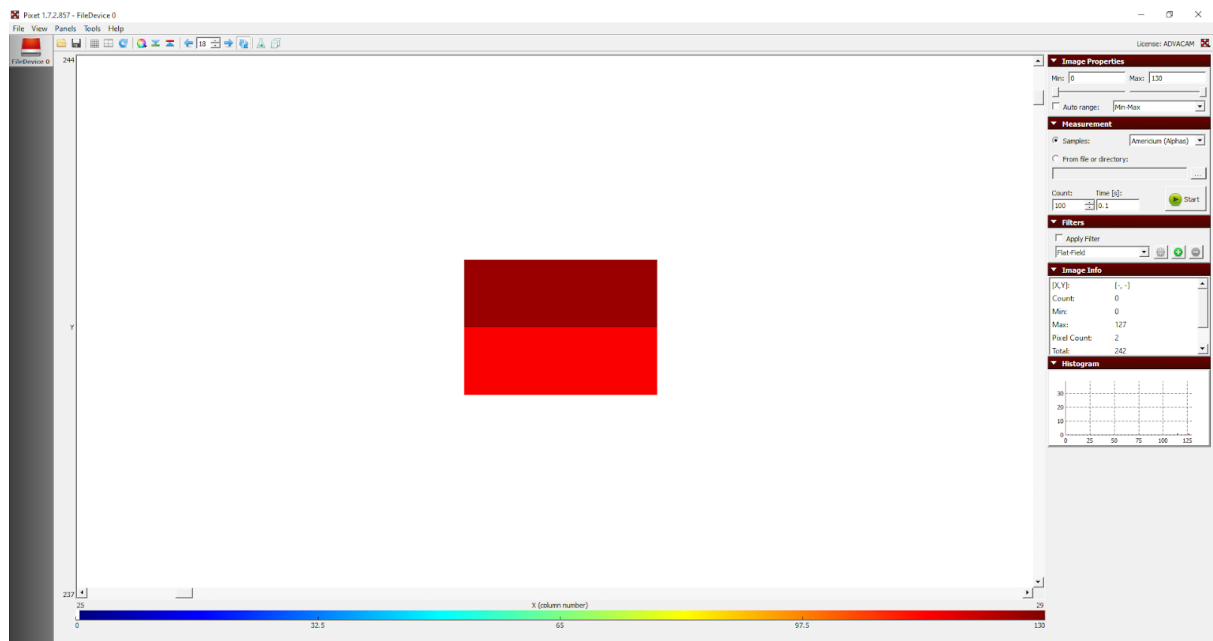
En primer lloc he analitzat les diferències entre les trajectòries que deixen els diferents tipus de radiació ionitzant i he relacionat aquestes trajectòries amb les propietats de les partícules que conformen cada tipus de relació.



Partícula alfa



Partícula beta



Partícula gamma

$$m_{\alpha} = 6,24 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$E_{\alpha} = 5,617 \times 10^{-10} \text{ J}$$

$$m_{\beta} = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$E_{\beta} = 8,187 \times 10^{-14} \text{ J}$$

Així doncs, podem suposar que, com les partícules alfa són molt grans (comparativament) i massives, aleshores es detecten com un punt gros perquè pesen molt i quan xoquen no es poden tornar a moure. A més a més el fet que tinguin càrrega elèctrica $+2e$, fa que tinguin el doble de força per enllaçar-se amb els àtoms del silici.

Les partícules beta pesen menys i es poden desviar amb els altres electrons i per això formaran línies però no rectes.

Les gamma són fotons d'alta energia, ja que traspassen el material i quan xoquen amb un electró es veuen.

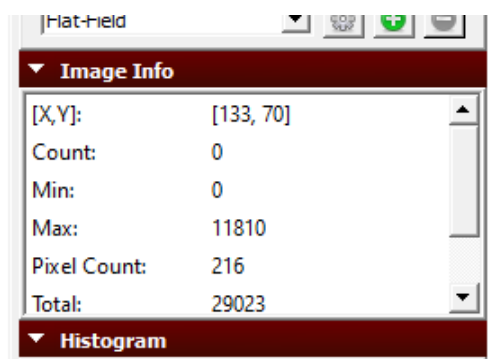
2. Energia cinètica absorbida pel sensor i velocitat de les partícules alfa en els models clàssic i relativista.

Les dades s'obtenen del Timepix i es poden veure al programa.

Per utilitzar el programa el primer que s'ha de fer és seleccionar una trajectòria arrossegant a sobre de la partícula que volem analitzar.



Després has de veure l'energia que ha deixat la partícula en el panell següent on posa total:



Amb aquesta informació comences a fer el tractament de les dades.

Per tal d'obtenir l'energia d'una partícula de radiació una partícula ha de xocar amb el detector i que el silici d'aquest interaccioni amb la partícula deixant una traça que amb el programa del Timepix es pot veure.

En la primera columna és on està el valor que dona el Medipix quan passa una partícula que pot detectar. A la segona filera s'ha de transformar l'energia que dona el Medipix calculada a keV.

Amb aquesta energia transformada en J s'ha de calcular la velocitat tant amb el mètode clàssic com amb el mètode relativista. Després amb la velocitat s'ha de fer la relació amb la velocitat que té la llum. Més endavant es fa la desviació en percentatge per veure si hi ha molta diferència entre la velocitat que dona la velocitat relativista o la clàssica.

Finalment calculem la longitud d'ona per saber si la partícula que hem agafat té un moviment principalment ondulatori o principalment corpuscular.

E[keV]	9314	6039	4841	9177	4142,00
EK[J]	1,49E-12	9,67E-13	7,76E-13	1,47E-12	0,00
v [ms ⁻¹] (relat.)	2,18E+07	1,76E+07	1,57E+07	2,17E+07	14570481
v [ms ⁻¹] (class.)	2,19E+07	1,76E+07	1,58E+07	2,17E+07	14583407
v/c (relat.)	7,28E-02	5,87E-02	5,25E-02	7,23E-02	0,05
v/c (classica)	7,29E-02	5,87E-02	5,26E-02	7,24E-02	0,05
Desviació (%) (100·(Vclass - Vrel)/Vrel)	1,99E-01	1,29E-01	1,04E-01	1,96E-01	0,09
Longitud d'ona	4,86E-15	6,03E-15	6,74E-15	4,90E-15	0,00

Taula 1: Taula on es mostra el tractament de les dades recollides per el Timepix de les partícules alfa.

En la taula anterior es veuen les dades que hem agafat amb el detector del Medipix i com s'ha fet el tractament de les dades per passar l'energia que donava el detector a les diferents dades per comparar-les.

En aquest cas la velocitat calculada utilitzant la mecànica clàssica és lleugerament més ràpida que la relativista, sense que cap de les dues arribi a la velocitat de la llum.

Es pot dir que en aquestes partícules els dos models tenen una correcció similar i podem utilitzar un o altre indistintament.

Per tal de saber si una partícula alfa té un comportament ondulatori significatiu, hem de tenir clar que una partícula alfa és un nucli d'heli que es mou amb gran velocitat per un medi. La mida del radi d'un nucli d'heli és 31 pm que es pot calcular gràcies a la difracció de raigs X quan s'enfoquen en l'heli.

Per determinar si el comportament d'aquestes partícules és ondulatori o corpuscular s'ha de comparar la mida de la partícula amb el de la longitud d'ona. Si la longitud d'ona és més gran que la mida, el comportament és molt ondulatori, en cas contrari és molt corpuscular.

$$\text{Comportament} = \text{Mida}_{\text{partícula}} - \text{Mida}_{\text{Ona}}$$

$$\text{Comportament} = 3,1 \times 10^{-12} - 2,46 \times 10^{-15} = 3,09 \times 10^{-15}$$

Com es pot observar en el càlcul anterior el comportament de les partícules alfa és majoritàriament corpuscular

3. Energia cinètica absorbida pel sensor i velocitat de les partícules beta en els models clàssic i relativista.

E[keV]	2653	2185	820	1838	1038
EK[J]	4,25E-13	3,50E-13	1,31E-13	2,94E-13	1,66E-13
v [ms-1] (relat.)	2,96E+08	2,94E+08	2,77E+08	2,93E+08	283007657
v [ms-1] (class.)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0
					0,944011930
v/c (relat.)	9,87E-01	9,82E-01	9,23E-01	9,76E-01	3
v/c (classica)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0
Desviació (%) (100·(Vclass - Vrel)/Vrel)	-1,00E+02	-1,00E+02	-1,00E+02	-1,00E+02	-100
Longitud d'ona	2,46E-12	2,47E-12	2,63E-12	2,48E-12	2,57E-12

Taula 2: Taula on es mostra el tractament de les dades recollides per el Timepix de les partícules beta.

En la taula anterior es veuen les dades que hem agafat amb el detector del Medipix i com s'ha fet el tractament de les dades per passar l'energia que donava el detector a les diferents dades per comparar-les.

En la taula es veu clarament que la velocitat segons el model relativista és una mica inferior de la velocitat de la llum, en canvi segons la mecànica clàssica aquesta partícula supera bastant la velocitat de la llum.

En aquest exemple sí que hi ha una gran diferència entre els dos models de física proposats

Per saber si la partícula alfa té un comportament principalment ondulatori o principalment corpuscular hem de tenir clar quina és la mida del radi de l'electró i aquesta pregunta no es va descobrir fa poc amb els experiments de Thomson i va aconseguir calcular-la.

$$r_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{m_e c^2} = 2.8179402894(58) \times 10^{-15} \text{ m}$$

Càlcul del radi de l'electró

Per determinar si el comportament d'aquestes partícules és ondulatori o corpuscular s'ha de comparar la mida de la partícula amb el de la longitud d'ona. Si la longitud d'ona és més gran que la mida, el comportament és molt ondulatori, en cas contrari és molt corpuscular.

$$\text{Comportament} = \text{Mida}_{\text{partícula}} - \text{Mida}_{\text{Ona}}$$

$$\text{Comportament} = 2,82 \times 10^{-15} - 2,46 \times 10^{-12} = -2,45 \times 10^{-13}$$

Com es pot veure al càlcul anterior l'electró és més petit que la longitud d'ona que desprèn, per tant el seu comportament és molt ondulatori i es comporta principalment com una ona encara que tingui massa.

4. Energia cinètica absorbida pel sensor i característiques de les partícules gamma.

En aquest cas el tractament de les dades ha sigut una mica diferent, ja que les partícules gamma no tenen massa per tant no es pot calcular la velocitat perquè tota partícula sense massa ha de tenir la velocitat de la llum.

En aquest cas el primer i segon pas és el mateix que l'anterior, és a dir, agafar l'energia que ha agafat el Medipix en keV i passar-ho a J.

Després utilitzant l'expressió de la freqüència basada en la física moderna (perquè és una ona no un cos) es calcula la freqüència.

Més tard es calcula la longitud d'ona.

Finalment es calcula la quantitat de moviment de les partícules de la radiació gamma.

E[keV]	80	116	220	104
EK[J]	1,28E-17	1,86E-17	3,52E-17	1,67E-17
f (Hz)	1,94E+16	2,81E+16	5,32E+16	2,52E+16
Longitud d'ona	1,55E-08	1,07E-08	5,63E-09	1,19E-08
p (kg·m/s)	4,27E-26	6,20E-26	1,18E-25	5,56E-26

Taula 3: Taula on es mostra el tractament de les dades recollides per el Timepix de les partícules gamma.

En la taula anterior es veuen les dades que hem agafat amb el detector del Medipix i com s'ha fet el tractament de les dades per passar l'energia que donava el detector a les diferents dades per analitzar-les.

Com es pot veure les partícules gamma són les que menys energia registra, ja que com que no tenen massa interaccionen molt poc amb el silici del Timepix.

La freqüència és molt alta i la longitud d'ona molt baixa. La quantitat de moviment és molt baixa encara que viatgi a la velocitat de la llum perquè aquestes partícules no tenen massa i poques vegades deixen la seva energia.

3.2 Anàlisi sobre la capacitat de filtratge de diverses mascaretes

Objectius

Aquesta pràctica té tres principals objectius:

1. Estudiar la capacitat de filtratge de diferents mascaretes
2. Relacionar la capacitat de filtratge de la mascareta amb la radioactivitat que acumula.
3. Descobrir quins materials radioactius hi ha a l'aire

Hipòtesi

Les hipòtesis inicials van ser que, quan s'utilitzen les mascaretes s'acumulen elements químics que es desintegren i per tant emeten radiació. Els elements químics de les

maskaretes són elements radioactius que tenen una vida molt curta el que provoca que es desintegren emetent radiació. Les maskaretes que tinguin més capacitat de filtratge tindran més radiació perquè més elements es queden a la maskareta i per tant més radiació emetran.

Materials

Detector Timepix

Ordinador

Maskaretes

Maskaretes

Es van utilitzar tres tipus de maskaretes diferents, una quirúrgica (no reutilitzable) i dues reutilitzables, una sense filtre i una altra amb filtre.

Les tres maskaretes tenen normatives diferents, cadascuna té una llei diferent per la qual s'ha de provar abans de vendre la maskareta.

La maskareta quirúrgica que es va utilitzar actua sota la normativa UNE-EN 14683:2019 AC de tipus IIR, la qual té una eficàcia de filtratge contra bacteris del 98%, té resistència contra esquitxades, és a dir, que els líquids no traspassen en un 98% i una neteja microbiana que depura l'aire que passa a través d'ella. És la més indicada pels metges i personal sanitari.

En les maskaretes reutilitzables i amb filtre la màscara no ha de seguir cap protocol però el filtre sí. El filtre ha de seguir la normativa UNE-EN 149:2001 la qual indica que el filtre ha de tenir poca fuga cap a l'interior, compatibilitat amb la pell, que no sigui inflamable, que filtri la major part del " CO_2 " i que hi hagi una bona circulació d'aire (assaig d'obstrucció).

La que es va utilitzar va ser FFP2RD la qual filtra un 95% de l'aire, és reutilitzable i ha passat l'assaig d'obstrucció. A més a més té el certificat de PM2.5 la qual filtra totes les partícules de pols de l'aire de 2,5 micròmetres de diàmetre o més.

La reutilitzable sense filtre té la mateixa normativa que l'anterior però en comptes d'estar en el filtre està en la maskareta. Totes les especificacions són les mateixes menys el certificat de PM2.5.

Hem fet servir les tres totes en les mateixes condicions d'ús.

Mascaretes quirúrgiques		
Tipus I	Tipus II	Tipus IIR
		
Mascaretes reutilitzables		
FFP1 (baixa eficàcia)	FFP2 (eficàcia mitjana)	FFP3 (alta eficàcia)
		

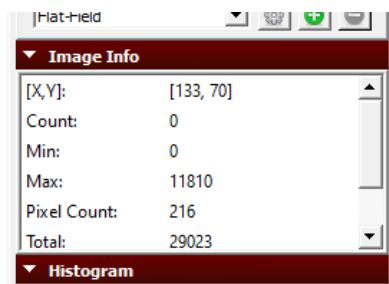
Taula 4: Taula de classificació de mascaretes

Procediment

Hem d'instal·lar el programa que utilitza el nostre detector Timepix específicament i configurar-lo. Després afegirem el temps i les dades que nosaltres volem que el detector agafi. En el nostre cas vam agafar una única mesura de 300 frames, un segon per frame, el qual feia que cada mesura trigués 5 minuts.

Això es va fer amb cadascuna de les mascaretes tres vegades. Primer es va mesurar amb les mascaretes sense utilitzar. Després es va utilitzar durant quinze minuts una mascareta i es va posar a analitzar amb tres mesures de 300 frames amb un segon per frame, és a dir, quinze minuts, tot seguit es va repetir el procés amb les altres mascaretes.

Per veure l'energia de la radiació que hi havia detectat s'ha de mirar al programa on posa "Image info" i dins d'aquesta finestra on diu "Total":



Amb aquesta informació comences a fer el tractament de les dades.

Per tal d'obtenir l'energia d'una partícula de radiació, una partícula ha de xocar amb el detector i que el silici d'aquest interaccioni amb la partícula deixant una traça que amb el programa del Timepix es pot veure.

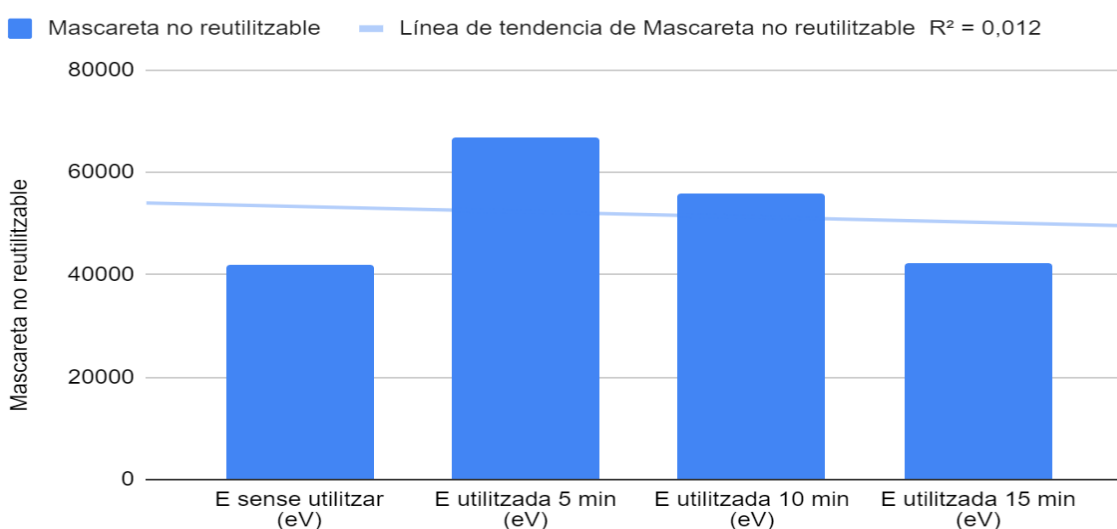
La suma de l'energia de totes les partícules que detecta el Timepix és l'energia de la radiació que han tingut les mascaretes.

Amb totes les dades que hem obtingut fem el tractament de dades i analitzem el resultat.

Resultats

A la mascareta no reutilitzable es pot veure com l'energia va disminuint amb el temps formant quasi una tendència lineal:

Mascareta no reutilitzable

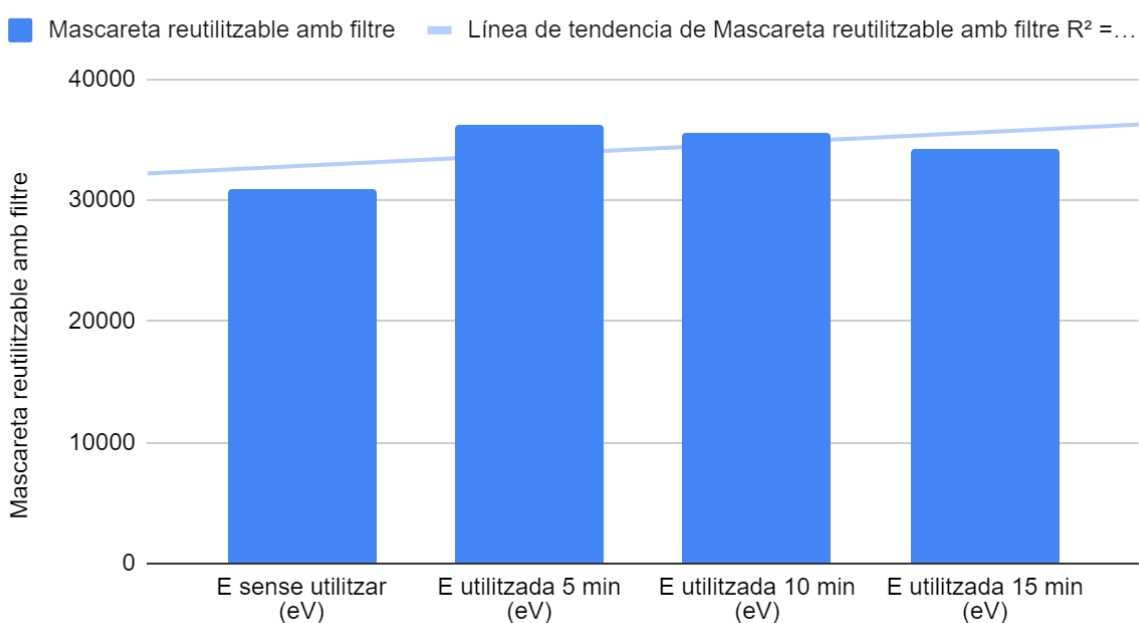


Gràfic 1: Anàlisi del decaïment de la mascareta no reutilitzable

Aquesta mascareta sense haver sigut utilitzada va emetre 42043 eV, per tant al cap de quinze minuts d'haver-la utilitzat la mascareta ja estaria com en el seu punt inicial.

A la mascareta reutilitzable amb filtre es pot veure com l'energia va disminuint amb el temps però no varia massa en la utilització o després de la utilització:

Mascareta reutilitzable amb filtre



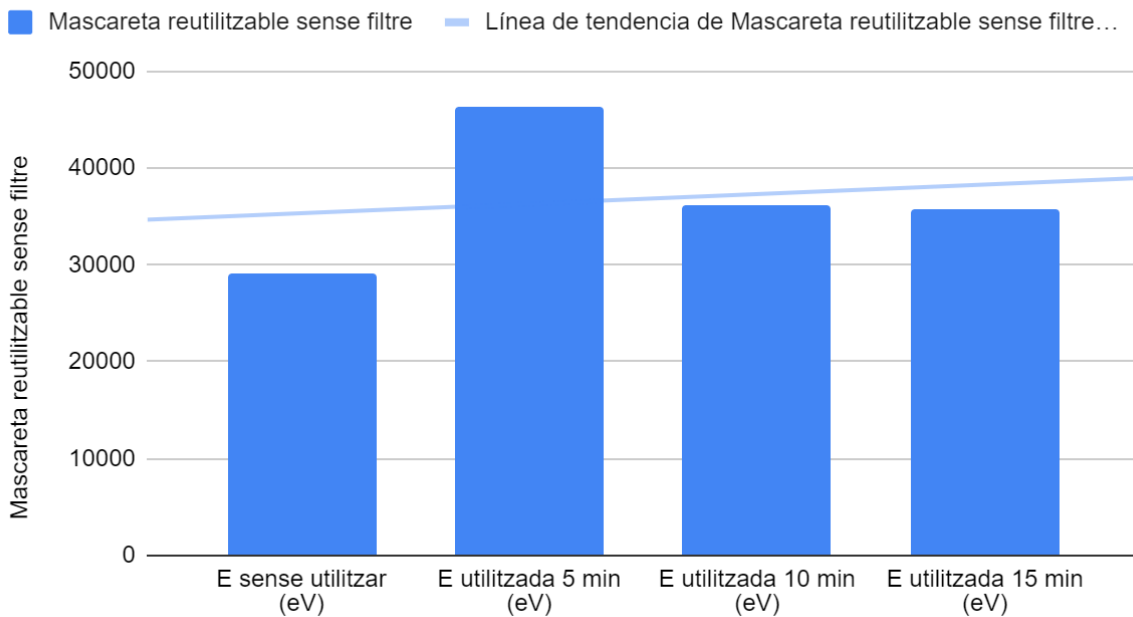
Gràfic 2: Anàlisi del decaïment de la mascareta reutilitzable amb filtre

Aquesta mascareta sense haver sigut utilitzada va emetre 30893 eV, en aquesta mascareta es pot veure que també forma quasi una línia de tendència lineal però encara falten uns 4000 eV per tenir la mateixa energia que quan no s'havia utilitzat.

En aquestes dues gràfiques hi ha una constant de la línia de tendència semblant.

A la mascareta reutilitzable sense filtre es pot veure com l'energia va disminuint amb el temps però sense formar una tendència principalment lineal, ja que al començament decreix molt l'energia i després continua baixant però baixa menys que els primers cinc minuts:

Mascareta reutilitzable sense filtre



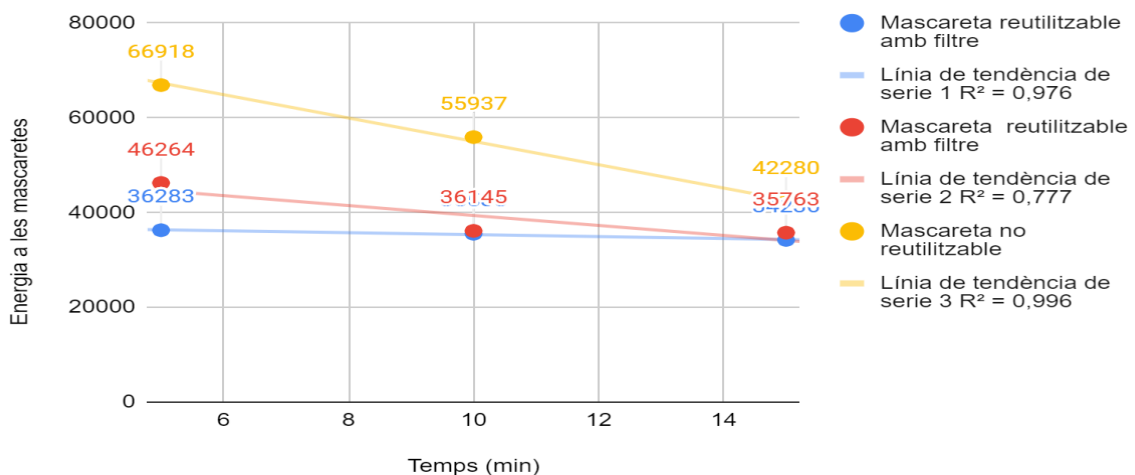
Gràfic 3: Anàlisi del decaïment de la mascareta reutilitzable sense filtre

Aquesta mascareta sense haver sigut utilitzada va emetre 29103 eV, per tant quinze minuts després d'haver-la utilitzat la mascareta encara hauria de baixar uns 6000 eV perquè estigui com al començament.

En aquesta gràfica es pot veure que la constant de la línia de tendència és molt diferent de les anteriors.

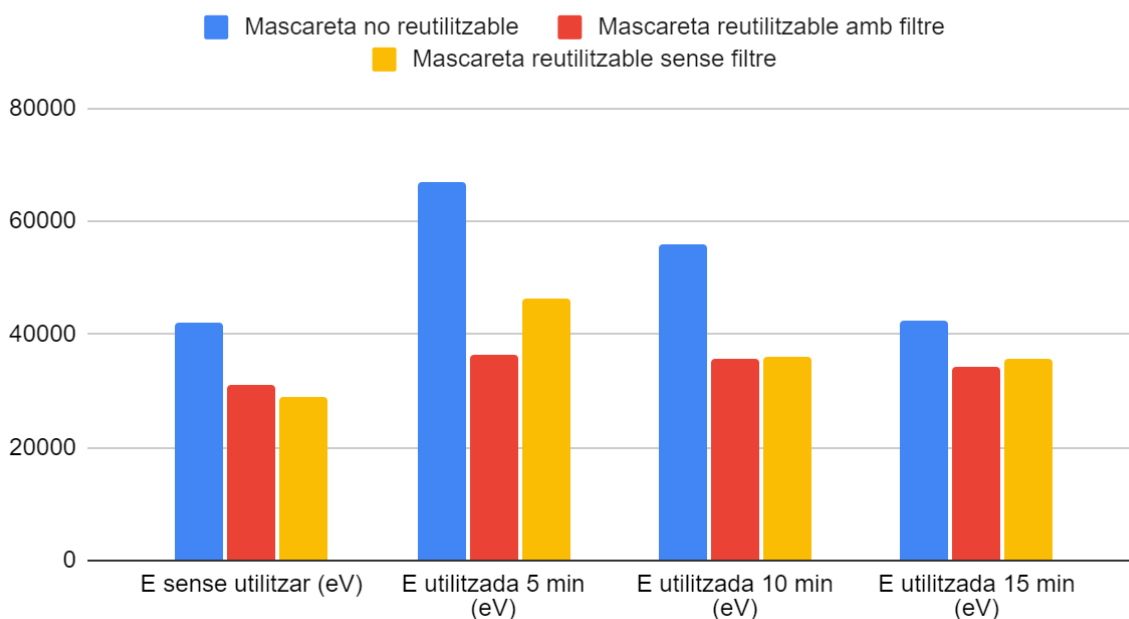
La comparació de les tres gràfiques:

Comparació dels tres tipus de mascaretes



Gràfic 4: Anàlisi del decaïment de les tres mascaretes en un gràfic de dispersió

Comparació de l'energia de les mascaretes amb el temps



Gràfic 5: Anàlisi del decaïment de les tres mascaretes en un gràfic de barres

En aquesta gràfica es pot veure com és que la mascareta no reutilitzable ha tingut més decaïment que les altres, com la reutilitzable sense filtre ha sigut la que menys decaïment ha tingut i la reutilitzable amb filtre ha decaïgut molt en els primers cinc minuts i després ha continuat amb una tendència més constant.

No sabem per què la mascareta reutilitzable no té uns valors d'energia semblants als de les altres dues mascaretes.

Segons aquestes gràfiques es veu com a l'ambient hi ha algun element radioactiu que respirem i que gràcies a la mascareta no respirem.

La radiació que hi havia a les mascaretes era principalment beta, encara que en l'ambient no hi ha massa elements que produeixin radiació beta.

Només hi ha una partícula alfa en 8 de les 10 deteccions i més de 5 partícules beta per detecció.

L'element que més probabilitat té d'haver-hi és el radó, el qual es desintegraria en radiació alfa i en menor mida beta.

També a l'ambient podrien haver-hi més elements però amb menys probabilitat com alguns isòtops de plom i bismut que emeten radiació beta.

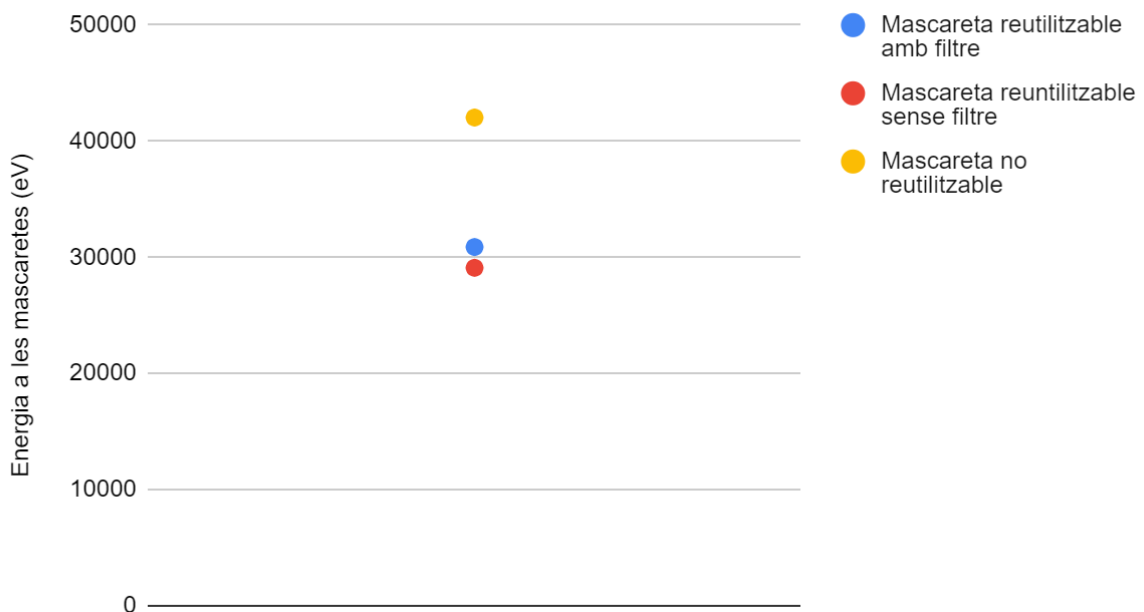
Element	Tipus de radiació	Temps de vida
Radó ^{222}Rn	α	3,8 dies
Poloni ^{218}Po	α	3,1 minuts
Plom ^{214}Pb	β^-	26,8 minuts
Bismut ^{214}Bi	β^-	19,9 minuts

Taula 5: Classificació dels elements amb el seu temps de vida i la radiació que emeten

Per això no entenem per què les mascaretes tenen més radiació beta que gamma, ja que el temps de desintegració dels dos possibles elements que la provoquen tenen una vida útil més llarga que el temps que hem analitzat.

Tenim la creença que si s'haguessin analitzat durant més estona hauríem vist una tendència diferent perquè hi hauria donat més temps per què els elements de l'aire es desintegressin.

Mascaretes sense utilitzar



Gràfic 6: Anàlisi de la radiació inicial a les diferents mascaretes

En aquesta gràfica es pot veure com la mascareta reutilitzable és la que té més energia al començament de l'experiment, el que explica que aquesta mascareta hagi acabat amb més energia que les altres, les altres dues, que eren les reutilitzables, han acabat quasi amb la

mateixa energia encara que la que portava filtre hagi acabat amb més energia que la que no hi portava, al contrari que en aquest gràfic.

Conclusions

En les mascaretes que són reutilitzables tenen uns nivells d'energia semblants tant en el començament com al final, però tenen un diferent decaïment. En canvi entre la mascareta no reutilitzable i la reutilitzable amb filtre el decaïment té una línia de tendència bastant semblant.

Pel que es veu a les gràfiques la mascareta no reutilitzable és la que més radiació emet, perquè és la que més radiació capta, per tant podem dir que és la que més filtra fent que més elements es quedin a la seva tela. La reutilitzable amb filtre i sense, les dues han tingut uns nivells de radiació bastant semblants pel que fa al decaïment la no reutilitzable és la que més decau i les altres dues decauen de manera diferent, ja que la que té filtre decau d'una manera constant i la que no té filtre d'una manera asimètrica decaient molt en els primers cinc minuts i després decaient de manera constant.

En conclusió la mascareta que més radiació filtra és la no reutilitzable i les altres dues són gairebé iguals pel que fa al nivell d'elements radioactius que filtren.

3.3 Anàlisi de radiografies de diversos objectes

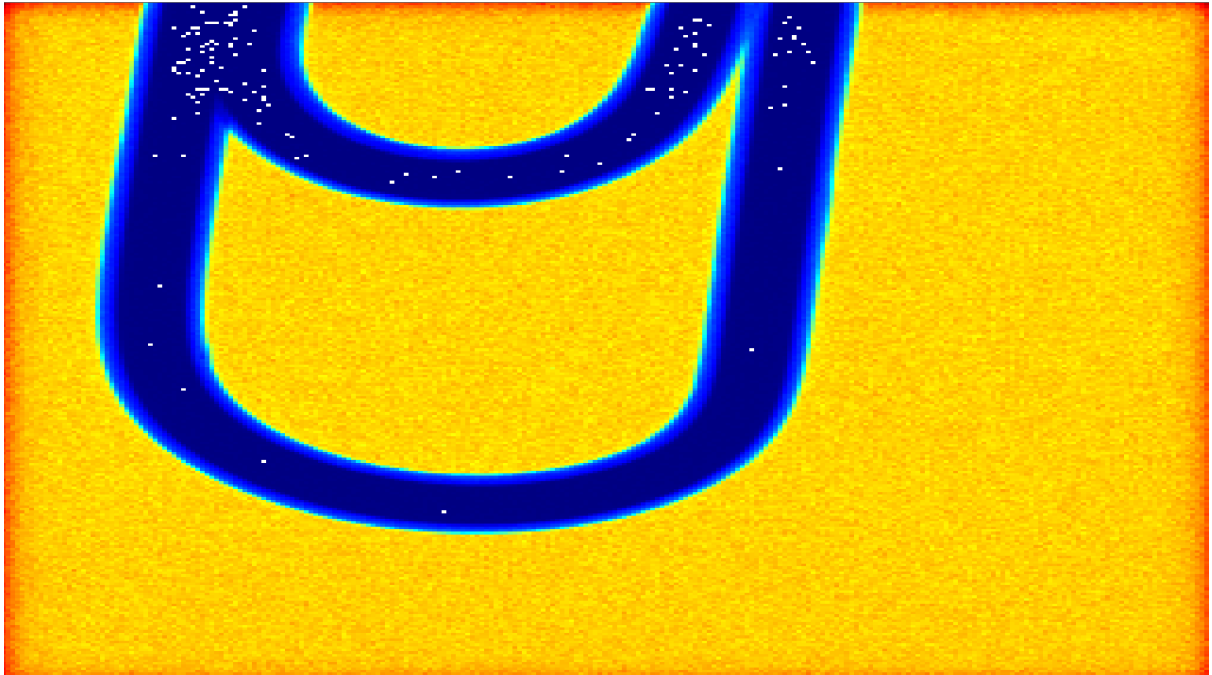
Introducció

En aquesta part analitzarem diverses imatges de teixits orgànics per veure els teixits que tenen diversos objectes inorgànics per veure la intensitat que perden els raigs X quan passen per un teixit dur i quan passen per un teixit tou.

Podem fer un anàlisi de l'energia que s'ha absorbit i podem explicar el decaïment de la intensitat pel color que hi ha quan hi ha material respecte quan no hi ha material gràcies a l'explicació de l'apartat de raigs X en la informació de diagnosi amb física.

Anàlisi d'imatges d'objectes inorgànics

El primer objecte que s'analitzarà és la punta d'un clip.



Imatge 1: Punta d'un clip fotografiat amb una màquina de raigs X

Podem veure clarament la punta d'un clip, com es pot veure el clip està fet d'un material bastant dur (normalment ferro) i per tant fa que la intensitat dels raigs X en l'espai on no hi ha clip i on hi ha clip sigui molt diferent.



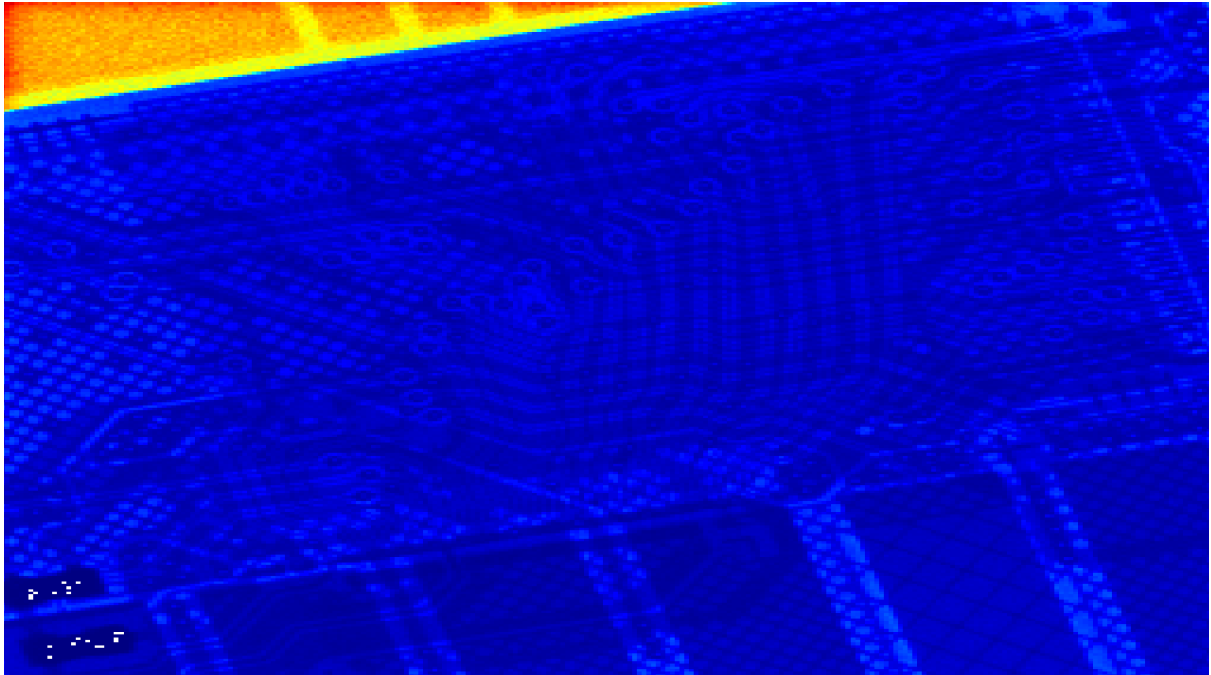
Punta d'un clip

Aquesta fotografia és la part del clip que correspon a la radiografia i com es pot veure no hi ha cap canvi de material en la seva estructura, encara que el que es va utilitzar estava

recobert de plàstic i per això hi ha una línia on hi passa més radiació i en ser un objecte que absorbeix molt bé els raigs X tampoc deixa que passi molta radiació.

En comparació amb els altres objectes el clip és dels materials que més absorbeixen la radiació dels raigs X només passant un 2,08% del total dels raigs X.

El segon objecte és una targeta SD.



Imatge 2: Una targeta SD fotografiada amb una màquina de raigs X

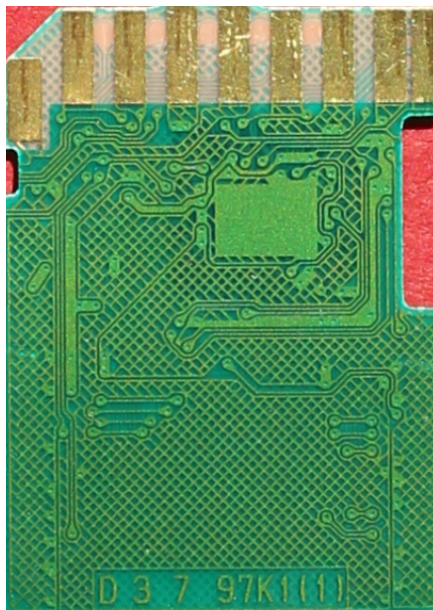
En aquesta imatge es pot veure clarament que hi ha una part de la fotografia que no hi ha targeta i per tant es veu com hi ha més energia en aquella zona (zona vermella) i com la resta de la imatge és teixit dur que fa que no traspassin bé els rajos X.

En la part on hi ha la targeta SD es veuen els circuits de la targeta i es distingeixen bastant bé fins al punt que es veu una zona on hi ha més i una altra on hi ha menys circuits. Això és perquè la part on hi ha circuits és més prima que la part on no hi ha i per tant el detector detecta més energia en aquella zona.



Fotografia d'una targeta SD

La radiografia que es va fer va ser sobre una estructura semblant a l'anterior i el plàstic va absorbir la major part de la radiació que hi falta, però dins d'aquest plàstic hi ha circuits que és el que es veu a la radiografia.

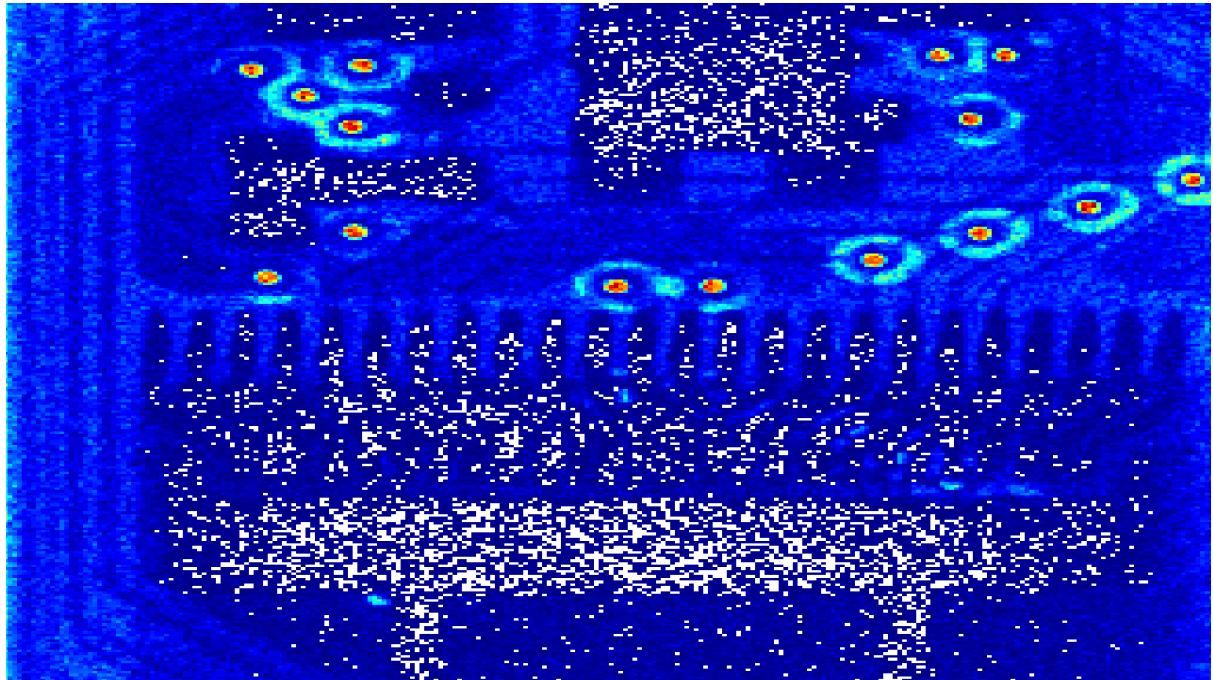


Fotografia d'una targeta SD per dins

El que es veu a la radiografia és aquesta part de la targeta SD que és on estan els circuits. Aquesta estructura amb una capa superficial que protegeix al que hi ha dins és bastant semblant a l'estructura d'un cos humà on abans d'arribar als ossos hi ha una capa d'un altre teixit que absorbeix una part de la radiació.

En termes d'energia segurament que la part de recobriment de la targeta SD és la que absorbeix la major part de l'energia i després es veuen els circuits. Finalment, la targeta SD absorbeix un 92,32% de l'energia total.

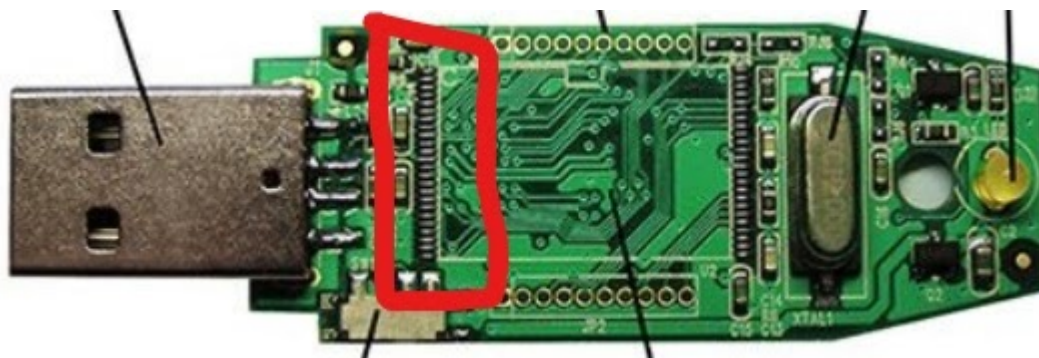
En tercer lloc hi ha el cap d'un USB.



Imatge 3: Cap d'un USB fotografiat amb una màquina de raigs X

Es veu com hi ha zones on passen bé els raigs X (zones en vermell), són uns cercles de color vermell on hi passa bé l'energia i zones on quasi no passa l'energia (zones en blanc), són punts blancs que representen zones per on no han passat els raigs X.

Gràcies a això queden 3 zones diferenciades, la primera on hi ha els cercles de color vermell, la zona on hi ha punts blancs i la zona on hi ha circuits i colors de blau fosc que deixen passar una petita proporció de raigs X.

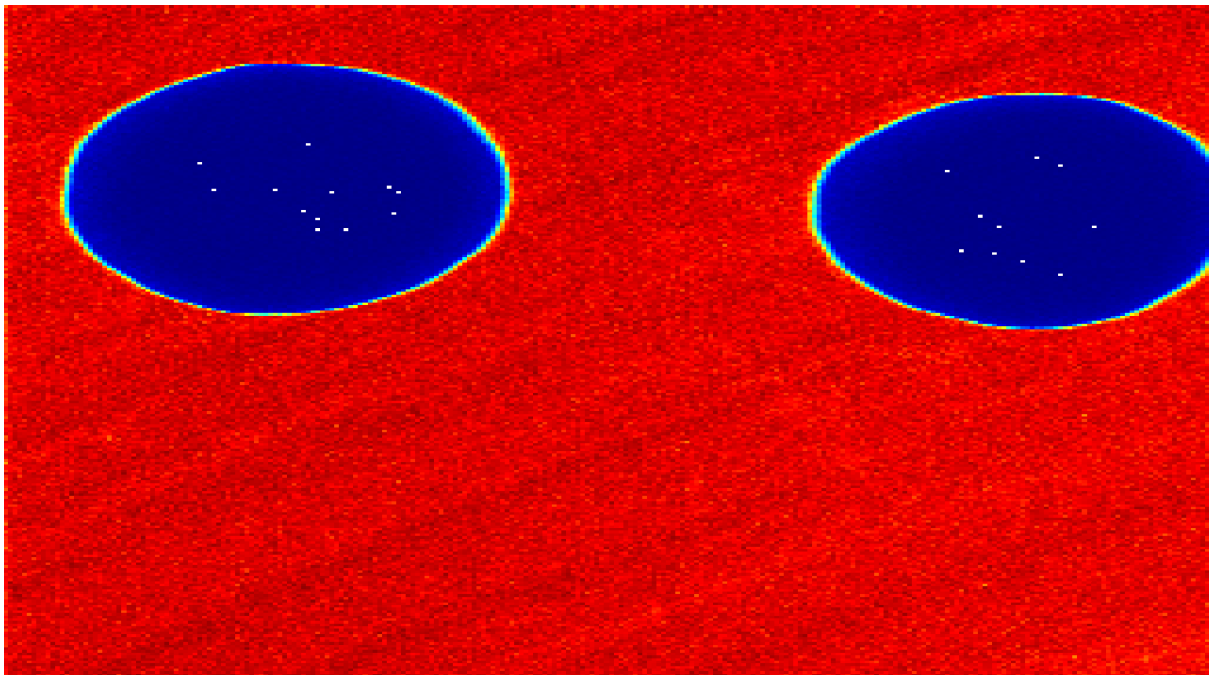


Fotografia de la part on s'ha fet la radiografia

Com es pot veure a la imatge anterior la part on hi ha forats coincideix amb la part on hi ha més radiació i per on passen els circuits i per l'altra banda es veu una part de metall que absorbeix millor els raigs X que el plàstic i per això hi ha zones per on no hi ha detecció de raigs X.

En aquest objecte no hem pogut fer l'anàlisi de l'energia absorbida perquè no tenim la referència de l'energia que tenien els raigs X amb els quals es va fer la radiografia.

La quarta imatge són dos balins.



Imatge 4: Dos balins fotografiats amb una màquina de raigs X

En la imatge anterior es poden distingir molt bé la zona on hi havia balins i l'altre on no hi havia, la zona vermella és on no hi havia cap obstacle i els dos cercles blaus era on hi estaven els dos balins.

Com els balins són un gran obstacle pels raigs X absorbeixen la major part de la radiació fent que a la major part dels cercles hi traspassi molt pocs rajos X i fins hi tot hi ha zones que no hi traspassa res (punts blancs).

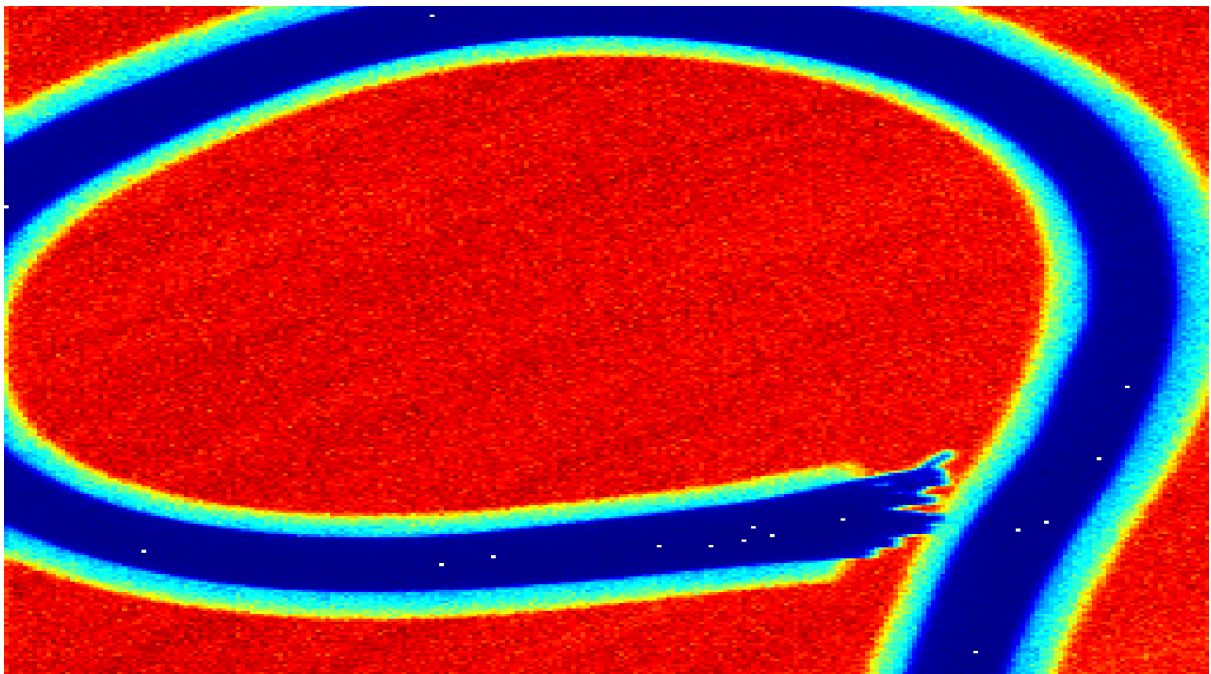
A la bora de les esferes canvia el color perquè en els balins la part més superficial té molta menys matèria que en el centre per tant encara que absorbeixi una mica dels raigs X la major part d'aquests traspassen i per això es veu un canvi de color a la vora dels balins.



Exemple de balins

El material dels balins és molt compacte i absorbeix molta de la radiació que els hi arriba, per això dels objectes inorgànics és el material que més radiació absorbeix, només deixant passar l'1,2% del total.

Per últim analitzarem la radiografia d'un cable.



Imatge 5: Un cable fotografiat amb una màquina de raigs X

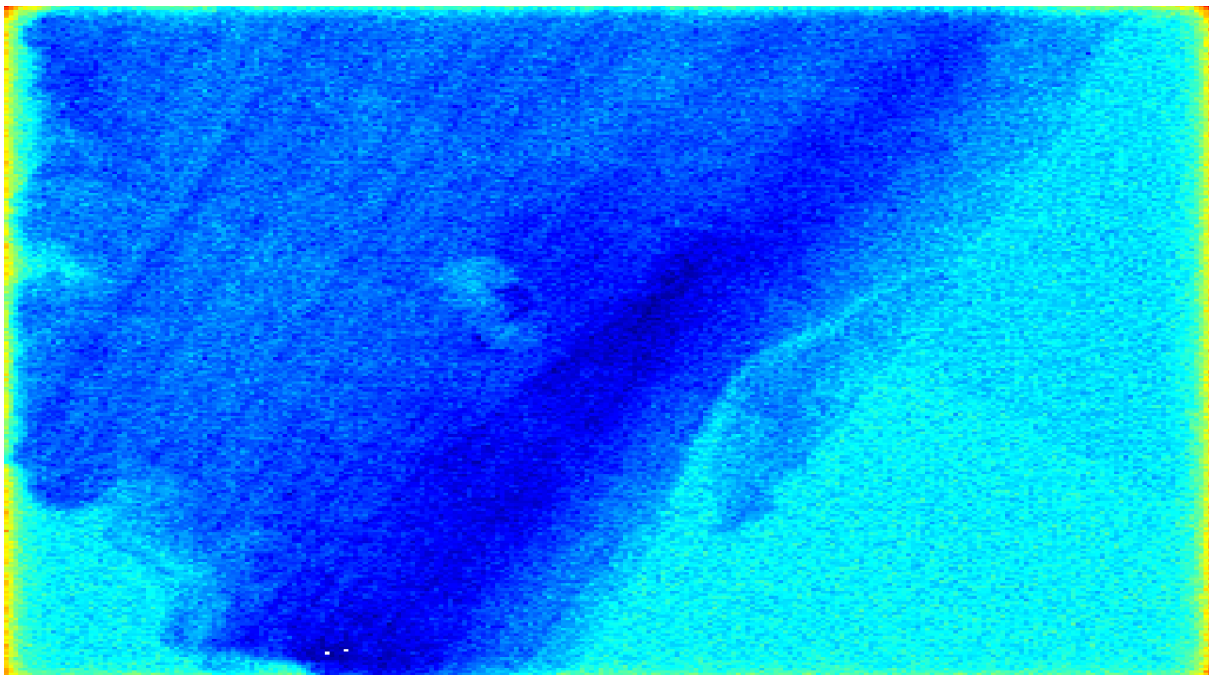
En aquesta imatge es veu un cable amb una volta. Es pot apreciar una gran diferència entre la part on hi ha cable i en la que no hi ha, això passa perquè el que envolta al material conductor (normalment coure o alumini) és plàstic, que es caracteritza per ser bastant tou i

aïllant de l'electricitat. Com el material conductor normalment absorbeix bastant bé els raigs X es veu com hi traspassen menys raigs X, en canvi en el plàstic passen bastants per això tenen un color diferent.

El ferro del cable és el que més energia absorbeix, absorbint el 97,8% de la radiació mentre que el plàstic només absorbeix el 57,54% per això és que hi ha un canvi en el color de l'interior del cable i de la bora.

Anàlisi d'imatges de teixits orgànics

El primer teixit és la fusta d'un arbre.



Imatge 6: Fusta d'un arbre fotografiada amb una màquina de raigs X

En aquesta imatge es poden veure 2 tipus de teixits, un que és més dens i dur (zona de color blau fosc) i un altre que és menys dens i més tou (zona de blau clar).

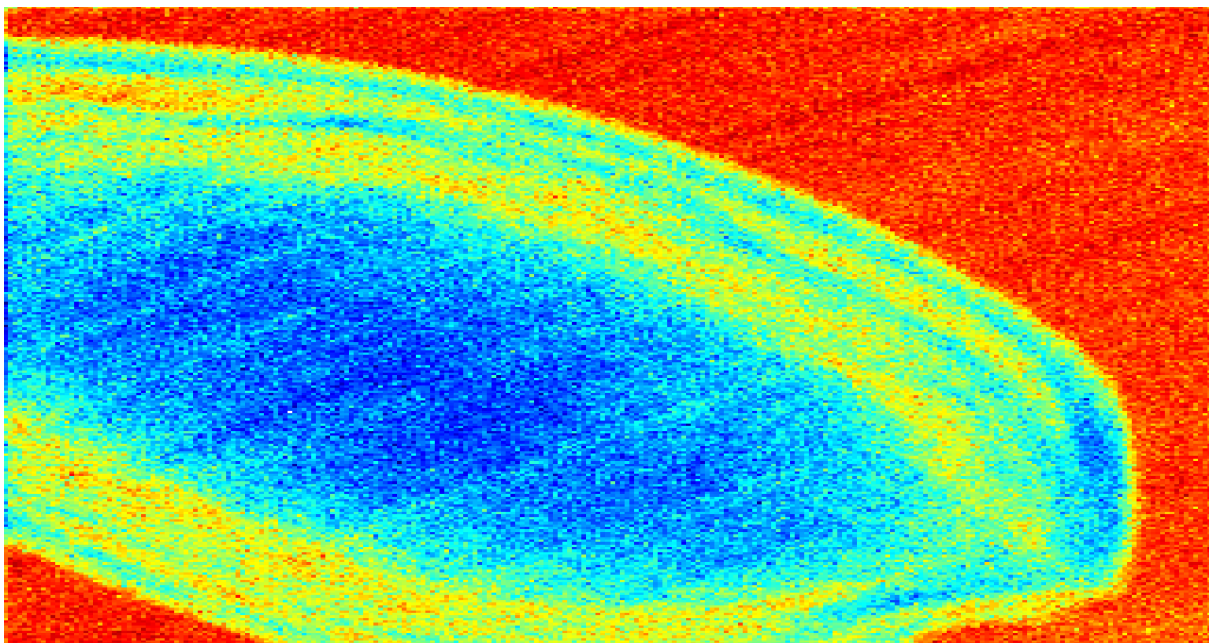


Fusta d'un arbre

La zona més fosca representa un teixit de l'escorça de l'arbre que és més dur i la resta és teixit tou de més a l'interior de l'arbre. També hi ha una espècie de cercle a la fotografia que quadra amb els cercles casuals que surten a la fusta.

En la part on més energia absorbeix la fusta queda una energia final de 62,47%, mentre que en la part on passa més energia queda un total de 74,8%. En ser dues dades molt semblants pel que fa a energia podria ser que no hi hagués canvi de teixit i que tots dos siguin el mateix però amb una part més gruixuda que l'altre.

En segon lloc hi ha la fulla d'una palmera.

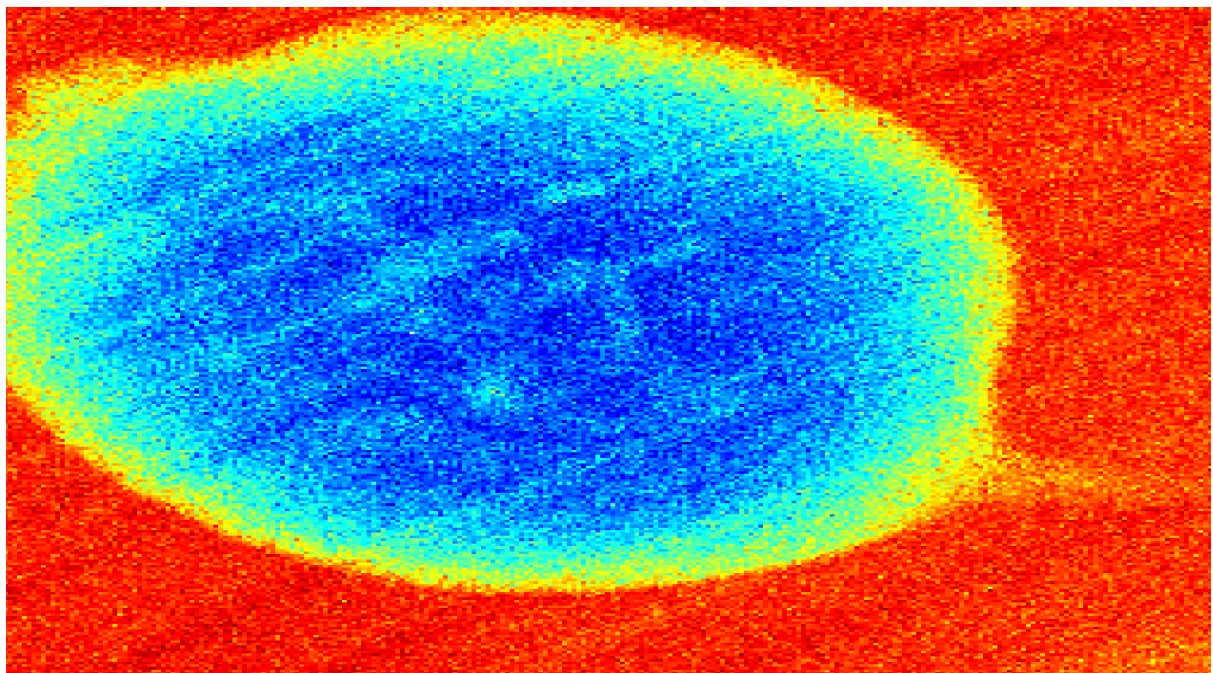


Imatge 7: Una fulla d'una palmera fotografiada amb una màquina de raigs X

En aquesta fotografia es distingeix perfectament la forma de la fulla de la palmera i com es pot veure la zona del mig és un teixit més dur i absorbent que el del de la part més externa de la fulla. Encara que podrien ser el mateix teixit, però que la zona interior tingui més grossor que l'externa el que provocaria aquesta diferència d'absorció. Com es veu a l'apartat de diagnosi amb física a l'apartat de raigs X en l'esquema de la caiguda de la intensitat encara que no hi hagi un altre teixit si hi ha més quantitat de teixit, per tant absorbirà més raigs X el que provocarà que es vegi de diferent color.

Encara que no hi hagi canvi de teixit sí que es pot veure un canvi significatiu d'energia essent un 19,61% d'energia absorbida a la zona més gruixuda i un 39,52% d'energia absorbida a la zona més superficial.

A continuació es veu una altra fulla però ara d'un pitòspor congelat.



Imatge 8: Una fulla d'un pitòspor congelada fotografiada amb una màquina de raigs X

Aquesta imatge és molt semblant a l'anterior, la qual es veia molt bé la figura de la fulla i una part on sembla que el teixit canvia degut a la diferència d'intensitat dels raigs X que traspassen.

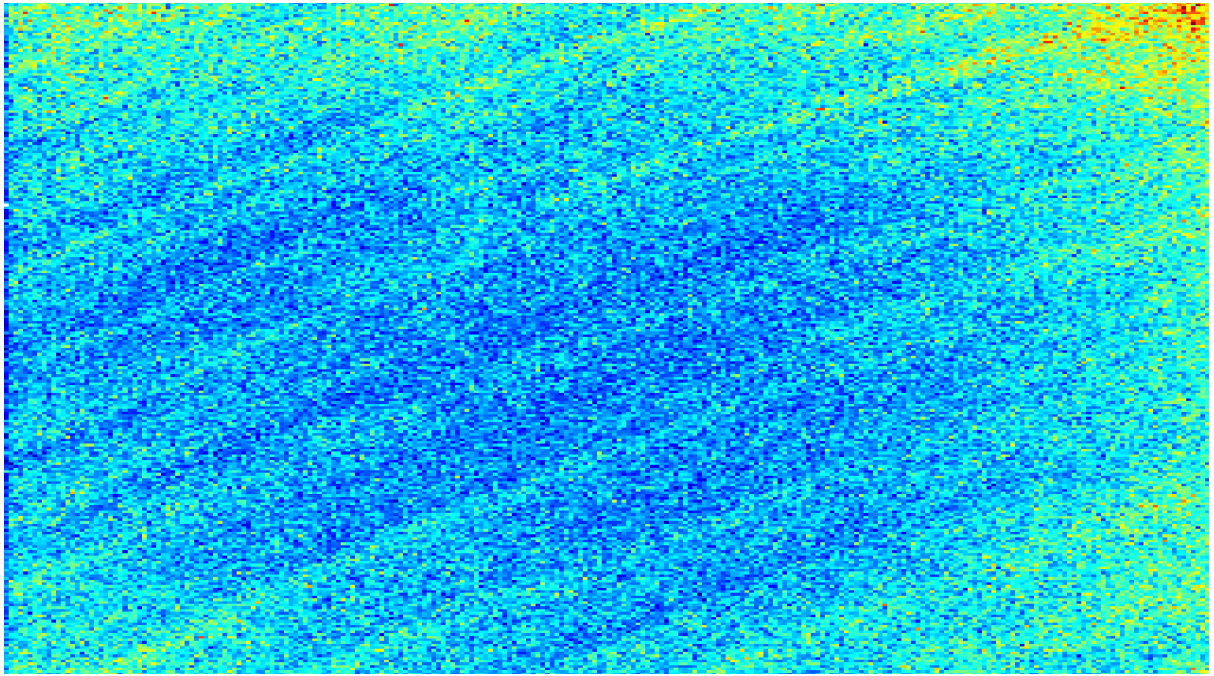


Foto d'una fulla de pitòspor

També podem extreure la conclusió que el teixit no canvia, però de la grossor de la fulla es va fent més prim quan ens acostem a les voreres de la fulla. A més el pitòspor està congelada el que provoca que si hi ha més teixit al mig de la fulla l'aigua que tenen totes les cèl·lules més interiors se solidifiqui i es vegi com un teixit més dur del que a priori hauria de tenir.

Al final el pitòspor en general absorbeix un 40,45% d'energia. Que suposem que seria menor si la planta no estigués congelada.

La propera imatge és d'un tomàquet.

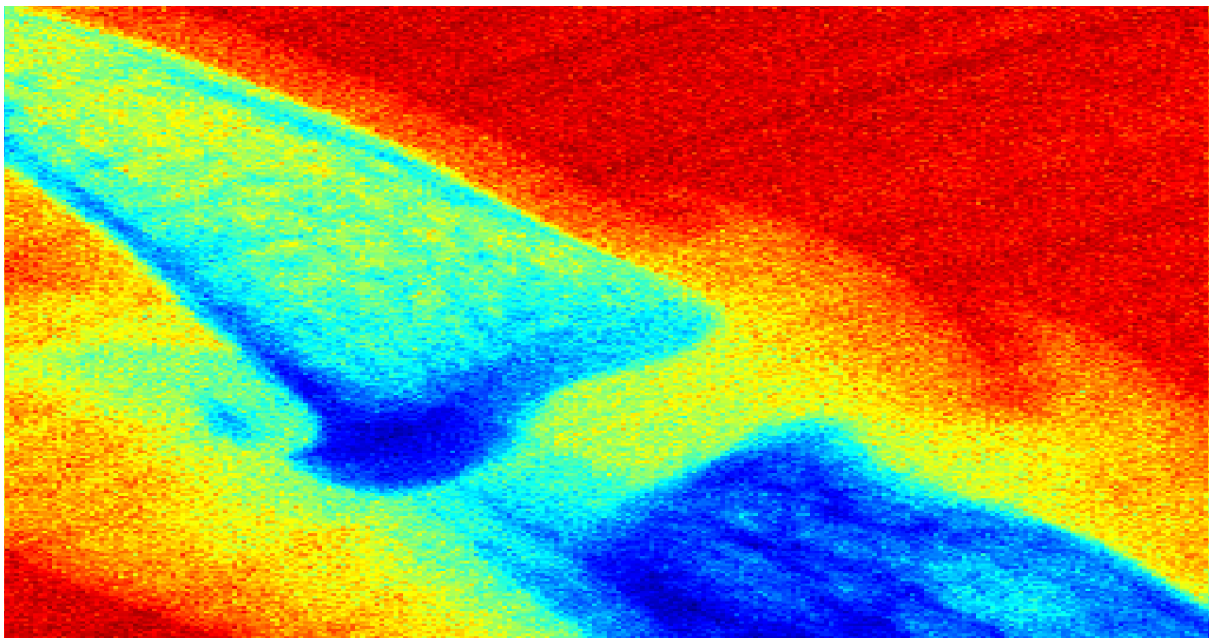


Imatge 8: Un tomàquet fotografiat amb una màquina de raigs X

Aquí es veu clarament com no hi ha un canvi de teixit en el tomàquet, això és perquè tot és teixit tou sense gaires canvis de teixits el que provoca que hi hagi pocs canvis pel que fa a la intensitat amb la qual els raigs X arriben al detector.

Per això el tomàquet deixa passar més de la meitat de l'energia que li arriba.

L'última imatge és la d'una pota de pollastre.



Imatge 9: Una pota de pollastre fotografiada amb una màquina de raigs X

En la última imatge és on més clar es veu la diferència entre els dos teixits, el teixit més blau és teixit ossi i el teixit més taronja és teixit muscular.

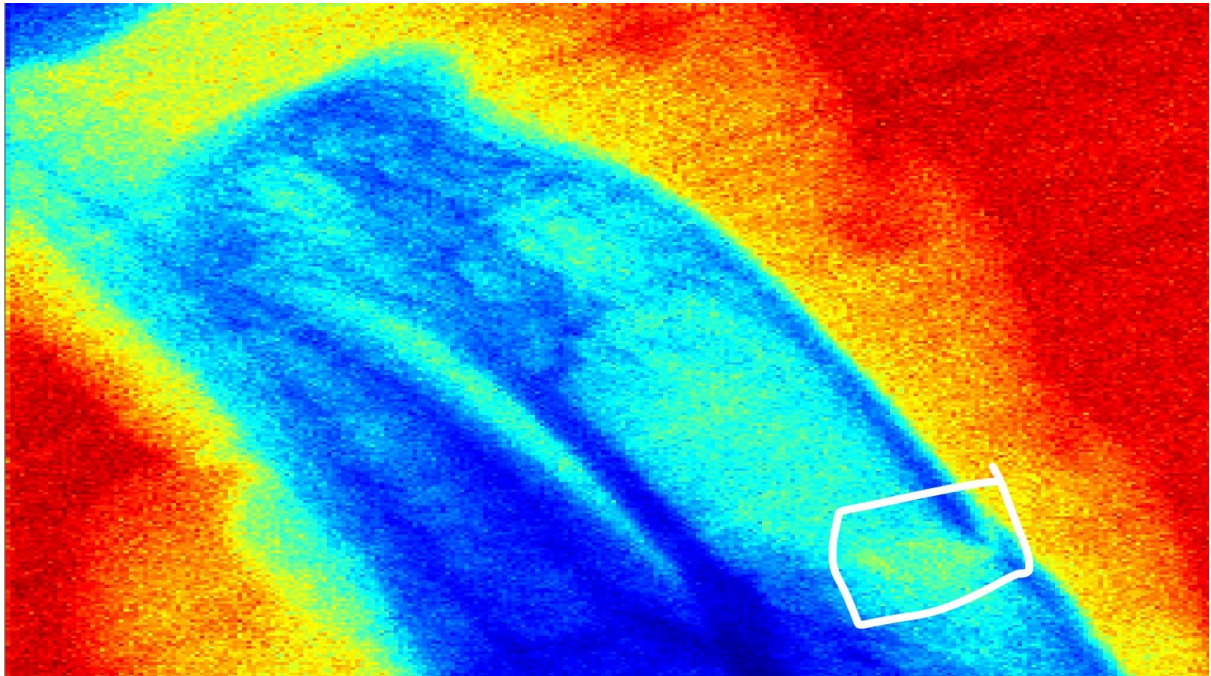
En aquesta imatge es poden distingir amb molta exactitud els dos teixits que hi apareixen i com la intensitat dels raigs X canvia depenent del teixit. Com s'explica en l'apartat del canvi d'intensitat dels raigs X quan traspassen un teixit al punt de diagnosi amb física el teixit ossi absorbeix molt més els raigs X que el teixit que no ho és i per tant es poden identificar aquestes parts del cos i per això les radiografies s'utilitzen molt al món de la medicina.



Radiografia d'un pollastre sencer marcant la part de la nostra radiografia

Pel que fa a la imatge veiem com les dues parts de l'os estan separades i a partir d'aquest raonament podrien haver-hi dues possibles explicacions. Que sigui una articulació que s'ha desplaçat més del compte o que sigui un os que s'ha trencat. En aquest cas sembla més que sigui l'articulació que té el pollastre.

En la següent imatge és veu una fractura a l'os del pollastre.



Imatge 9: Una pota de pollastre fotografiada amb una màquina de raigs X

En aquesta imatge es pot veure el mateix os que abans però més avall, on hi ha una fractura a l'os i es continua veient la separació de l'articulació.

Es nota que és una fractura perquè es veu com hi ha una separació entre les dues parts de l'os.

A partir de les dues radiografies d'abans es pot mesurar l'energia que absorbeix l'os i el teixit muscular. L'os absorbeix un 75,22% mentre que el teixit muscular absorbeix un 19,16%. A més es pot veure que dins de l'os hi ha una part més compacta que una altra, això és degut al fet que hi ha una part de l'os que està buida i una altra que no el que provoca que hi hagi més densitat d'os en una part que en una altra i que encara que hi hagi aquest tipus de teixit no absorbeix tota l'energia sinó que com més matèria hi hagi menys arribarà a passar-lo, tal com està explicat a l'apartat de diagnosi amb física a l'apartat de raigs X en l'esquema de la caiguda de la intensitat encara que no hi hagi un altre teixit si hi ha més quantitat de teixit, per tant absorbirà més raigs X el que provocarà que es vegi de diferent color.

Tractament de les dades

Per fer el tractament estadístic s'ha fet agafant les energies del programa Pixet Pro i a partir de l'energia que emetien els raigs X s'ha calculat l'energia final, la que podia traspasar l'objecte, i l'energia absorbida per l'objecte.

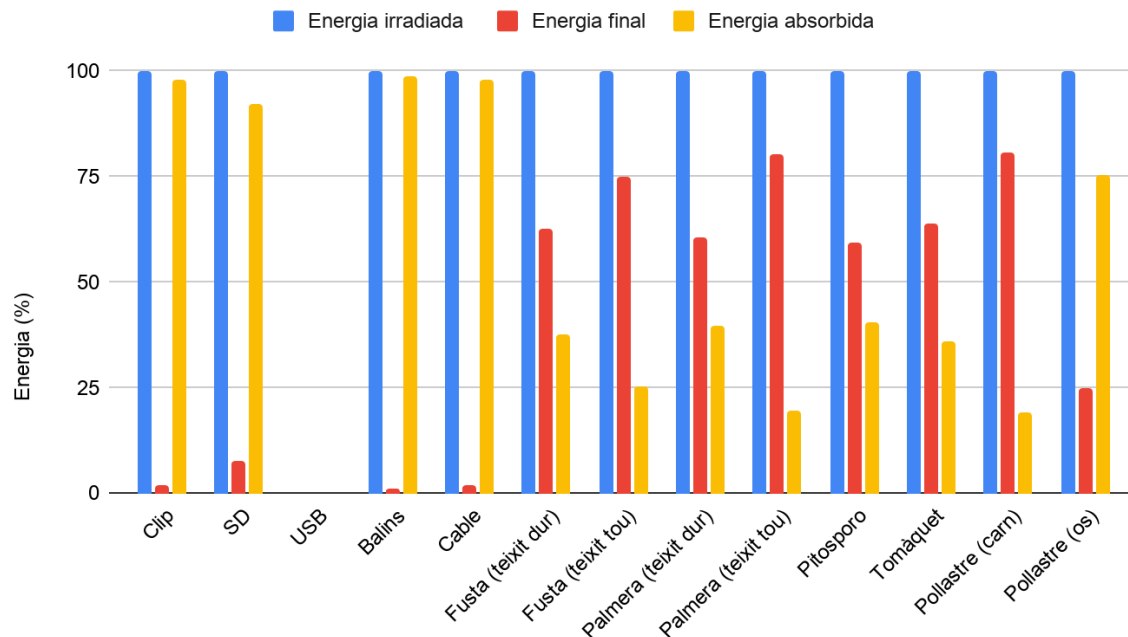
Després amb totes les energies que hem calculat les normalitzem passant-les a tant per cent i així totes les mesures tenen el mateix ordre de magnitud per poder comparar-les entre si.

	Energia irradiada %	Energia final %	Energia absorbida %	Energia irradiada	Energia final	Energia absorbida
Clip	100	2,08	97,92	5956	124	5832
SD	100	7,68	92,32	4243	326	3917
Balins	100	1,20	98,80	1248	15	1233
Cable	100	2,13	97,87	1081	23	1058
Plàstic del cable	100	42,46	57,54	1081	459	622
Fusta (teixit dur)	100	62,47	37,53	7751	4842	2909
Fusta (teixit tou)	100	74,80	25,20	7751	5798	1953
Palmera (teixit dur)	100	60,48	39,52	1336	808	528
Palmera (teixit tou)	100	80,39	19,61	1336	1074	262
Pitosporo	100	59,55	40,45	1335	795	540
Tomàquet	100	64,04	35,96	342	219	123
Pollastre (carn)	100	80,84	19,16	1336	1080	256
Pollastre (os)	100	24,78	75,22	1336	331	1005

Taula 6: Comparació de les energies dels diferents materials

Mitjançant les dades anteriors es poden comparar utilitzant un gràfic de barres per veure de cada material quin és el percentatge d'energia que queda i el que s'ha absorbit.

Diferències entre l'energia (%)



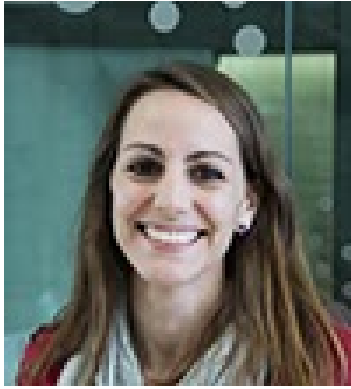
Gràfic 7: Comparació de l'energia que absorbeixen els diferents materials

En el gràfic anterior es pot veure una clara diferència entre els objectes inorgànics que absorbeixen molta radiació i els teixits orgànics que no absorbeixen tant i es poden veure amb claredat el canvi de teixit per l'energia absorbida.

3.4 Entrevista a Clara Vilches sobre la relació entre la física i la medicina en la investigació

Objectius de l'entrevista: Conèixer una investigació que s'està portant a terme que relacioni les dues ciències, conèixer una mica la situació de la investigació a Espanya i saber com és el treball d'investigació.

Clara Vilches Caubet és una investigadora d'ICFO que va estudiar biomedicina i està treballant en la recerca d'una cura per al càncer mitjançant la nanofotònica.



Fotografia de Clara Vilches

1. Quin és l'objectiu principal de la investigació en la qual vostè participa? Quina és la relació entre física i medicina que hi ha en aquest projecte?

El meu principal projecte és l'aplicació de la llum i les nanopartícules d'or per tractar el càncer.

El que fem nosaltres és injectar nanopartícules d'or que s'acumulen en un tumor i aquestes partícules tenen una propietat òptica especial en incidir llum a una longitud d'ona concreta aquestes partícules s'escalfen moltíssim.

Fa uns vint anys a una persona se li va acudir ficar-ho a una cèl·lula i matar-la i això ho podem fer amb cèl·lules canceroses i que les partícules del voltant no siguin afectades per aquesta pràctica. Utilitzem aquesta propietat per eliminar teixit malalt i el teixit sa no es mor.

La investigació és molt lenta i nosaltres ara estem investigant amb ratolins i amb això estem desenvolupant totes les idees que volem fer, però és tan fàcil com dir que posem partícules d'or a un tumor i el tumor es mor i tot va bé sinó que hi ha un procés d'investigació molt extens abans de veure si l'experiment és exitós. Per exemple s'ha d'investigar quin tipus de partícules es posa perquè no totes interaccionen igual amb la llum i estudiar com introduir-les al torrent sanguini i estabilitzar-lo perquè s'acumuli només a les cèl·lules diana i investigar tot això és més difícil que només resumir el que es fa. Perquè primer es fa en cèl·lules, després es passa a un model amb ratolins i a partir d'això busques com fer-lo com per exemple quina quantitat de partícules, quantitat de llum, quina és la resposta, etc. Perquè cada individu és diferent i s'ha d'investigar amb molts animals per veure quines diferències hi ha amb cadascun. Ara portem cinc anys i mig en aquest projecte i hem avançat molt, però encara queda moltíssim treball per fer, no està per treure el mètode demà i curar persones amb aquest mètode, però estem en fase preclínica, és a dir, treballem amb animals abans de fer-ho amb persones.

2. De tota la investigació quina part fa vostè? Quina és la seva formació base?

En aquests projectes s'ha de ser expert en quasi tot, però jo vaig estudiar biotecnologia, vaig fer el doctorat en biomedicina i vaig entrar a ICFO per aportar la part de biologia al projecte. Els físics saben què fer amb la llum i com utilitzar-la, però no sabien una vegada dins de la cèl·lula què passava amb aquesta llum. Ara ha canviat una mica, però quan jo vaig entrar hi havia un físic, una química (que

s'encarregava de fer la part de les partícules d'or) i jo. Després entre tots havíem d'analitzar què és el que passava dins d'una cèl·lula, teixit o organisme i aquí és on jo podia aportar aquest coneixement sobre biologia, però els meus companys se'n van posar les piles amb biologia i jo vaig fer el mateix amb física. Al final dins del context de l'experiment has de saber més o menys de tots els camps, perquè vas aprenent amb els altres experts i per això no has de tancar-te en només el teu tema sinó que has d'entendre més o menys de tots els camps. És per això que cada vegada més aquest tipus de projectes són més interdisciplinaris i multidisciplinaris perquè només sabent molt sobre física o biologia no arribem a cap lloc en investigacions d'aquest nivell.

3. Ha hagut de formar-se en altres àrees diferents de les que va estudiar per fer aquesta investigació?

Per nosaltres és una formació contínua, ens estem formant en cada projecte perquè sempre hi ha coses noves, per això t'has de formar sigui de manera activa amb cursos o sigui de manera inactiva mentre treballes amb experts d'altres matèries, perquè quan no saps alguna cosa et preguntes com funciona i preguntes o ho investigues. Això comprèn des de treball manual fins a informació teòrica o anàlisi de dades si no saps com fer un tractament estadístic.

Llavors sempre ens estem formant, normalment molt enfocat al teu projecte, però sempre estàs aprenent sobre diversos camps.

4. Com sorgeixen aquests projectes interdisciplinaris? Quins beneficis aporten a la societat? I a vosaltres com investigadors?

Jo no soc l'encarregada d'això, però aquests projectes moltes vegades surten de la curiositat, perquè normalment ho formula una persona especialitzada en un tema i vol aplicar-ho a una altra àrea de coneixement com és el nostre cas amb l'energia de la llum per escalfar partícules, per això si tens curiositats comences a anar a algunes conferències reunions i vas a fer seminaris. En això, per exemple una persona especialitzada en fotònica, dona una xerrada a un hospital i pot ser que un metge s'interessi i que doni idees amb les quals un projecte amb fotònica i medicina es podria desenvolupar. També passa a l'inrevés, metges que assisteixen a xerrades i se'ls acudeix que el que estàs fent pot ser aplicat a una altra malaltia. Per això jo crec que això sorgeix de l'interès de persones que volen fer recerca científica. Per exemple nosaltres ara estem investigant en medicina, però també es pot aplicar en altres diverses àrees i també serien projectes interessants.

En aquesta investigació el benefici a la societat és molt evident perquè es tracta de tractar el càncer i la repercussió a la societat es veu molt fàcilment, però encara que sigui per al càncer es podrà aplicar en altres situacions perquè ens ha passat que quan anàvem a publicar els resultats i que un metge ens digui que si es podrien eliminar un altre tipus de cèl·lules que no siguin canceroses.

Nosaltres com investigadors sabem que el que fem no tindrà un efecte immediat en un pacient, però en llarg termini el que nosaltres deixem publicat sí pot servir per a les properes investigacions i això sí que pot ser rellevant per un futur més llunyà. Per mi és com un granet d'arena en aquesta investigació perquè no som els únics que fem això i si la nostra investigació ajuda a una altra jo ja estaré agraïda. M'agrada

pensar que d'aquí a alguns anys un tractament tindrà una part del nostre projecte i que ha sigut important per al desenvolupament d'un tractament per al càncer. A mi m'agrada molt la investigació i pensar per fer-me preguntes i trobar resposta a aquestes preguntes i saber si tenia raó o si no la tenia. Penses que encara que estiguis molt allunyat de la clínica, això pot ser important per un futur.

5. Quin creu que serà el futur de les dues ciències (física i medicina)? En quines àrees de cadascuna creu que es produirà un major desenvolupament?

La veritat és que el grafè és el nou material que tothom està investigant i nosaltres aquí a ICFO estem fent diverses recerques amb aquest material. Crec que tindrà bastants aplicacions tant en física com en medicina com per exemple per tenir sensors d'insulina.

En l'àmbit del qual jo faig que és nanomedicina crec que es millorarà molt la capacitat de fer tractaments dirigits i la personalització dels diferents tractaments perquè cada pacient tingui el seu personalitzar que s'ajusti més al seu organisme en fer nanoformulacions ajudarà molt a fer un tractament més efectiu, per exemple s'està aconseguint que els tractaments de quimioteràpia arribin millor i que no tinguin tants efectes secundaris.

En la física crec que es desenvoluparà molt les imatges per la diagnosi de malalties i tenir més diagnosi personalitzada al pacient.

Jo crec que en els pròxims cinc anys es parlarà molt més d'això, que és el que ha passat amb la immunoteràpia que fins feia molt poc no s'havia sentit molt, però ara s'escolta molt.

Jo crec que la investigació és com una piràmide on la base és la investigació bàsica en una ciència, després la translacional que seria a què podem aplicar aquesta investigació i a la punta estaria l'impacte definitiu a la societat. Cada ciència té la seva part que la diferencia i s'ha de tenir una base molt sòlida en aquestes dues ciències per començar a fer una investigació que agafi les dues ciències i les treballi en conjunt.

Nosaltres estem al mig perquè estem investigant les possibles aplicacions, en aquest cas de la llum, i la següent fase seria el tractament als pacients. Per això crec que les dues ciències es desenvoluparan per separat per tenir una base sòlida per experimentar amb ella, però acabaran convergint per veure impactes importants a la societat.

6. He sentit a dir que en altres països la situació d'investigació està millor que en Espanya. Com està la situació en el nostre país? Hi ha bons científics?

La investigació en el nostre país està pitjor que en altres països d'Europa, però aquí a Catalunya i sobretot a Barcelona sí que hi ha un bon centre d'investigació.

Aquí a Catalunya s'investiga molt i a Barcelona hi ha moltes empreses derivades i empreses emergents sobretot en biomedicina, de fet crec que a Barcelona som pioners en empreses que investiguen temes de biomedicina, perquè com diuen diners crida a diners doncs jo dic que investigació crida a investigació i crea un clima d'investigació que és molt potent.

Del nostre país surten molt bons professionals perquè hem tingut bons programes de formació, el problema és que com a Espanya no veuen futur com investigadors

marxen a un altre país europeu, perquè veuen que la investigació està millor valorada en altres països i a més ens ho posen difícil perquè hem d'anar a convocatòries i buscar finançament pel teu projecte i més coses que et perjudiquen molt al nostre país, però que en altres països d'Europa no succeeixen. De fet ara s'estan implementant mesures perquè la gent que es forma a Espanya es quedi a investigar a Espanya i inclús tornin algunes persones que buscaven oportunitats fora. En el meu cas, jo vaig tenir una beca de l'antic ministeri de ciència i innovació i això són diners que ha pagat tothom amb impostos i després d'haver-me format amb el millor que tenies marxo fora perquè a aquest país no tinc oportunitats de treballar o de fer una investigació en condicions. És com dir que m'has donat una molt bona educació amb la universitat pública i fer el doctorat aquí i tota la meua vida he estat aquí estudiant amb els diners de tothom i ara que he de començar a produir haig de marxar fora perquè aquí no em cuides, doncs crec que no hauria de ser la filosofia. Encara que els que estem aquí ho tirem endavant amb dificultats, però al final queden bones investigacions i de fet hi ha molt bons investigadors, però el problema és que surt més rentable anar-te'n a un país on sí que et valorin que quedar-te en aquest país. També és veritat que hi ha bastant gent que ve a Espanya motivats per altres coses que el seu país no té.

7. Com s'aconsegueix el finançament per aquest tipus de projectes?

Hi ha dos grans grups que serien el finançament privat i la pública que et donen diners per investigar qualsevol cosa que interessi a l'empresa o que el govern vegi que pot repercutir positivament a la societat.

El finançament privat es pot aconseguir mitjançant convocatòries on tu presentes el teu projecte i l'empresa privada decideix si inverteix en el teu projecte o no.

El finançament públic que vénen de fons nacionals o europeus i és un sistema semblant que es diu convocatòria competitiva on hi ha unes bases i uns requisits i el govern ho valora i els millors són els que finalment es financen.

També es fan coses com "la marató de TV3" que és mitjançant donacions de gent, no de grans entitats, i és cert que en Espanya no està tant estès el finançament col·lectiu o la donació a la ciència directament. És veritat que la marató aconsegueix molts diners, encara que no siguin suficients, a través dels ciutadans i no crec que sigui tant el que la gent no vulgui donar a la ciència perquè després surten iniciatives com aquestes i aconsegueixen recollir molts diners per aquestes investigacions.

La investigació bàsica és la que més costa aconseguir finançament perquè la persona que està pagant-te no pot veure l'impacte real que pot tenir a la societat, però en el futur segurament gràcies a aquesta investigació bàsica es pot treure molt de profit utilitzant la informació de la teua recerca. Sempre és més fàcil dir que vas a provar un fàrmac o una teràpia per tractar una malaltia directament no dir que vas a fer una cosa que no sap per què pot servir.

També és veritat que de vegades aconsegueixes el finançament per una investigació i resulta que el que creies que anava a sortir no surt i llavors la persona que ha invertit no té el resultat i veu una pèrdua de diners, però realment no és així perquè sempre hi ha coses que es poden treure d'un experiment que no ha sortit com s'esperava.

Crec que és un error que hi hagi governs que no aposten per la investigació, perquè no veuen efectes immediats, que és veritat, però que sí que és veritat que a mig-llarg

termini sí que acabaran servint, també és veritat que al començament és lent, però una vegada que s'ha invertit i ha estat ben invertit es veuran bons resultats. Estic segura que els països que més solen invertir en investigació han passat la pandèmia molt millor que els països que no solen invertir perquè aquests últims no tenien els coneixements per fer front a aquesta situació.

8. Al seu criteri, els governs hi haurien d'invertir més en aquests projectes o pel contrari han de ser les empreses les que han de decidir en quins camps investigar?

“Jo crec que les dues entitats haurien d'invertir més i que es promogui molt més la investigació, hauria de ser de les prioritats dels governs, encara que ara mateix no ho sigui i s'ha vist que no és suficient ara amb la COVID-19, perquè es necessita una vacuna i es necessiten molts diners per investigar, però també crec que la malaltia també ens costa molts diners, inclús més que la investigació en aquesta malaltia. Hi havia una frase que vaig veure al principi de la meua carrera a un seminari que deia així com “si crees que investigar es caro imagínate lo cara que sale la enfermedad”, significa que encara que investigar sigui car que la gent estigui malalta és més car perquè mentre la gent està malalta són persones que no produeixen res.

La meua opinió és que la inversió en ciència mai és suficient perquè sempre s'ha d'estar investigant per aconseguir uns bons resultats i continuar avançant com a societat. Encara que aconseguir més finançament és molt difícil perquè hi ha molta burocràcia que dificulta la investigació.

El principal problema pel qual no s'aconsegueix finançament és perquè la política busca solucions molt immediates i que es vegin resultats d'un dia per l'altre i com la investigació triga molt a veure resultats de vegades es deixa de banda, encara que jo espero que a poc a poc s'inverteixi més en ciència i més inversió crida a més entitats i més investigació i al final es generen empreses derivades i empreses emergents i per això la investigació és un cercle.

No hi ha suficients diners perquè els investigadors competim per aquests pocs diners que s'inverteixen i a vegades et donen la meitat de la meitat dels diners que es necessitaria per portar a terme el projecte en bones condicions. De fet avui he vist un titular que deia “España a la cola de I+D” i en aquest titular explica coses com “un estudio de la Fundación Cotec basado en datos del ejercicio 2019 muestra que países como Grecia o Polonia, con una renta per cápita inferior a la española, han superado a España en inversión en I+D en relación con el PIB”

És això, no voler veure que la inversió en investigació és primordial i porta un benefici per a tots els nivells de la societat i dona riquesa en cultura a molts nivells.”

ara en castellano

Política Opinión Economía Sociedad Media Internacional Deportes

COVID-19 Què es pot fer i què no durant les festes de Nadal

España, a la cola de inversión en I+D

Países como Grecia o Polonia ya superan a España en inversión sobre el PIB

3 min. BARCELONA 30/11/2020 22:22 Traduccions: CAT / CAS / ENG



EDITORIAL
+ Segueix-me

0

Comparteix

Guarda



Titular de la notícia "España a la cola de I+D"

9. En la seva opinió, treballar en aquests projectes està ben remunerat? Quins altres incentius té treballar com investigador?

A Espanya ens ofereixen salaris bastant baixos, perquè per la labor que fem i crec que aquest treball està infravalorat i com parlàvem abans la gent marxa a altres països.

Jo sí que he de dir que no em falta de res i no m'he de queixar, però sí que conec persones que tenen el mateix càrrec que jo o persones que van a una convocatòria postdoctoral i els ofereixen 24 mil euros a l'any bruts per la màxima formació que pots tenir en la teva àrea. Tampoc tot és el sou, però la veritat és que has de menjar i hi ha vegades que està ajustat. Estic parlant de la investigació pública que és el que jo més conec, però segurament que les farmacèutiques també fan investigació i és igual de vàlid, encara que és una altra lliga que jo no conec, però el que jo conec sí

que hi ha investigacions que estan poc valorades. Encara que hi ha unes altres beques europees com la Marie Curie que sí que és veritat que et donen millors condicions.

Crec que en l'àmbit personal l'incentiu més gran per fer investigació en ciència és tenir una pregunta i poder aconseguir una resposta i et dona una satisfacció personal més gran, a més de les idees que tenim els investigadors i la curiositat per saber si estàvem equivocats o no. Encara que fem moltes vegades el mateix cap dia és el mateix en investigació i sempre estàs expectant per veure què passarà aquell dia i al final fem treball rutinari perquè en ciència has de demostrar que sempre o quasi sempre succeeix igual i no que és fruit de l'atzar i per això ho has de fer tot moltes vegades, però a mi no m'importa, perquè té la seva cosa d'intriga i quan finalment surt sents una satisfacció molt gran i em sembla a una història que cada investigació té molts capítols i quan tanques un perquè quadra tot sents una satisfacció molt gran. No tenim aquests moments cada dia i és per això que quan tens un pensament que bonic que quadra tot el que he estat fent durant tant de temps.

10. Quins, al seu criteri, són els millors països per investigar en ciència?

Jo no conec més països, per sort o per desgràcia no he tingut l'oportunitat o necessitat d'anar a un altre país a investigar. Normalment pensem països que inverteixen molt en investigació com ara Alemanya o Estats Units, però potser el sistema és diferent i no sé fins a quin punt és millor, però el que sí que és veritat és que hi ha molta més investigació. Si parlem de la quantitat d'investigació sí que et puc dir, el primer sense cap dubte seria Estats Units, després a Europa en països com Alemanya, França o Anglaterra perquè la investigació està més valorada, però al nostre país s'estan fent moltes millores, sobretot pel que fa a divulgació científica perquè els investigadors estiguem millor valorats, perquè inclús jo penso que la ciència limitada al laboratori, els papers o els articles científics estan molt bé per als que entenem de ciència, però la gent que no sap s'ha d'adonar del que estem fent gràcies a la divulgació científica. Per exemple ara amb la situació de pandèmia tothom parla de PCR, antígens, anticossos, vacunes, etc. però per descobrir totes aquestes coses s'ha d'investigar i malauradament gràcies a aquesta pandèmia s'ha impulsat una mica més la idea que s'ha d'invertir en aquestes coses.

11. Hi ha més treball en investigació pública o com a professional en empreses privades? Hi ha inconvenients o avantatges d'un respecte de l'altre?

Jo tota la meua vida he treballat en la investigació pública, per això no conec molt l'empresa privada, però crec que hi ha de tot, hi ha treball tant en la pública com en la privada, però les condicions són diferents.

No crec que hi hagi cap avantatge en qualsevol de les dues, si vols mirar com estan les ofertes hi ha una pàgina web que es diu biocat (borsa de treball) on pots veure les ofertes de treball que hi ha en un moment determinat en Catalunya i així pots veure les diferents ofertes d'uns i altres.

Palabra clave Entidad/empresa

Tipo de entidad Perfil Área funcional Sector Ubicación

Deadline	Offer	Offer	Company/institution	Entity type	Sector	Profile	Location
20.12.2020	SCIENTIFIC IT AND GENOMICS LAB MANAGER (ref. LAB/20/11)		IRB Barcelona	Centro de investigación	Investigación biomédica	Técnico/a de investigación	Barcelona
22.12.2020	Funds Manager Part-time	Funds Manager Part-time	Centre for Genomic Regulation	Centro de investigación	Investigación biomédica	Gestor/a	Barcelona
23.12.2020	Director de Proyectos Senior en Industria Biotecnológica		Stalicia DDS	Empresa	Biotec	Gestor/a	Barcelona
23.12.2020	Technician at the Signal and Information Processing for Sensing Systems Research Group	Technician at the Signal and Information Processing for Sensing Systems Research Group	IBEC (Institute for Bioengineering of Catalonia)	Centro de investigación	Biotec	Técnico/a de investigación	Barcelona
23.12.2020	Tècnic de Premsa per a la Unitat de Comunicació i Mecenatge		IDIBELL	Centro de investigación	Investigación biomédica	Otros	Barcelona
24.12.2020	Tècnic Laboratori Control Qualitat		PROVITAL	Empresa	Otros	Técnico/a de investigación	Barcelona
24.12.2020	Farmacèutic pel Servei de farmàcia de l'Hospital Universitari de Bellvitge (HUB)		IDIBELL	Centro de investigación	Investigación biomédica	Técnico/a de investigación	Barcelona
24.12.2020	Project Finance Manager	Project Finance Manager	ISGLOBAL	Instituto de investigación sanitaria	Investigación biomédica	Otros	Barcelona
25.12.2020	TÈCNIC/A LABORATORI - BANC DE MOSTRES BIOLÒGQUES (REF. TEC_KS_78)	TÈCNIC/A LABORATORI - BANC DE MOSTRES BIOLÒGQUES (REF. TEC_KS_78)	Institut de Recerca contra la Leucèmia Ivan Fomareux	Centro de investigación	Investigación biomédica	Técnico/a de investigación	Barcelona

Biocat (borsa de treball)

12. Quina formació tenen les persones involucrades en aquests projectes?

En el meu treball jo soc l'única de biologia, la majoria són enginyers, físics i químics. Depenent del projecte tenen un grau de formació o un altre, per exemple en el meu hi ha un cap, que és el que ho coordina tot, jo, que soc una postdoctoral i un predoctoral que està fent la tesi. Normalment, cada projecte té el seu cap, de vegades aquest cap ho és de diversos projectes, un o dos investigadors postdoctorals i un o dos predoctorals. També hi ha tècnics de laboratoris que preparen les coses del laboratori, però aquests tècnics cada institució té el seu i amb diferents feines, també hi ha col·laboradors que en el nostre cas serien doctors per preguntar-los com fer diverses coses, per provar noves coses que no saben com sortirien o per ajudar-nos a analitzar les dades des del punt de vista de la malaltia.

13. Amb quina edat se sol treballar en aquests projectes? Hi ha molts joves en aquests projectes?

Normalment, els predoctorals són els més joves, però l'altra gent també són bastant joves, perquè sense comptar el meu cap la més gran soc jo i tinc trenta-cinc anys i de fet el meu cap també és molt jove, no deu tenir més de quaranta-cinc anys. Sempre hi ha excepcions, però per norma general els investigadors no arriben als trenta anys.

14. En aquests tipus de projectes se sol treballar en grup? Hi ha molta diversitat? Com se superen els xocs culturals?

Normalment, treballem individualment, però quan fem qualsevol cosa ho posem en comú, per exemple jo m'encarrego de les partícules i el predoctoral fa el que ell ha de fer, però quan anem a l'hospital a fer les pràctiques ho fem conjuntament i

discutim els resultats entre els dos. Tu tens molta connexió amb el teu grup més immediat, però també tens bastant connexió amb el grup més general.

Sí, hi ha bastant diversitat, de fet soc l'única espanyola del meu grup, ICFO té moltíssimes nacionalitats diferents, som unes 400 persones i em sembla que hi ha unes 30 nacionalitats diferents. La major part de la gent prové d'Europa, però també hi ha gent que ve d'altres parts del món com de l'Índia o d'Amèrica Llatina.

Hi ha vegades que sí que tenim xocs culturals, encara que intentem minimitzar-los, però em recordo que una vegada una noia polonesa que et deia qualsevol cosa i semblava que t'estigués fotent un esbranc, però era realment una cosa cultural, perquè passava sense voler i sense tenir la intenció. De fet ICFO promou molt la bona vibra entre tothom, per exemple abans de la pandèmia quan es podia fèiem el dia del menjar internacional i portàvem diferents tipus de menjar de diferents parts del món o també celebrem bastants celebracions locals com la castanyada per donar a conèixer una mica la cultura d'aquí, o sigui no només fem ciència, també ens ho passem bé. Normalment, parlem en anglès per comunicar-nos entre nosaltres, és com la llengua oficial d'ICFO.

Finalment aquesta entrevista ha aconseguit satisfer tots els objectius.



Fotografia durant l'entrevista

Conclusions

En aquest treball he pogut aprendre molta informació que desconeixia sobre el món de la física i de les seves aplicacions al món de la medicina i ha sigut un gran repte fer aquest treball sobre aquestes dues ciències que m'apassionen.

En qüestió d'objectius he aconseguit fer-los tots, cadascun en una part del treball. El primer i segon objectiu es veuen reflectits en tota la part teòrica perquè al començament s'ha fet una recerca d'informació que es podria utilitzar a la medicina i a la part 2 "Aplicacions mèdiques que tenen de base la física" és on s'ha aconseguit ajuntar la física i la medicina. El tercer objectiu s'ha aconseguit dur a terme amb l'apartat 2.3 "Informació sobre la investigació a medicina amb física" i a l'última part de la part pràctica "Entrevista". El quart i setè objectiu s'ha aconseguit amb els tres primers apartats de la part pràctica on he hagut de utilitzar el Timepix per fer diferents operacions en cadascuna de les pràctiques, però només en l'apartat 2.3 "Anàlisi de radiografies de diversos objectes" és on s'ha fet la pràctica basada en raigs X. Finalment, el cinquè i sisè objectiu s'han aconseguit als dos primers punts de la part teòrica.

Una vegada finalitzat el treball hem concluit que les nostres hipòtesis són correctes. Encara que ja hi hagi moltes aplicacions de física en medicina, això continua investigant-se i hem après que no és possible el descobriment d'una solució d'un problema d'una determinada ciència si les altres no evolucionen conjuntament, ja que molts dels mecanismes que s'utilitzen per estudiar una determinada ciència han sigut desenvolupats en una ciència diferent i després han trobat una aplicació per a l'altre.

Aquest projecte es podria millorar en el segon punt de la part pràctica on s'ha fet l'estudi del filtratge de les mascaretes, aquest s'hauria d'haver fet amb més temps recollint dades per veure millor el decaïment que tenien les mascaretes perquè no acabem de saber amb exactitud per què tenen aquesta baixada d'energia si les partícules que podem trobar a l'aire no tenen un període de vida tan curt.

En aquest projecte hem tingut bastants problemes i la majoria provocats per la COVID-19 perquè la pràctica que anàvem a fer nosaltres amb la màquina de raigs X no la vam poder fer per aquest fet, però hem utilitzat les dades d'altres anys que tenien projectes semblants

al meu i gràcies a això hem pogut fer les parts pràctiques dels raigs X i la part pràctica de l'anàlisi de partícules.

En la meua opinió el projecte ha estat ben desenvolupat i ha sigut un tema que m'ha agradat i segurament en un futur continuaré per aquest tipus de temes perquè la medicina és el que m'agradaria estudiar i la relació que té amb la física és molt ample i segurament el futur de la medicina estarà molt més relacionat amb la física.

Agraïments

Per últim, m'agradaria agrair a diverses persones el fet que el meu treball s'hagi completat correctament, aquestes persones són:

Daniel Parcerisas, que ha sigut el meu instructor durant tot el treball de recerca.

Rafael Ballabriga, que ens ha aconseguit algunes conferències amb gent del CERN i ens ha enviat el detector de partícules Timepix per poder fer les parts pràctiques.

Clara Vilches, que hem va acceptar una entrevista per al meu treball.

Per últim, la meva família que m'ha ajudat psicològicament amb el treball de recerca.

Referències

Bibliogràfiques

Sang, David; Jones, Graham; Chadha, Gurinder; and Woodside, Richard. Cambridge International AS and A Level Physics Coursebook. Segona edició. Cambridge University; 2017; (Cambridge University Press) pág. 506-525.

Digitals

WIKIPEDIA. Onda [en línia]. [Onda - Wikipedia, la enciclopedia libre](#); [consulta: 24.04.2020]

ECURED. Movimiento armónico simple [en línia]. [Movimiento armónico simple - EcuRed](#) [consulta: 25.04.2020]

FISLAB. Energía, potencia y intensidad de ondas [en línia]. <https://www.fiscalab.com/apartado/energia-ondas> [consulta: 24.04.2020]

WIKIPEDIA. Mecánica cuántica [en línia]. [Mecánica cuántica - Wikipedia, la enciclopedia libre](#). [consulta: 10.05.2020]

FÍSICA.LAGUIA2000. Astrofísica leyes de Kirchoff [en línia]. <https://fisica.laguia2000.com/astrofisica/astrofisica-leyes-de-kirchoff> . [consulta: 10.05.2020]

QUIMICAFACIL. Modelo atómico de Schrödinger [en línia]. [Modelo atómico de Schrodinger • Infografías • Quimicafacil.net](#) [consulta: 10.05.2020]

CHEM.LIBRETEXTS. Representation of Orbitals [en línia]. [6.6: 3D Representation of Orbitals - Chemistry LibreTexts](#) [consulta: 11.05.2020]

BLOGSPOT. Radiactividad [en línia]. [RADIATIVIDAD: ⇨ Emisiones radiactivas \(radiactividad3cb.blogspot.com\)](#) [consulta: 11.05.2020]

WIKIPEDIA. Espectros de emisión [en línia]. [Espectro de emisión - Wikipedia, la enciclopedia libre](#). [consulta: 11.05.2020]

HOYFISICAPARATODOS. Relatividad general. [en línia] [Hoy Física: Relatividad General \(hoyfiscaparatodos.blogspot.com\)](#) [consulta: 11.05.2020]

WIKIUNIVERSITY. Relatividad especial [en línia] [Relatividad Especial - Wikiversidad \(wikiversity.org\)](#) [consulta: 11.05.2020]

WIKIPEDIA. Radioactividad [en línia]. [Radiactividad - Wikipedia, la enciclopedia libre](#). [consulta: 12.05.2020]

ESPECTROMETRIA. Espectro electromagnético [en línia] [Espectro electromagnético \(espectrometria.com\)](#) [consulta: 12.05.2020]

EXPERIMENTOSCIENTIFICOS. Rayos X [en línea]. [Rayos X - Qué son, Cómo se generan y Aplicaciones \(experimentoscientificos.es\)](https://rayosx.experimentoscientificos.es/) [consulta: 23.05.2020]

WIKIPEDIA. Tomografía axial computerizada [en línea]. [Tomografía axial computerizada - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Tomograf%C3%ADa_axial_computarizada) [consulta: 27.05.2020]

RADIOLOGYINFO. Ultrasonido (Ecografía) [en línea]. [Ultrasonido \(Ecografía\) \(radiologyinfo.org\)](https://radiologyinfo.org/) [consulta: 1.06.2020]

MEJORCONSALUD. Qué es una resonancia magnética [Qué es una resonancia magnética — Mejor con Salud \(as.com\)](https://mejorconsalud.as.com/qu%C3%A9-es-una-resonancia-magn%C3%A9tica/) [consulta: 3.06.2020]

WIKIPEDIA. Ecografía Doppler [en línea]. [Ecografía Doppler - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Ecograf%C3%ADa_Doppler) [consulta: 23.11.2020]

FUNDACIONRCOMS. Estimulación eléctrica en la fisioterapia: TENS y Iontoforesis [Estimulación eléctrica en la fisioterapia: TENS y IONTOFORESIS - FundacionconSalud \(fundacionrcoms.com\)](https://fundacionrcoms.com/estimulacion-electrica-en-la-fisioterapia-tens-y-iontoforesis/) [consulta: 23.06.2020]

EFISIOTERAPIA. Electroestimulación y fisioterapia [en línea]. [Electroestimulación y fisioterapia \(efisioterapia.net\)](https://efisioterapia.net/) [consulta: 24.06.2020]

WIKIPEDIA. Radioterapia [en línea]. [Radioterapia - Wikipedia, la enciclopedia libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Radioterapia) [consulta: 28.06.2020]

CANCER.GOV. Radioterapia para el cáncer [en línea]. [Radioterapia para el cáncer - Instituto Nacional del Cáncer \(cancer.gov\)](https://www.cancer.gov/espanol/about-us/prevention-and-control/radiation-therapy-for-cancer) [consulta: 28.07.2020]

65YMAS. El láser en cirugía, las principales operaciones [en línea]. [El láser en cirugía, las principales operaciones \(65ymas.com\)](https://65ymas.com/el-laser-en-cirugia-las-principales-operaciones/) [consulta: 20.08.2020]

SANITAS. Cirugía laser: ventajas y aplicaciones [en línea]. [Cirugía láser: ventajas y aplicaciones \(sanitas.es\)](https://sanitas.es/cirugia-laser-ventajas-y-aplicaciones/) [consulta: 20.08.2020]

MEDLINEPLUS. La cirugía con láser para la piel [en línea]. [La cirugía con láser para la piel: MedlinePlus enciclopedia médica](https://medlineplus.es/la-cirugia-con-laser-para-la-piel/) [consulta: 21.08.2020]

SANITAS. Los ultrasonidos tienen múltiples aplicaciones en medicina estética [en línea]. [Los ultrasonidos tienen múltiples aplicaciones en medicina estética \(sanitas.es\)](https://sanitas.es/los-ultrasonidos-tienen-multiples-aplicaciones-en-medicina-estetica/) [consulta: 25.08.2020]

MILENIO. ¿Para qué sirve un sincrotrón? [en línea]. [¿Para qué sirve un sincrotrón? \(milenio.com\)](https://www.milenio.com/para-que-sirve-un-sincrotron/) [consulta: 1.09.2020]

ICORLINE.OPENNEMAS. Sincrotrón: aplicaciones científicas con luz propia [en línea]. [Sincrotrón: aplicaciones científicas con luz propia \(opennemas.com\)](https://opennemas.com/sincrotron-aplicaciones-cientificas-con-luz-propia/) [consulta: 1.09.2020]

JLLOPISPEREZ. La modelización matemática en Medicina: Validación, Ajuste, Discriminación, Calibración, Precisión, Reproducibilidad, Transportabilidad [en línea]. [La modelización matemática en Medicina: Validación, Ajuste, Discriminación, Calibración, Precisión, Reproducibilidad, Transportabilidad | LA ESTADÍSTICA: UNA ORQUESTA HECHA INSTRUMENTO \(jllloisperez.com\)](https://jllloisperez.com/la-modelizacion-matematica-en-medicina-validacion-ajuste-discriminacion-calibracion-precision-reproducibilidad-transportabilidad/) [consulta: 3.09.2020]

ECURED. Pinza óptica [en línea]. [Pinza óptica - EcuRed](https://www.ecured.cu/pinza-optica/) [consulta: 3.09.2020]

ELMUNDO. Nanopartículas de oro para tratar el cáncer de próstata [en línea]. [Nanopartículas de oro para tratar el cáncer de próstata | Salud \(elmundo.es\)](#) [consulta: 4.09.2020]

Q-MIC. Publications and media [en línea] [PUBLICATIONS & MEDIA – Qmic \(q-mic.eu\)](#) [consulta: 7.09.2020]

LINKEDIN. Face mask reduces inhaled radioactivity [en línea]. Jan Jakubek. <https://www.linkedin.com/pulse/face-mask-radio...> [consulta: 5.10.2020]

MINCOTUR. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo - Guías para la fabricación de mascarillas y ropa de protección [en línea]. [Ministerio de Industria, Comercio y Turismo - Guías para la fabricación de mascarillas y ropa de protección \(mincotur.gob.es\)](#) [consulta: 20.10.2020]

SEFAP. Mascarillas: ¿qué tipos existen y qué requisitos deben cumplir? [en línea]. [Mascarillas: ¿qué tipos existen y qué requisitos deben cumplir? \(sefap.org\)](#) [consulta: 20.10.2020]

Annexes

Annex 1: Conferències del CERN

Conferència 1 (Rafa Ballabriga sobre els detectors Timepix)

El Timepix que es distribueix al projecte Admira és un dispositiu pensat per fer projectes de recerca (TR).

Aquests detectors els fabrica el CERN (Centre Europeu per la Recerca Nuclear), aquest recinte és el més gran que hi ha al món que estudia física nuclear, mecànica quàntica i detecció de partícules, ara mateix la principal missió del CERN és aprofundir en el coneixement de l'estructura de la matèria, desenvolupar noves tecnologies per la detecció de partícules, acceleradors de partícules, tecnologies de la informació, comunicacions i aplicacions per la física que estudien per la medicina per la diagnosi i teràpies per malalties.

El CERN és el detector de partícules més gran del món i en total té 27 metres de perímetre en el qual es poden accelerar tota classe de partícules com protons i després d'accelerar-les es fan col·lidir en un dels 4 detectors que hi ha al LHC (és l'accelerador) i amb la col·lisió en el detector els permet veure què es forma quan col·lideixin com noves partícules, quarks, etc.

La majoria de la gent no sap quina és la immensitat d'aquests treballs, ja que a cada vegada s'acceleren partícules s'alliberen moltíssims protons cadascun amb una energia de $7 \cdot 10^{12}$ eV, cada protó va en paquets de 10^{14} protons amb 2835 paquets en cada cop i amb això es fan unes 40 milions de col·lisions per segons quan aquest dispositiu està operatiu.

Quan es troben dos paquets hi ha entre vint i quaranta interaccions per cada protó que hi ha i això fa que tots els detectors que hi ha al CERN siguin molt precisos per captar totes les interaccions que hi ha.

Per calcular tots aquests protons es calcula l'energia utilitzant equacions i després es fa la conversió a energia cinètica.

Podem conèixer les partícules que passen pel detector gràcies al fet que cada partícula té una manera característica d'expressar-se en els detectors, ja que hi ha algunes que no deixen la seva energia a uns detectors i uns altres sí. Aquestes marques que queden als detectors es diuen petjades com les dels animals al bosc.

Hi ha 4 detectors als quals les partícules poden deixar la seva petjada aquests detectors són:

Detectors de traces: Detecten amb precisió les partícules que tenen càrrega per exemple protons o electrons però no detecten les partícules sense ella com els fotons.

Detectors de calories: Detecten totes les partícules que passen per a sobre sigui amb càrrega o sense ella.

Detectors hadrònics: Detecten només els electrons i els neutrons.

Detector de muons: És un tipus de detector que només detecta els muons que passen per sobre, qualsevol altra partícula no la detecta.

Una dada curiosa és que els neutrons només es detecten en els detectors hadrònics.

Aquests detectors tenen una funció semblant a les càmeres de fotografies però de partícules. Els detectors han de ser molt ràpids i potents per detectar totes les partícules que passen per ells, sobretot els de traces que són els que més partícules són capaços de detectar, ja que passen 75 ns/km partícules.

Aquests detectors estan fets de diversos materials per garantir la funcionalitat d'aquests, el que tingui diferents materials dóna el nom de materials híbrids i detecten quan un electró, per exemple, xoca al material (normalment silici) i allà queda registrat que ha passat un electró per a sobre.

Per recollir les dades es fa una mescla de senyal analògic (que és continu en el temps) i de senyal digital que es discretitza i el resultat de tot això és l'amplificació.

Un píxel es pot comportar com amplificador de càrrega i es pot fer un nivell llindar i que tingui una capacitat de tenir una sortida d'estar tancat o obert amb codi binari (0 i 1).

Un dels principals elements d'aquests detectors són els transistors, un transistor és un interruptor. Aquests aparells tenen molta diferència de potencial entre l'apagat i l'encès, l'apagat és el més petit possible i l'encès el més gran possible perquè no es confongui i doni apagat quan està encès ni a l'inrevés.

Per construir un detector hem de posar molts transistors que mesurin molt i que tinguin molta sensibilitat per mesurar totes les interaccions que hi ha per segon.

Els transistors són molt petits però han de tenir moltes connexions per agafar totes les dades i en l'exemple de la presentació són de 32nm. Tenen moltes funcions com per exemple fer de memòria.

Un transistor té 3 nodes:

Drenador: Dona energia

Porta: Deixa passar l'energia

Sortidor: Per on surt l'energia

Amb aquest mecanisme se sembla a una aixeta però en comptes de passar aigua passen electrons.

Hi ha 3 tipus de transistors:

Digitals: Es fabriquen més que analògic però menys que els de memòria, per tant de transistors que es fabriquen estan al mig, solen utilitzar-se per la informàtica.

Analògics: Són els transistors que menys es fabriquen.

Memòria: Són els transistors que més es fabriquen.

Per explicar la fabricació dels transistors s'ha d'explicar la llei de Moore que diu: l'any en funció dels transistors que es fabriquen cada any els transistors no pararan de créixer i creixeran de manera exponencial. Amb el creixement que hi ha de moment s'estan fabricant $100 \cdot 10^{21}$ transistors a l'any.

Això també es pot explicar des del punt de vista dels avenços en tecnologia que es fan per any.

Les funcions del Timepix són les següents:

Detectar qualsevol classe de radiació, sigui alfa, beta o gamma: funciona com funcionen els espectres d'absorció i emissió que un fotó carregat dona tota l'energia a un electró i que marxi un electró que xoqui amb el silici i ho marqui.

Aquests dispositius els utilitza la NASA, per exemple, des de l'espai per calcular la radiació que hi ha a la Terra i gràcies a això saber per on és segur orbitar, per exemple la majoria de la Terra és bastant segura pel que fa a termes de radiació, però hi ha una regió a l'Atlàntic que hi ha molta radiació, ja que tot el camp magnètic de la Terra la protegeix però a l'Atlàntic i a Sud Amèrica hi ha una regió que degut a una desviació del camp magnètic terrestre redirigeix una part de la radiació fora de la Terra i una altra part fins a aquest punt. Això ha sigut capaç de saber-se per la detecció des de l'espai i gràcies al Timepix i gràcies al

Timepix els astronautes saben que no és recomanable orbitar a dalt d'aquella zona on hi ha molta radiació.

Una altra funció és veure la isomeria de la radiació que té un cos per determinar si és perillós o no.

Les aplicacions al món de la medicina són la cristal·lografia de raigs X en proteïnes. Això s'aconsegueix gràcies a la difracció de raigs X, el procediment comença enviant un feix de raigs X a un cristall amb proteïnes a dins i com les proteïnes tenen una longitud similar a la dels raigs X amb la separació de les proteïnes aquests raigs es difracten i dona la longitud de la separació de les proteïnes amb la que es pot veure amb el Timepix i saber-hi la separació entre proteïnes.

Una altra aplicació és a la tomografia però no la va explicar.

També es pot calcular la disposició dels àtoms als compostos i els àtoms que hi ha gràcies a un patró de difracció.

Una altra aplicació és a la fotografia el que fan els píxels per determinar els electrons depenent del color. També amb raigs X veure diferents pintures i veure maneres de restaurar-les i les tècniques que s'han utilitzat per pintar-se. Això es pot fer amb el Timepix enviant fotons d'alta energia per veure que hi ha darrere de materials opacs.

Conferència 2 (Oriol sobre el Foc i Radioactivitat)

Els principals problemes del CERN són els camps magnètics del làser que hi ha al CERN de radiació no-ionitzant, la radiació ionitzant que produeix el CERN, perill d'asfíxia per als gasos que hi ha al LHC per refrigerar-lo.

L'Oriol treballa en l'equip de foc del CERN (Fire Safety Engineering Team). Ha de coordinar una possible evacuació amb els teòrics perills que hi ha al CERN com la radiació.

Ara estan estudiant les possibilitats de crear un altre accelerador més gran que LHC que es diria FCC que tindria més o menys 100 km i el seu equip està estudiant la seguretat que podria tenir aquest recinte.

Ell estudia la seguretat com per exemple el temps de resposta des de l'incident, les evacuacions, la unitat de bombers per casos d'incendi.

Per saber si aquestes instal·lacions són segures utilitzen un simulador d'incendis per veure l'efecte que tindria un incendi allà, ja que pot ser molt dolent per la radiació de sincrotró que desprenen les partícules en propagar-se. El simulador que utilitzen es diu CFD i els permet crear l'escenari que haurien de solucionar i els possibles inconvenients.

La radiació ionitzant es mou amb isòtops però no es pot identificar amb els nostres sentits ni amb les nostres capacitats, per això es necessiten eines que les calculin com el Medipix que serveix per veure les radiacions que desprenen els materials i seria molt útil després d'algun dels problemes que podria haver-hi dins del FCC.

Amb els estudis de com es propaguen aquests isòtops han descobert que la majoria d'aquests isòtops pesen massa i cauen a terra molt d'hora i es pot comparar amb la distància a la qual la Covid-19 és capaç d'infectar, ja que els dos cauen a terra i no es mouen provocant que els isòtops es quedin fixes a una zona concreta.

Els utilitzen aquesta classe d'eines per veure també els impactes que tindrien per la gent que treballa allà i si és perillós per les proximitats. Ells calculen la seguretat mitjançant la dosi de radiació que si la rep una persona seria perjudicial a la salut i així van mirant si és factible que persones treballin allà. També estudien el medi ambient per saber si les proximitats tenen algun perill o si en la zona a la qual està aquesta radiació podria arribar a ser perjudicial per a la salut com que hi hagi animals que puguin tenir una mutació o si hi ha camps els quals els fruits agafin radiació i després se'ls mengi una persona i sigui perjudicial.

Respecte a la radiació el CERN té un avantatge respecte a les centrals nuclears, ja que en les centrals els residus radioactius que tenen no marxen quan para la central en canvi al CERN quan paren l'accelerador deixa d'emetre la radiació, ja que la radiació sincrotró (és la que produeixen les partícules quan estan accelerades movent-se a la velocitat de la llum) para de sobte quan deixes d'accelerar les partícules.

També està involucrat en el projecte FIRIA que és un projecte al qual intenten saber si la radiació que pot haver-hi en els acceleradors de partícules pot interaccionar amb algun dels elements que hi ha als acceleradors com per exemple amb el foc o alguns elements químics que hi ha al CERN.

Conferència 3 (Antimatèria)

Totes les partícules tenen la seva antipartícula, que és la matèria amb les mateixes característiques formant una partícula idèntica però de càrrega contrària a la partícula de matèria. Així seria per exemple un electró que té càrrega negativa, té la seva antipartícula que es diu positró que té exactament les mateixes característiques físiques però té la mateixa càrrega positiva.

Quan una partícula es troba amb la seva antipartícula aquestes dues interaccionen i s'aniquilen formant un fotó.

Per la diagnosi d'algunes investigacions s'utilitza antimatèria per diagnosticar on hi és una determinada substància al nostre cos, com es fa a les proves PET (Positron emission Tomography). S'envia un element radioactiu que va decaient amb el temps per el torrent sanguini de l'individu i s'acumula on hi hagi molta de la substància que nosaltres volem detectar on s'acumula. Així la radiació emet protons de l'aniquilació dels electrons del cos amb els positrons que envia el material, es pot detectar el nivell de la substància que es vol gràcies a la interacció dels positrons amb els electrons.

Pel que fa a l'univers no hi ha cap evidència que a l'univers hi hagi la mateixa proporció de matèria que d'antimatèria, però en les lleis físiques hauria de tenir la mateixa proporció.

Hi han científics que han intentar explicar això, un d'ells va ser Sakharov i va explicar les condicions perquè hi hagi la mateixa proporció, anomenades "Les condicions de Sakharov" que són:

- Que no hi hagi equilibri en l'univers (no hi ha, ja que en el Big Bang l'univers es va començar a expandir per això no hi ha equilibri, perquè l'univers s'expandeix)
- Desintegració d'un protó (no s'ha detectat que un protó es desintegri però encara no s'ha detectat, podria ser perquè la vida del protó és més llarga que el temps que porta l'univers o perquè és molt estable. Per això aquesta norma tampoc es compleix)
- Violació de la llei matèria-antimatèria (CP):

El gran misteri de la física era que si les dues partícules es comportaven igual, llavors es va crear el experiment CP

C: Simetria de conjugació de la càrrega

P: Simetria de reflexió

La condició C no es compleix i per això es viola simetria de la conjugació de càrrega, és a dir que es comporten diferent en una mateixa situació amb matèria i antimatèria.

La P sí que es compleix normalment però només a vegades no sempre i de vegades falla.

Segurament la antimatèria no serà l'energia del futur, ja que costa molta energia produir-la i segons la llei de la conservació de la energia només es podrà fer la mateixa antimatèria que energia gastada per fer-la.

Es podran fer bombes però amb cost molt elevat.

Per això la antimatèria no serà la tecnologia del futur.