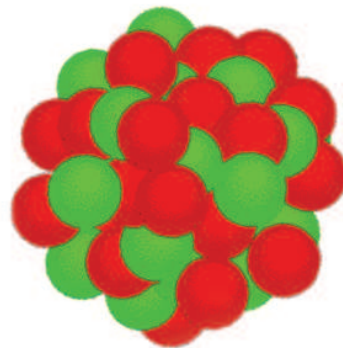
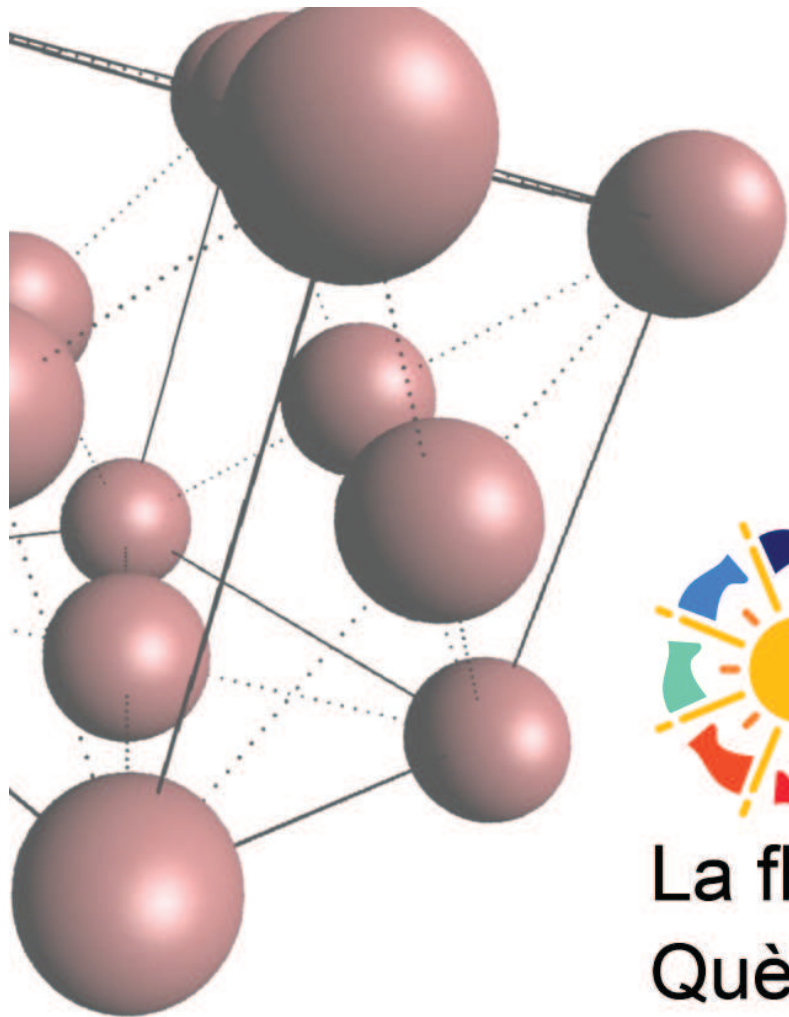
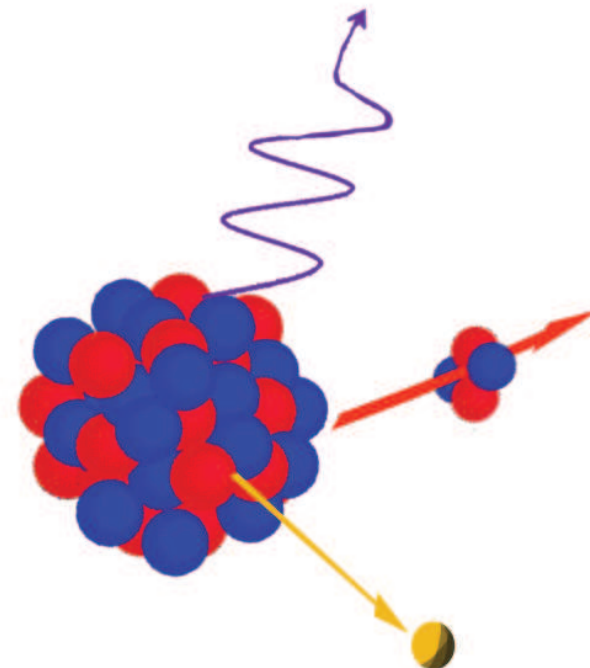




INTERNATIONAL
YEAR OF LIGHT
2015



La fluorescència i la fosforescència

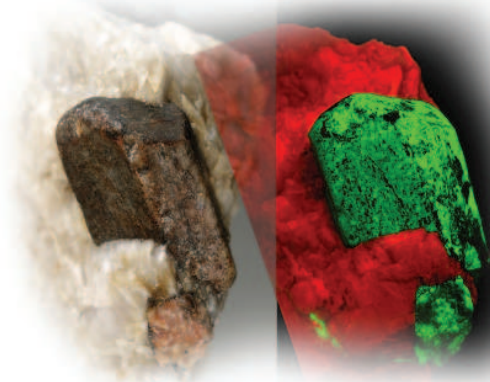
Què és la radioactivitat? Mites i certeses

expoMINER

Saló internacional de minerals, fòssils i joieria

Barcelona

13 - 15 NOVEMBRE 2015
RECINTE MONTJUÏC



Presentació.....	5
Pinzellades d'història	6
Curiositats de la Radioactivitat	10
Fluorescència	12
Espectre electromagnètic	12
Com funciona?	13
Fosforescència	14
Aplicacions	15
Vull tenir la meua llum UV	16
Ona llarga	18
Ona curta	19
Radioactivitat	20
L'àtom	20
Partícules alfa	21
Partícules beta	22
Radiació gamma	23
Isòtops, vida mitjana	26
Unitats de mesura	29
És perillosa la radioactivitat?	31
Puc tenir minerals radioactius?	34
Comptador Geiger-Muller	36
Anem a jugar amb la radioactivitat	37
Exp. 1: Penetració de la radiació	38
Exp. 2: Intensitat i distància	40
Exp. 3: Desviació de les partícules	41



INTERNATIONAL YEAR OF LIGHT 2015



Reconeixement (Attribution): El material pot ser distribuït, copiat i exhibit per terceres persones si es mostra en els crèdits el nom de l'autor original.

Compartir Igual (Share alike): El material d'aquesta obra pot ser modificat i distribuït però sota la mateixa llicència que el material original.

No Comercial (Non commercial): El material original i els treballs derivats poden ser distribuïts, copiats i exhibits mentre el seu ús no sigui comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/deed.ca>

Setembre 2015 - v. 1.0

Joan Rosell, Carles Diez
info@rosellminerals.com



Amb el suport de:



Si preguntem a qualsevol aficionat als minerals quina és la principal fira de minerals i fòssils del nostre país, sens dubte ens parlarà d'EXPOMINER. Sembla ahir que vam celebrar les primeres edicions de l'Expominer, el Saló de Minerals, Fòssils i Joieria organitzat per Fira de Barcelona. Aquest saló ja s'ha consolidat com un dels principals referents a Europa per a la promoció i la difusió de la geologia i la mineralogia. Avui, Expominer vol seguir avançant en aquest procés de transferència de coneixement, projecció i difusió de la Ciència i del col·leccionisme.

Aquest any es celebra l'Any Internacional de la Llum. Des d'EXPOMINER volem mostrar la importància de la "llum" en el món dels minerals. La "llum" entesa com un conjunt d'ones electromagnètiques que interactuen amb l'estructura de les espècies cristal·lines per oferir-nos un grapat de propietats molt interessants. D'entre elles, les més fàcils d'observar i reproduir, són la fluorescència i la fosforescència. Els minerals ens obren un món inesperat de bellesa "lluminosa". La radioactivitat, que ens acompanya cada dia per tot arreu, és un altre tema que ens agrada presentar, per treure-li aquesta imatge de "perill descontrolat". Sense els compostos radioactius la nostra societat es veuria privada d'un gran nombre d'avantatges i avanços.

Expominer, a més de ser una rellevant plataforma dinamitzadora del comerç i el col·leccionisme, s'ha afermat com la trobada de referència per a la difusió de la cultura i l'afició mineralògica actuant com a nexa i catalitzador de l'ecosistema comercial, científic i docent d'aquesta apassionant matèria.

Esperem que gaudiu de la fira, de les activitats que hi farem, de les meravelles exposades. Si amb això aconseguim que el públic i, en especial, els nostres estudiants, s'acostin una mica més als secrets millor guardats de la naturalesa que ens envolta ens donarem per ben satisfets.

Benvinguts a l'apassionant món de la geologia, la mineralogia i la paleontologia.

Benvinguts a Expominer!

Com cada any, des de 2012, volem fer-vos arribar aquest manual introductori a un tema proper als minerals i la Geologia. Aquest any es celebra l'Any de la Llum, tal com s'ha dit abans. He volgut aproximar un parell de fenòmens molt relacionats amb els minerals. Un d'ells toca les emissions lluminoses, és la fluorescència i la seva germana la fosforescència. Però la radioactivitat, què hi fa aquí? Dins del text podreu entendre perquè les hem aplegat en un mateix manual. L'una es va descobrir gracies a l'altra.

Moltes persones quan senten parlar de radioactivitat, de seguit pensen en explosions nuclears, éssers mutants i desolació planetària... Res més lluny de la realitat. La radioactivitat ha estat un dels més grans descobriments de l'ésser humà. Sense ella no hi hauria el salt energètic que suposen les centrals nuclears, no hi haurien molts tractaments contra el càncer, molts avenços en la medicina no s'haurien donat, els estudis d'elements històrics dels arqueòlegs no es podrien datar i potser algunes mutacions beneficioses per la vida no ens haguessin arribat. Estem envoltats d'elements radioactius i contínuament bombardejats per partícules procedents de la desintegració radioactiva.

Amb aquest senzill manual introductori volem aclarir molts dubtes sobre aquests efectes naturals i esvair les boires de temor que envolten un d'ells. Espero que serveixi per despertar la inquietud de molts de vosaltres per aprofundir en el meravellós món de la Ciència.

La Ciència és el gran antídote contra el verí de l'entusiasme i la superstició.

Adam Smith (1723-1790) Filòsof i economista escocès



Marta Serra Peruchet
Directora Expominer
Fira de Barcelona

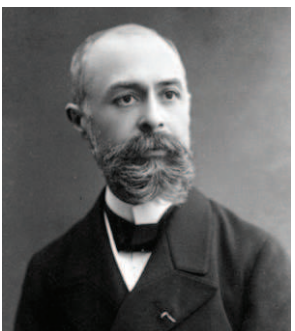


Joan Rosell Riba
RosellMinerals.com
Grup Mineralògic Català

PINZELLADES D'HISTÒRIA



Antoine César Becquerel
Châtillon-Coligny, 1788 - Paris, 1878



Alexandre-Edmond Becquerel
Paris, 1820 - 1891

Pocs exemples ens presenta la història de la Ciència d'una brillant nissaga d'investigadors genials provinents d'una mateixa família. Entre aquests cal destacar els Becquerel.

Antoine César Becquerel va néixer a Châtillon-Coligny l'any 1788 n'és el punt de partida. En els seus primers treballs va destacar en el món de la mineralogia, l'electricitat i l'electroquímica. La invenció de la pila elèctrica de Volta va ser el que el va motivar a molts científics a estudiar les seves aplicacions en les diferents branques de la ciència. L'Antoine va passar d'estudiar els minerals als fenòmens elèctrics i del magnetisme. Va inventar el galvanòmetre diferencial per a mesurar la resistència al pas de l'electricitat de diferents materials, la pila electroquímica de voltage constant, entre moltes aplicacions electroquímiques.

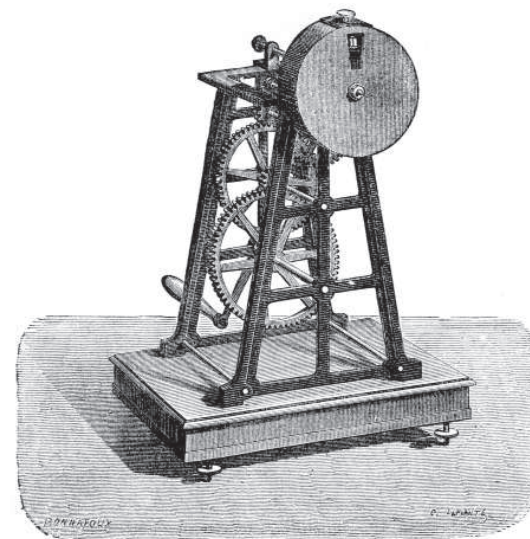
L'any 1839, conjuntament amb el seu fill Alexandre-Edmond, descobreixen l'efecte fotoelèctric d'un elèctrode immers en un líquid conductor, el principi de funcionament d'una cel·lula solar. Antoine va morir l'any 1878 deixant un llegat de treballs científics de primer ordre i un fill que continuaria la seva genialitat científica.

L'**Alexandre-Edmond Becquerel** va reemplaçar el seu pare a la càtedra del Museu d'Història Natural de París i també a l'Acadèmia de Ciències. Allí va continuar els seus estudis sobre electricitat, magnetisme, òptica i l'espectre solar. Tal com hem dit abans, l'any 1839, als 19 anys, experimentant al laboratori del seu pare, Becquerel va inventar la primera cel·lula fotovoltaica del món. En aquest experiment, el clorur de plata col·locat en una solució àcida i s'il·lumina, mentre es connecten uns elèctrodes de platí, generant-se tensió i corrent. A causa d'aquest treball, l'efecte fotovoltaic també s'ha conegut com el "efecte Becquerel".

L'Edmond va prestar especial atenció a l'estudi de la llum, la investigació dels efectes fotoquímics i les propietats espectroscòpiques de la radiació solar i de la llum elèctrica, i el fenomen de la **fosforescència**, especialment en el que està representada per sulfurs de diferents metalls i per compostos d'urani. Va ser en relació amb aquestes últimes investigacions que va idear el *fosforoscop* (1857), un aparell per mesurar el temps que un material presenta fosforescència quan ha estat excitat.

Amb ells tenim una part de la història dels fenòmens dels quals volem parlar en aquest manual, tenim la fluorescència-fosforescència. Però hem dit que l'Edmond emprava sals d'urani pels seus experiments sobre fosforescència...

Fosforoscop de Becquerel



El fill d'Edmond Becquerel, l'Henri, va néixer a Paris l'any 1852, a la vella casa del museu on dues generacions de Becquerel havien viscut i fet cèlebre en el món científic de l'època. Aquest entorn científic va ser clau per despertar en l'Henri l'amor per la ciència. Va cursar estudis d'enginyeria de ponts i camins a l'Escola Politècnica de Paris, on es llicencià el 1873. Tanmateix de ben jove, Henri ja ajudava el seu pare com a assistent en el Museu. L'any 1892, quan el seu pare plega de la càtedra del Museu, prendrà el relleu de la mateixa fins a la seva mort.

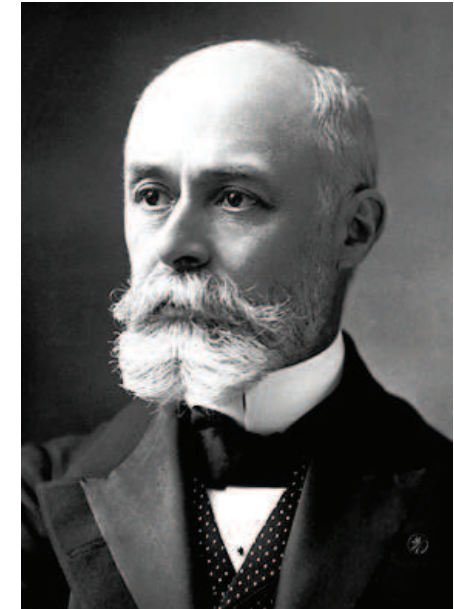
La feina de l'Henri es pot separar en dues grans etapes separades pel fet clau del descobriment de la radioactivitat. La primera etapa destaca per les aportacions als fonaments del poder rotatori magnètic (1877-1880), l'acció del camp magnètic terrestre sobre les propietats òptiques de l'aire (1880) i les investigacions sobre la fluorescència i la fosforescència i la seva aplicació a l'estudi de l'espectre infraroig i dels espectres d'absorció (1882-1897).

L'estudi de la fluorescència i la fosforescència va atreure especialment el pare de l'Henri, l'Edmund. La fosforescència és un efecte conegut des d'antic pel qual certs compostos emeten llum quan són exposats a la radiació solar. Aquests compostos absorbeixen l'energia que reben de la llum i la irradien a les fosques un temps més o menys llarg. Altres cossos, al ser excitats per una font d'energia adquireixen lluminositat que dura fins que la font excitadora s'atura, és la fluorescència. Però ja en parlarem més avastament més endavant.

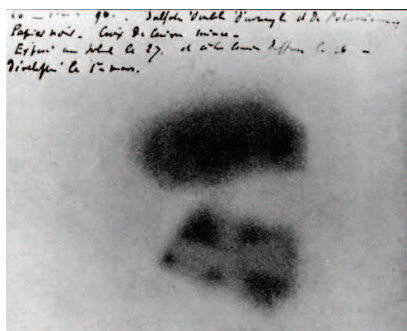
Henri va començar a estudiar aquests dos fenòmens cap l'any 1882, proseguint la feina del seu pare i del seu avi. Mitjançant tècniques de fosforescència arriba a calcular les longituds d'ona de l'espectre infraroig. Posa de manifest els espectres d'emissió de diferents metalls (K, Na, Zn, Al, Sn, Pb...) en la zona de l'infraroig. Estableix una equació que regula la intensitat lluminosa amb el temps.

El pas determinant es dona quan es proposa els estudis de la fluorescència de les sals d'urani, de les quals el seu pare en tenia un bon nombre, que havia anat acumulant en el decurs de les seves investigacions. D'aquests estudis sorgirà el major descobriment dels Becquerel: la radioactivitat.

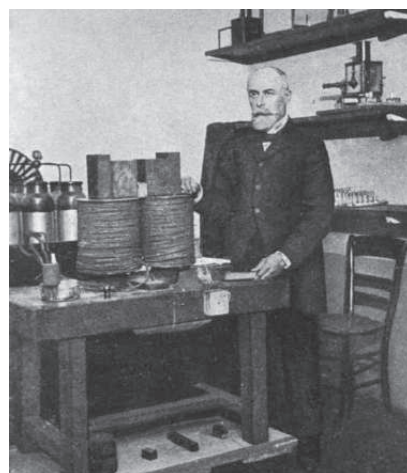
L'any 1789 el químic alemany Martin Heinrich Klaproth, mentre treballava en el seu laboratori experimental de Berlín, va precipitar un compost groc per dissolució de la pechblenda en àcid nítric. Klaproth va assumir la substància groga era l'òxid d'un element encara per descobrir i l'escalfa amb carbó per obtenir una pols negra, que ell creia que era el metall recentment descobert en si (de fet, la pols era òxid d'urani). El va nomenar urani, en honor al recent descobert planeta Urà. El 1841, Eugène-Melchior Peligot, catedràtic de Química Analítica en el Conservatori Nacional d'Arts i Oficis de París, va aïllar la primera mostra d'urani metàl·lic per escalfament de tetraclorur d'urani amb el potassi. L'urani no va ser vist com un element particularment perillós durant gran part del segle XIX.



Antoine Henri Becquerel
Paris, 1852 - Le Croisic,
Bretanya, França, 1908
Font: www.nobelprize.org



Imatge de la placa fotogràfica de Becquerel, que ha estat enfosquida per l'exposició a les radiacions d'una sal d'urani. L'ombra clarament visible pertany a una Creu de Malta metàl·lica que es va col·locar entre el cliché i la sal d'urani.



Va ser el nostre Henri Becquerel qui va descobrir, gràcies a aquestes sals d'urani, que les substàncies emetien una radiació no descrita fins aleshores. El descobriment fou casual, tal com passa sovint en Ciència.

Henri estava estudiant la fosforescència de diverses sals d'urani i es troba amb un fet inexplicable. Ens explica:

(...) Amb el sulfat doble d'urani i de potassi, del qual posseeixo cristalls formant una fina làmina transparent he pogut fer el següent experiment: S'embolica una placa fotogràfica Lumière a la gelatina de bromur [de plata], entre dues fulles de paper negre molt gruixudes, de forma que la placa no es veli per l'exposició al Sol durant un dia.

Es coloca sobre la fulla de paper, per la part externa, una placa de la substància fosforescent i s'exposa tot al Sol durant varies hores. Quan es revela després la placa fotogràfica, es reconeix que la silueta de la substància fosforescent apareix en negre sobre el cliché. Si s'interposa entre la substància fosforescent i el paper negre, una moneda o una pantalla metàl·lica amb un dibuix troquelat, es veu la imatge d'aquests objectes aparèixer sobre el cliché.

Es poden repetir les mateixes experiències i resultats, interposant entre la substància fosforescent i el paper una prima làmina de vidre; això exclou la possibilitat d'acció química sobre el cliché deguts a vapors que podrien emanar de la substància fosforescent escalfada pels raigs solars.

Ha de concloure d'aquestes experiències, que la substància fosforescent en qüestió emet radiacions que travessen el paper opac, el vidre i redueixen les sals de plata.

Memòria presentada a l'Acadèmia de Ciències de París. 14 de febrer de 1896.

L'Henri havia preparat uns clichés i material fosforescent per exposar-los al Sol. Però aquells dies van ser de núvols i ben poc Sol. Així que va guardar els clichés i les sals en un calaix del seu despatx. Tot i això, va decidir revelar-los com els altres. Pensava que trobaria als clichés una imatge dèbil, ja que amb molt poc sol, poca fosforescència. Però no va ser així: la imatge tenia una gran intensitat. El seu esperit científic li va proposar deixar les plaques en un calaix, a les fosques, amb les sals d'urani i els clichés. Les imatges eren igual d'intenses.

A partir d'aquí, Henri Becquerel va iniciar una sèrie d'experiments per tractar d'identificar de quina mena de radiacions es tractava, les seves propietats i les seves característiques. Els seus treballs i resultats, les seves hipòtesis, algunes refutades per altres científics, assentaran la base per a l'estudi de la radioactivitat i dels elements radioactius i de l'àtom, d'on, a cavall del canvi de segle, apareixeran científics com Elster, Geitel, Kelvin o Rutherford. La que destacarà entre tots ells serà Marie Salomea Skłodowska, Marie Curie, juntament amb el seu marit Pierre Curie. Els Curie i Henri Becquerel van ser guardonats amb el **Premi Nobel de Física** de l'any 1903, en reconeixement pels extraordinaris serveis rendits en les seves investigacions conjuntes sobre els fenòmens de radiació descoberts pel professor Henri Becquerel.

Marie Curie prosegueix les investigacions sobre les substàncies radioactives. Quasi simultàniament, l'any 1898, ella i el químic alemany Gerhard Carl Schmidt, descobreixen que el tori, element conegut des de 1828, posseeix propietats radioactives com l'urani.

En aquelles dates Marie Curie presenta una memòria anomenada *Raigs emesos pels compostos de l'urani i del tori*, on explica que tots els compostos d'urani estudiats són actius i que ho són més com més urani tenen.

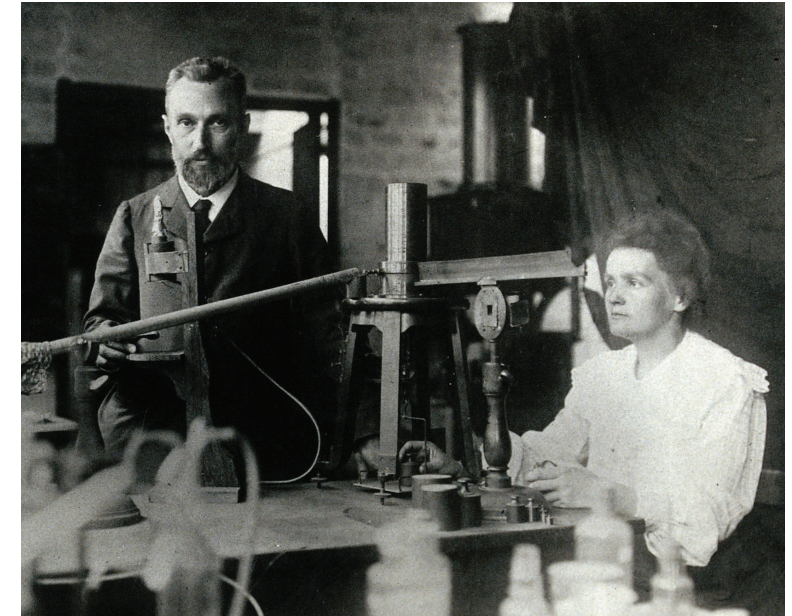
Però el més important de les seves observacions és que si es treballa amb pechblenda, una varietat d'uraninita (UO_2) impura, o amb fosfat de coure i uranil, s'observava una activitat radioactiva superior a la del propi urani contingut en les mostres. Per tant, Curie va deduir que hi havia algún element més actiu que l'urani.

Pierre Curie s'uneix a Marie en un laboratori molt precari i amb pocs recursos, on intenten determinar si existeix aquest nou element. Pot donar una idea del prodigiós treball necessari per a produir aquests resultats el fet que, per a obtenir uns pocs decigrams d'aquestes substàncies super-radioactives, calien 1.000 kg d'uraninita bruta.

Va resultar que no hi havia una sola substància super-radioactiva sinó varies. Al juliol de 1898, el matrimoni va aconseguir aïllar un element nou, desconegut fins llavors i de gran activitat. En honor a la pàtria de Marie Skłodowska, els Curie van demanar que es denominés al nou element **poloni**. Per fi, al desembre del mateix any, van aconseguir el seu propòsit i van aïllar una petitíssima quantitat de la substància més radioactiva de totes les conegudes fins llavors amb molta diferència; tant, que van nomenar al nou element **radi**. En una tona de pechblenda (uraninita) hi havia només 100 mg de radi. Quina és doncs la proporció?

Pierre va morir atropellat per un carruatge l'any 1906. Marie va quedar molt afectada, però volia seguir amb els seus treballs i va rebutjar una pensió vitalícia. A més va assumir la càtedra del seu marit, i va ser la primera dona a donar classes a la universitat de la Sorbona en els 650 anys transcorreguts des de la seva fundació.

Marie Curie va guanyar el **Premi Nobel de Química** l'any 1911, en reconeixement pels seus serveis en l'avanç de la Química pel descobriment dels elements radi i poloni, l'aïllament del radi i l'estudi de la naturalesa i compostos d'aquest element. Tant Pierre com Marie van acceptar prestar totes les seves investigacions a d'altres científics sense voler lucrar-se mitjançant patents, un fet que ha estat aplaudit per tot el món.



Sabíes que...

Els documents d'investigació dels Curie estan guardats en caixes de plom i només es poden consultar amb roba anti-radiació.

Sabíes que...

En reconeixement al matrimoni Curie va rebre el seu nom un asteroide (nº 7000), descobert el 6 de novembre de 1939. També l'element sintètic curi (Cm), descobert el 1944, Així com el cràter Curie a la Lluna i el cràter Curie de Mart. En el món dels minerals diverses espècies porten el seu nom: curita, cuprosklodowskita i sklodowskita.

Només uns mesos més tard de la seva última visita a Polònia, a la primavera de 1934, Marie Curie, després de quedar-se cega, va morir el 4 de juliol de 1934 prop de Passy (Alta Savoia, França), a causa d'una anèmia aplàstica, una leucèmia, probablement deguda a les radiacions a les que va estar exposada en els seus treballs, i els nocius efectes que els eren encara desconeguts. Va ser enterrada al costat del seu marit al cementiri de Sceaux, pocs quilòmetres al sud de París.

Algunes curiositats de la Radioactivitat

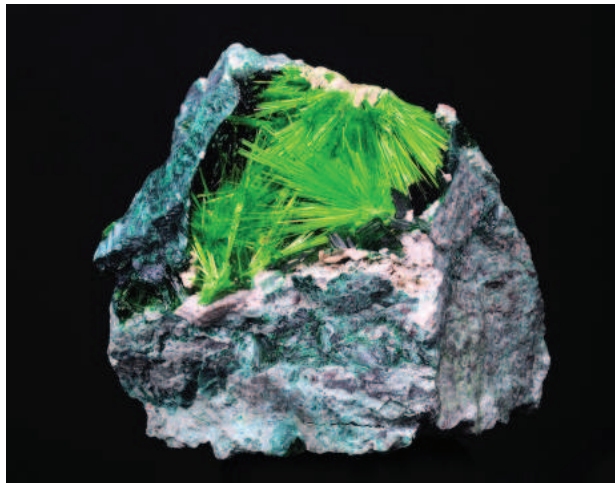
Durant molt de temps es va creure que la radioactivitat era fins i tot beneficiosa i es van fer dentífrics, cremes cosmètiques i laxants amb tori. Cap els anys 1920 es va veure que podien ser molt perjudicials per la salut.

També són molt coneguts els vidres d'urani, anomenats Vaseline glass, que s'il·luminen de color verd sota la llum ultraviolada, gràcies a l'òxid d'urani (uraninita) que s'afegeix al vidre fos. El nom Vaseline ve de la brillantor oliosa que mostren aquests vidres. L'òxid d'urani en vidre es va emprar per primera vegada cap a 1830, quan encara no es coneixia la perillositat de la radioactivitat que emetia.

La Comissió de Regulació Nuclear dels Estats Units va estudiar els riscos per a la salut del vidre Vaseline en el seu informe de 2001, *Systematic Radiological Assessment of Exemptions for Source and Byproduct Materials*. Aquest informe va estar d'acord en gran mesura amb el que els col·leccionistes d'aquestes peces han estat dient sempre, que la radiació del vidre era tant poc nociva com els nivells de radiació de fons als quals estem exposats cada dia.



Una tassa de cafè espresso de Bohèmia i platerets produïts entre 1850 i 1860 per al mercat persa. Amb llum natural a l'esquerra i llum ultraviolada a la dreta. Fotos de Dave Peterson - VaselineGlass.org



A l'esquerra. Cuprosklodowskita, de Musonoi Mine, Kolwezi, Katanga Copper Crescent, Katanga, Democratic Republic of Congo. Copyright © R. Tanaka.

Centre. Curita, de Kasolo mine, Shinkolobwe, Katanga Copper Crescent, Katanga, Democratic Republic of Congo. Copyright © rruff.info.

A la dreta. Becquerelita amb fourmarierita i masuyita, de Shinkolobwe Mine (Kasolo mine), Shinkolobwe, Katanga Copper Crescent, Katanga, Democratic Republic of Congo. Copyright © irocks.com.



Característiques de les aigües: Aigües mesotermals i hipertermals (brollen de 39°C a 45°C), bicarbonatades sòdiques, silicatades, fluorades i **radioactives**.

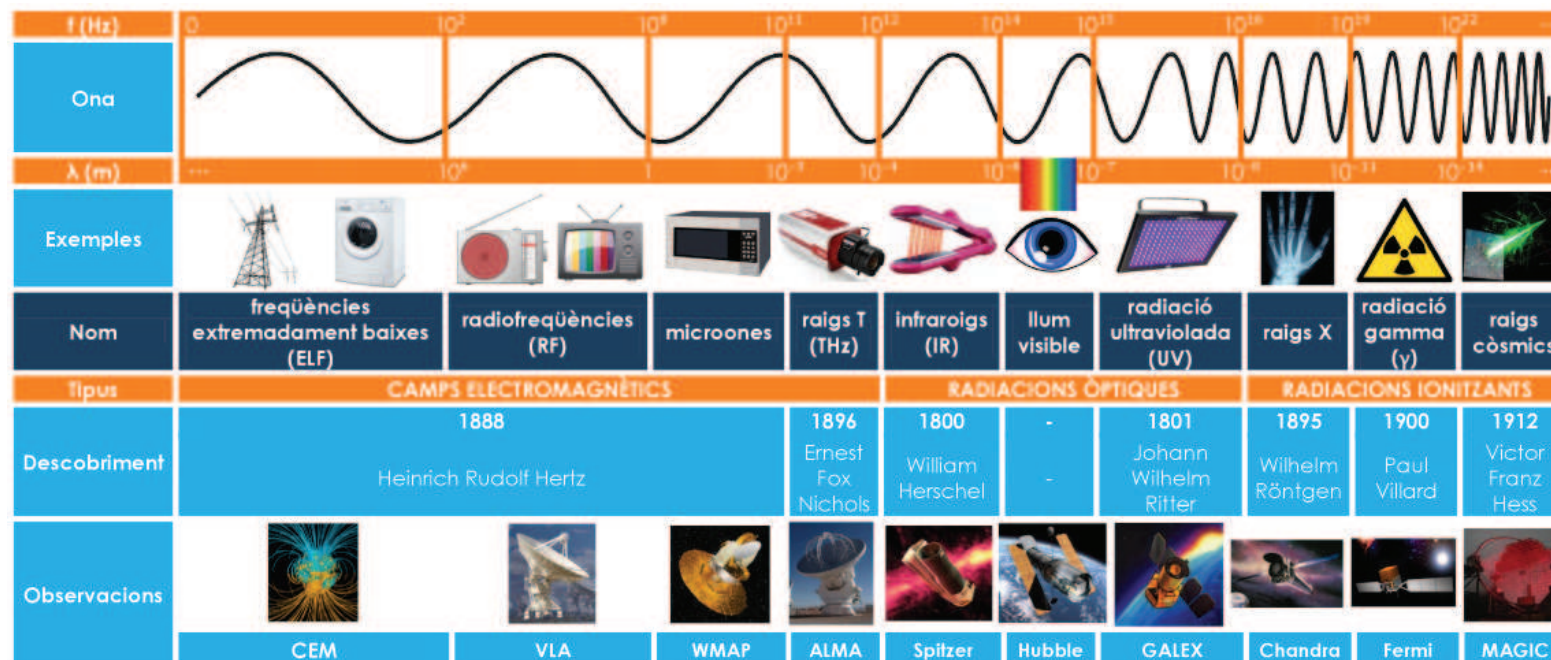
Indicacions: Afeccions reumàtiques i de l'aparell locomotor, sistema circulatori, obesitat i cel·lulitis, deshabitació farmacològica i tabaquisme, estrès, patologia respiratòria, cura hidropínica, litiasi renal úrica.



FLUORESCÈNCIA

Bàsicament, podem definir el fenomen de la fluorescència com l'emissió de llum per part d'una substància que ha estat "excitada" (il·luminada) amb una radiació electromagnètica. És una forma de fotoluminiscència.

Espectre electromagnètic



Aquesta radiació electromagnètica que ens dona la fluorescència poden ser, per exemple, la llum visible, la llum ultraviolada, els raigs X, raigs catòdics o la radiació gamma.

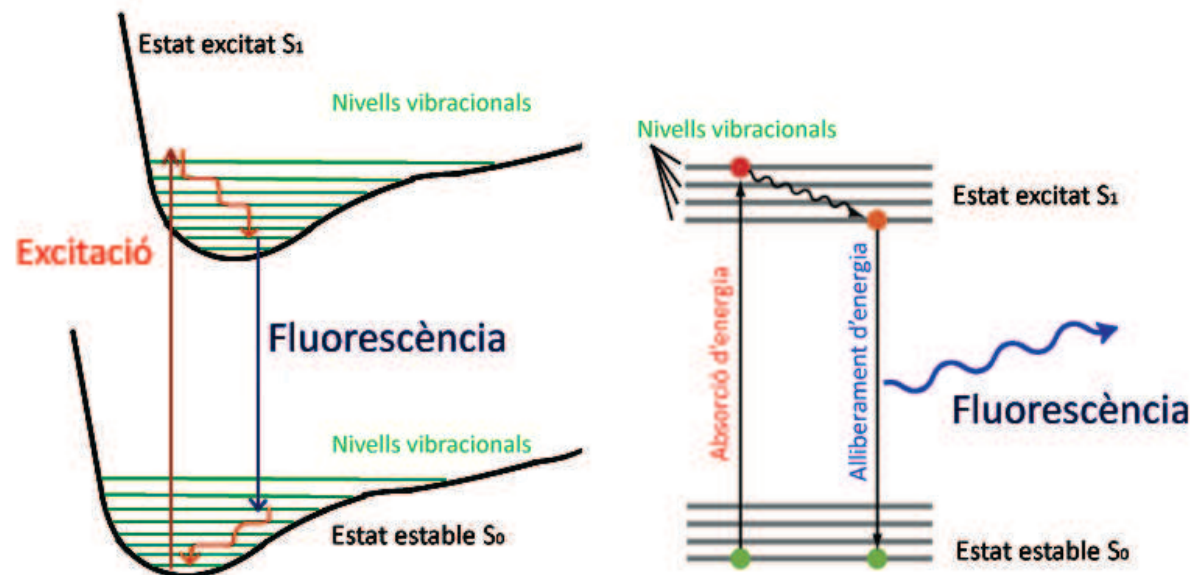
Tanmateix els efectes més espectaculars de la fluorescència s'obtenen amb la llum ultraviolada. A més, és la font de llum que més fàcilment podem trobar a les botigues d'il·luminació.

Els efectes de la fluorescència, a diferència de la fosforescència, desapareixen quan la mostra deixa de ser il·luminada amb la font que hem utilitzat. Aquestes radiacions són absorbides pel mineral que n'emet una altra d'una longitud d'ona més gran (menys energètica). Així si il·luminem amb llum ultraviolada (curta longitud d'ona, alta energia) hi ha minerals com la calcita que emeten llum vermella (major longitud d'ona, menor energia).

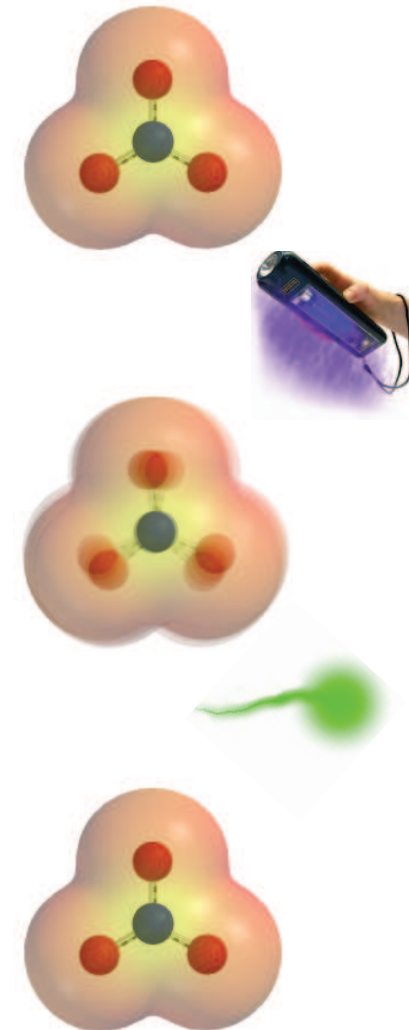
El fonament de la fluorescència cal buscar-lo en els electrons que formen els àtoms i en les molècules. És una qüestió d'energies. La física quàntica ens diu que aquests electrons/molècules es troben en un nivell energètic determinat i estable, anomenat S_0 però que poden tenir diversos estats energètics S_1 , S_2 ... Vindria a dir que l'electró/molècula es troba a gust en un determinat nivell i si no se'l molesta resta en aquest nivell indefinidament. A més aquests estats S tenen diferents estats vibracionals cadascun i depenent de l'energia que apliquem a la molècula els electrons passaran a un determinat nivell vibracional superior o a un altre.

Si "molestem" l'electró/molècula amb una radiació (energia) externa, aquest s'excita, absorbeix energia, i salta del nivell o estat energètic estable S_0 a un de superior S_1 . Per dir-ho de forma planera, passa del pis de baix al superior (pisos energètics) i es coloca a una habitació determinada (estat vibracional). Però com l'electró/molècula prefereix l'estat més estable, on està més tranquil, intenta "relaxar-se" tornant al nivell estable i ho fa alliberant energia en forma d'un fotó de llum i calor, surt de l'habitació on ha entrat i torna al pis de baix. Pots entendre que depenent de l'habitació on es trobi tindrà un camí més o menys llarg i per tant el procés serà diferent.

Has de pensar que aquest procés entre que absorbeix l'energia, canvia el seu estat i emet radiació, dura aproximadament 0,000000001 segons (1 nanosegon, 1 ns)... O sigui que a nosaltres ens sembla que la llum emesa "s'apaga" quan deixem d'il·luminar la mostra.



Com funciona?



FOSFORESCÈNCIA

Recorda que...

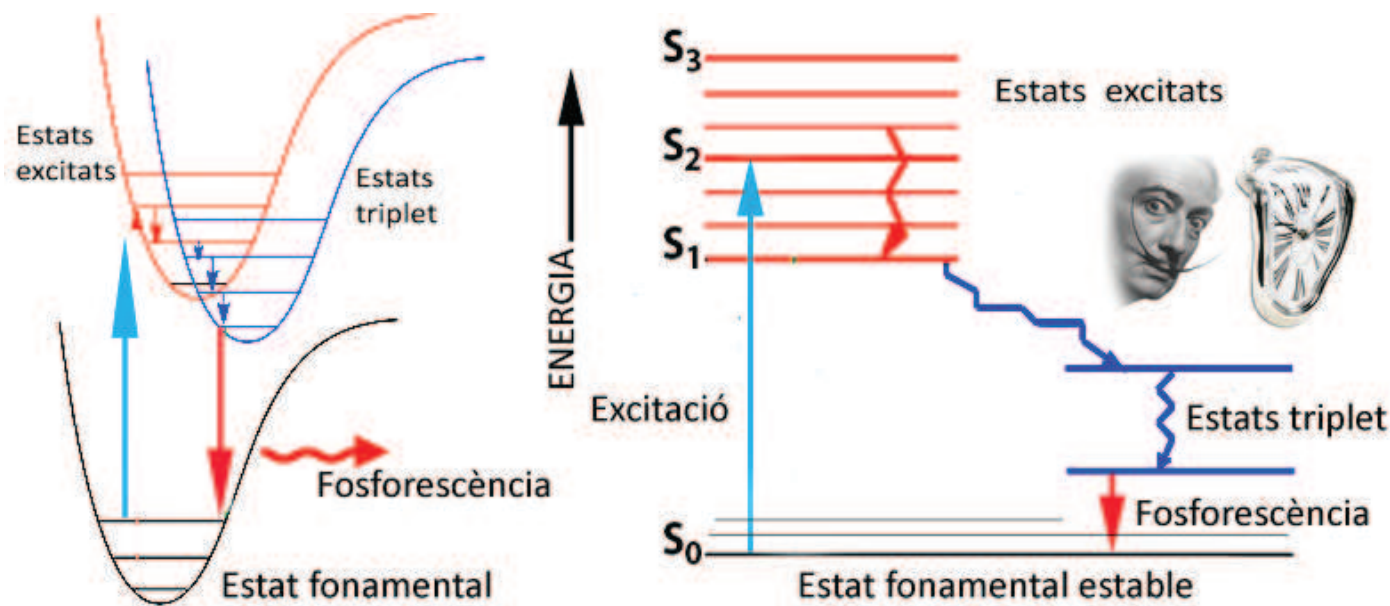
L'emissió en una substància fluorescent dura aproximadament 0,000000001 segons. En una substància fosforescent, l'emissió pot durar uns segons a hores...

La fosforescència es la fotoluminiscència produïda per una substància quan ha estat exposada a una radiació electromagnètica i que, un cop hem aturat l'exposició a la font excitadora, la substància segueix emetent llum durant un període més o menys llarg de temps.

Per entendre com passa podem recórrer a l'exemple de l'*edifici energètic*. El primer pas és el mateix, l'electró puja des de l'estat estable a un nivell superior en absorbir l'energia que li transmetem mitjançant la radiació electromagnètica (llum ultraviolada, per exemple).

Aquest cop, però, l'electró/molècula no torna ràpidament al seu estat estable de forma quasi immediata. Per una qüestió que es refereix a la mecànica quàntica l'electró/molècula té una prohibició quàntica, ha d'*arreglar* primer el seu estat electrònic. En aquest estat es diu que l'electró es troba en un estat de triplet. No aprofundim més per que caldria ficar-se en la mecànica quàntica, i no és el cas.

Aquest estat li prohibeix el pas al nivell estable (al pis inferior). Aquestes transicions, tot i que "prohibides", es produeixen en la mecànica quàntica, però són cinèticament desfavorides, no estan ben vistes, però es donen. Així el pas és més lent i l'emissió de fotos es prolonga en el temps. És com si el nostre electró trobés un replà a l'escala i mentre el passa va emetent fotons, per tant triga més temps en baixar.



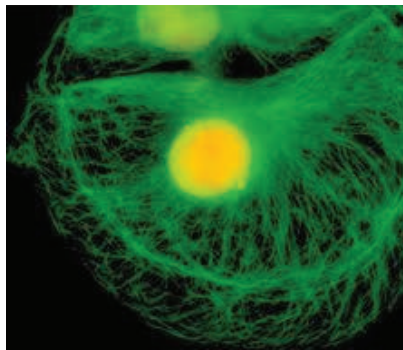
La majoria dels compostos fosforescents són emissors relativament ràpids, amb temps de vida de “triplet” (replà) de l'ordre de mil·lisegons. No obstant això, alguns compostos tenen un triplet amb “esperes” de minuts o fins i tot hores, permetent que aquestes substàncies per emmagatzemar eficaçment l'energia lluminosa.

Un exemple molt clar d'aquestes substàncies són les agulles dels rellotges que es veuen a les fosques. Quan anem a dormir els deixem a la taula i en tancar el llum encara podem veure les busques o manetes del rellotge. Després d'una estona ja costa més, fins que s'“apaguen”.



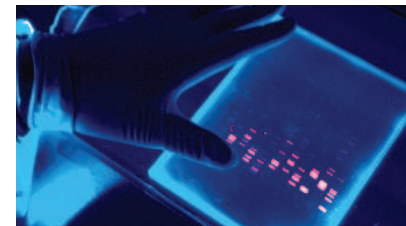
Aplicacions

Les aplicacions de la fluorescència i la fosforescència són molt diverses. Per exemple s'utilitza en química analítica per distingir diverses fases d'una mescla de compostos orgànics (molts d'ells fluorescents). En una làmina de sílica o fins i tot de paper es diposita una gota de la mescla i es posa en un pot amb un eluent i es tanca. Per capilaritat l'eluent puja per la làmina arrossegant els compostos de la mescla. Els més afins a la sílica es van retenint i els altres acompanyen el disolvent. Un cop arriba a dalt el disolvent es “revela” la placa amb una llum UV i s'observen els diferents compostos. És el que s'anomena en química: cromatografia de capa fina.



La microscòpia de fluorescència de teixits, cèl·lules o estructures subcel·lulars s'aconsegueix marcant l'anticòs amb un fluorocrom i permetent que aquell trobi el seu antigen corresponent present a la mostra. En marcar diversos anticòsos amb diferents fluorocroms es pot aconseguir la visualització de múltiples objectius dins d'una mateixa imatge.

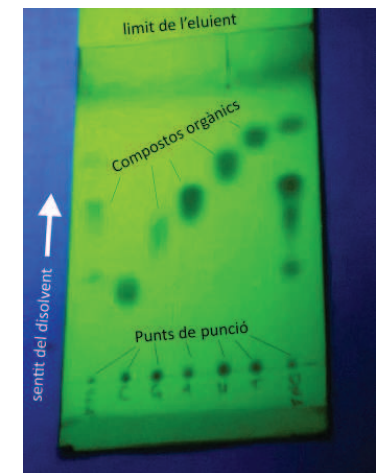
La fluorescència ha estat emprada per a l'estudi de l'estructura i conformació de l'ADN, així mateix com de les proteïnes.



Molts minerals i gemmes presenten una fluorescència pròpia i distintiva sota llum UV o raigs X. L'ambre, el robí, les maragdes i alguns diamants presenten fluorescència sota llum UV, altres sota raigs X.

L'aigua tònica presenta una fluorescència molt marcada sota llum UV degut a la presència del sulfat de quinina present. Les pantalles verdes antigues dels ordinadors eren fetes de material fosforescent.

Ja veieu que la fluorescència i la fosforescència ens envolten i són fenòmens molt útils per a molts camps de la Ciència. Podeu trobar més aplicacions a la xarxa.



Vull tenir la meua pròpia llum UV. Què he de buscar?

Sabíes que...

L'any 1801, Johann Ritter va realitzar un experiment per investigar l'existència de l'energia més enllà de l'extrem violeta de l'espectre visible. Sabent que el paper fotogràfic es tornaria negre més ràpidament en la llum blava que en la llum vermella, exposà el paper a la zona més enllà del violeta. El paper es va tornar negre demostrant l'existència d'aquesta "llum" més enllà del violeta.

Evidentment a tots ens atrau la possibilitat de fer servir la llum UV amb finalitats educatives o només per passar una bona estona cercant materials fluorescents. N'hi ha més dels que pensem.

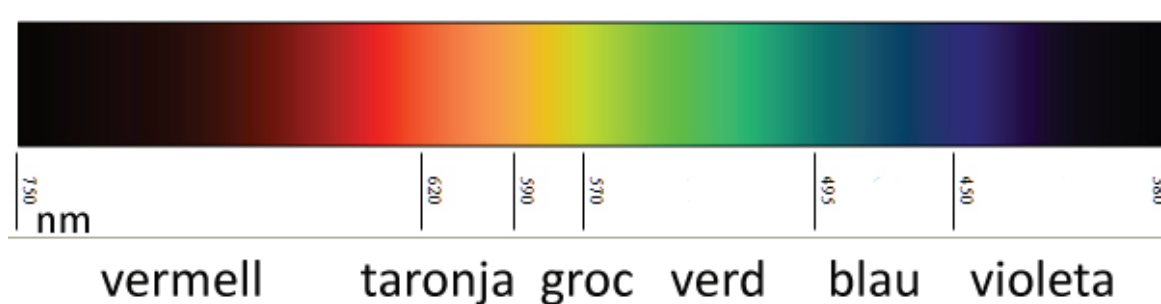
La llum ultraviolada

La llum ultraviolada no és visible per nosaltres, el que veiem són les emissions de llum visible violeta molt propera a la zona on l'ull humà es torna inactiu en l'ultraviolat. Es creu que en èpoques remotes, els mamífers tenien fotorreceptors per l'ultraviolat i l'infraroig. Aquesta peculiaritat els humans l'hem perduda. Els ocells per exemple veuen la llum ultraviolada; les abelles veuen el verd, el blau i l'ultraviolat; les serps tenen uns bons detectors d'infrarojos per veure la calor de les preses.

Tenim classificats tres tipus de radiació ultraviolada: UV-C, UV-B i UV-A. Les radiacions UV-C no arriba a nosaltres ja que l'absorbeix l'atmosfera (O_2 i O_3). La UV-B s'absorbeix parcialment per l'ozó (O_3) i ens arriba una part mínima però suficient per produir danys a la pell. La UV-A és la que ens arriba en major quantitat i també pot ser perillosa per la pell en llargues exposicions. Les ones més curtes de l'UV poden provocar danys en les nostres retines. Per això no hem de mirar mai directament una llum UV. La radiació UV també pot produir mutacions en les nostres cel·lules: càncer. Per això és millor no estar exposat gaire a aquestes radiacions.

Però què vol dir això de les diferents longituds d'ona (λ) de la llum UV?

Tal com veiem en el gràfic de l'espectre electromagnètic, cada radiació es pot associar a una energia i a una longitud d'ona determinada. L'espectre visible per l'ésser humà es troba entre els 770 nm als 430 nm, aproximadament.



La llum UV té unes longituds d'ona que van entre els 400 i els 15 nm.

		Longitud d'ona (nm)	Energia del fotó (eV)
Ultraviolat A (ona llarga)	UVA	400 – 315	3,10 – 3,94
Ultraviolat B (ona mitja)	UVB	315 – 280	3,94 – 4,43
Ultraviolat C (onda curta)	UVC	280 – 100	4,43 – 12,40

En estudiar la llum que passa a través de l'espai exterior, els científics sovint utilitzen un conjunt diferent dels subtipus d'UV que s'ocupen d'objectes astronòmics. Els tres primers són similars a la categorització més utilitzada en ciències de la Terra:

Ultraviolat proper (near)	NUV	400 – 300	3,10 – 4,13
Ultraviolat mig (middle)	MUV	300 – 200	4,13 – 6,20
Ultraviolat llunyà (far)	FUV	200 – 100	6,20 – 124
Ultravioleta extrem	EUV	100 – 10	10,25 – 124 (només viatja en el buit de l'espai)

Font: wikipedia.org

Els raigs X es troben entre 10 i 0,01 nm.

La llum ultraviolada que ens interessa a nosaltres pels nostres experiments de fotoluminiscència és la compresa per l'anomenada ultravioleta d'ona llarga, abreujada en anglès LW-UV, i la d'ona curta, SW-UV. Evidentment al mercat podem trobar un ampli ventall de qualitats, potència, "puresa" de la radiació...



Les millors són les que porten filtres, però també són les més cares. Per a les nostres aplicacions podem trobar làmpades de 365 nm (LW-UV), de 254 nm (SW-UV) o algunes que les combinen ambdues. El fet de portar filtres restringeix la presència de llum visible però també treu potència.

Ona Llarga LW-UV

Actualment hi ha per l'ona llarga llanternes de llum UV alimentades per LED's. Les que no porten filtre presenten força llum visible, però són útils per sortir del pas. S'utilitzen molt per mirar si els bitllets de banc són falsos. Es poden trobar portàtils o bé com els fluorescents habituals anomenats de "llum negra", amb els que podem fer un muntatge propi.

Les de llum UV de LED's si no porten filtre mostren més llum visible que las de filtre. El filtre és una làmina quasi negra adherida al vidre de la llanterna.



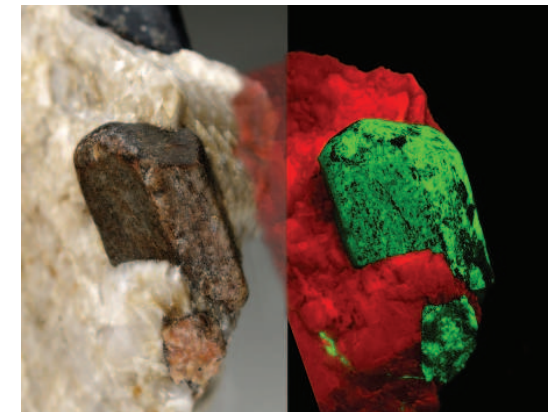
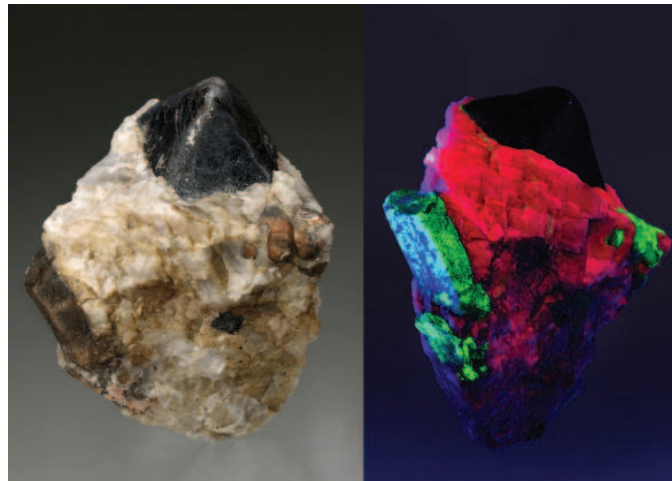
Llanterna LW-UV amb filtre



Llanterna LW-UV sense filtre



365 nm



Per l'ona curta cal el filtre, ja que les bombetes germicides que venen a les botigues, tot i tenir molta ona curta, tenen molt visible i a més són molt perilloses per la vista.

És més difícil trobar llums d'ona curta econòmiques. El fet de que totes porten filtres especials les encareixen. Però si volem fer una inversió les podem trobar combinades amb ona llarga o bé portàtils entre 50 i 150 €, entre les més assequibles.

Ona Curta SW-UV

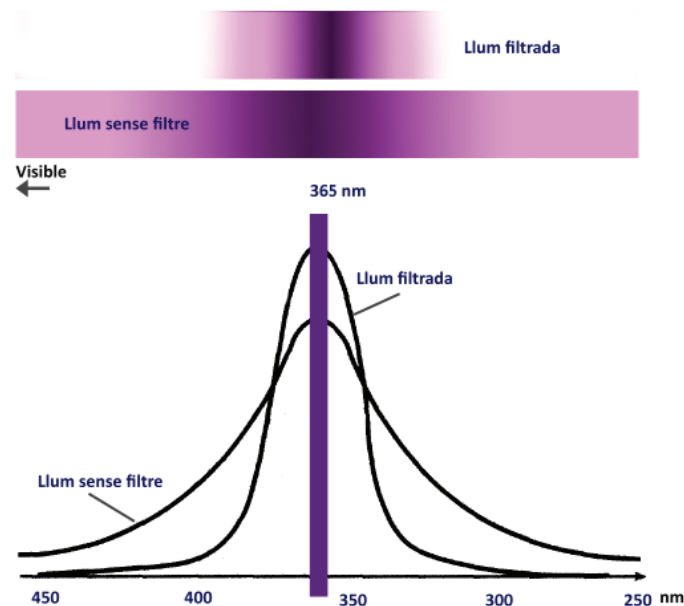
254 nm



Llum UV combinant ona llarga i curta, mitjançant una pantalla mòvil.



Caixa amb filtre protector per la vista amb llum UV d'ona curta i llarga acoblada.

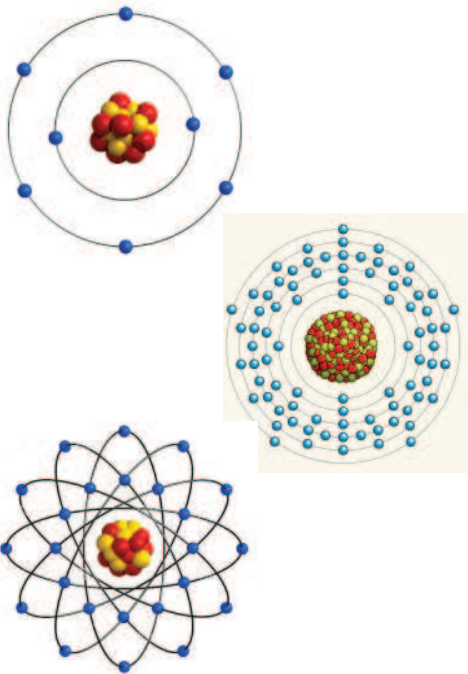


RADIOACTIVITAT

La desintegració radioactiva (radioactivity decay, en anglès) és el procés pel qual el nucli d'un àtom inestable (radionúclid) perd energia per radiació de forma espontània.

Com bé sabeu, en els àtoms podem diferenciar dues parts importants: el núvol electrònic, format per electrons, i el nucli, format per protons i neutrons. Els electrons tenen càrrega negativa, els protons positiva i els neutrons no tenen càrrega, són *neutres*.

L'àtom

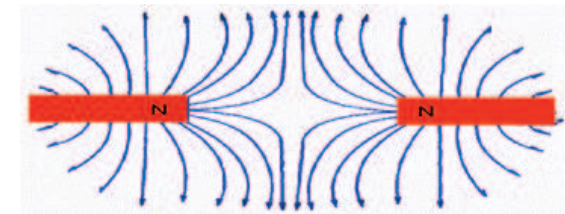


Diferents maneres de representar l'àtom, amb els electrons en blau i el nucli de protons i neutrons.

Des d'un punt de vista clàssic (mecànica clàssica) els electrons giren al voltant del nucli en unes òrbites que es van comparant amb les dels planetes al voltant del Sol, que seria el nucli. Des del punt de vista de la mecànica quàntica aquestes òrbites són realment zones de probabilitat on podem trobar l'electró o la seva funció d'ona. Aquest aspecte quàntic és molt més complex del que volem aportar en aquest manual, per tant us deixarem a vosaltres la cerca del que significa la mecànica quàntica pel que fa a l'àtom.

Com hem dit el nucli està format per protons de càrrega positiva amb els neutres neutrons. Ja sabeu què passa quan intenteu juntar dos imans pel mateix pol. Com pot ser que dos partícules de la mateixa càrrega estiguin juntes i no surtin disparades en repelir-se entre elles?

La força que uneix els protons entre ells s'anomena força nuclear forta. El seu abast no és més gran que el propi radi del nucli perquè altres nuclis propers no la *senten*, ja que si tingués un abast major tots els nuclis de l'univers s'haurien col·lapsat per formar un gran conglomerat de massa nuclear. És al menys cent vegades més forta que la força repulsiva. Els neutrons també la *senten*.



El problema apareix quan els nuclis atòmics presenten molts protons i neutrons, i el balanç entre ells no és el correcte, s'inestabilitzen. Per exemple, si un nucli té més neutrons que protons o a l'inrevés, la força nuclear forta no té prou capacitat per retenir-los. Aleshores el desequilibri es corregeix amb diferents emissions.

Les partícules que habitualment estudiem en els processos radioactius són les alfa (α) i les beta (β). Parlem de partícules, ja veureu per què.

Les **partícules alfa** són formades per dos protons i dos neutrons, un nucli d'heli ($A=4$, $Z=2$).

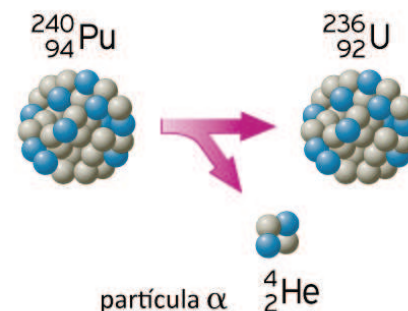
A és el nombre màssic, el nombre de protons+neutrons. Z és el nombre atòmic o nombre de protons (que és igual al d'electrons que rodejen el nucli en l'àtom neutre).

En la imatge adjunta veiem com un nucli de plutoni emet una partícula alfa i es transforma en un nucli d'urani, que també és radioactiu i que evolucionarà com veurem...

La desintegració alfa és freqüent entre els elements naturals més pesats ($A > 100$: urani, poloni i radi, per exemple), però no condueix directament a nuclis estables: abans es produeixen isòtops intermedis que experimenten noves desintegracions com l' U^{236} . La velocitat de sortida d'aquestes partícules és molt alta ja que la major part de l'energia es converteix en cinètica.

La partícula emesa és positiva i captura electrons que la converteixen en un àtom d'heli. Cal dir que tot l'heli que trobem a la Terra prové de la desintegració radioactiva. La principal font natural de radiació alfa que ens afecta en l'escorça terrestre és el radó, gas radioactiu existent en el sòl, l'aigua, l'aire i diversos tipus de roques (zones amb granits com la Costa Brava en tenen provinent del potassi dels feldspats). A l'inhalar aquest gas, alguns dels seus productes de desintegració queden atrapats en els pulmons. Al seu torn, aquests productes continuen desintegrant-se i emetent partícules alfa, que poden danyar les cèl·lules pulmonars.

Aquestes partícules són relativament grans i amb càrrega positiva, i per tant no penetren a través de matèria. Un tros de paper pot aturar gairebé qualsevol partícula alfa. No obstant això, les partícules alfa causen danys extrems dels materials on impacten. Una radiació permanent sobre el paper acabaria per degradar-lo.



Partícules alfa α



A : protons + neutrons
Z : protons



Constituents	2 protons + 2 neutrons (nucli d'heli)
Massa	$6.64465675 \cdot 10^{-27}$ Kg - 8000 vegades la del electró
Energia	Entre 2 a 9 MeV (Mega: milions d'electron-volts*)
Velocitat	15.000 Km/s
Penetració	Una làmina de paper les frena
Abast	De 2 a 8 cm en el aire

*1MeV = $1,602176565 \cdot 10^{-13}$ J

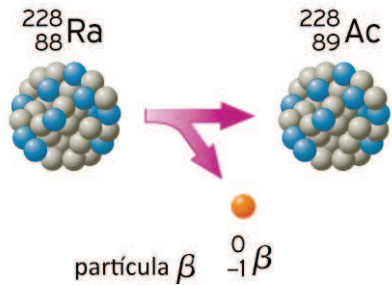
Partícules beta β

Les **partícules beta** són electrons β^- molt energètics emesos pel nucli atòmic. També poden ser positrons, que serien betes positives β^+ (antipartícula de l'electró, mateixa massa i càrrega elèctrica però positiva).

Existeixen tres tipus de radiació beta.

1. Emissió espontània d'un electró β^- per part del nucli i un antineutrí. En un nucli amb molts neutrons un d'ells es pot desintegrar donant un protó i una partícula beta, que s'expulsa del nucli. És la més habitual.
2. Emissió d'un positró β^+ i un neutrí. Un protó del nucli es desintegra emetent un positró (partícules com els electrons però carregades positivament) i un neutrí (ν_e). Alguns dels radioisòtops artificials obtinguts en acceleradors de partícules o separats en els productes de fissió formats en reactors nuclears tenen pocs neutrons, en lloc de molts. Els positrons es neutralitzen gairebé immediatament amb els electrons ordinaris per produir una "radiació d'anihilació", amb les qualitats dels raigs gamma dels que parlarem més endavant.
3. La captura electrònica que es dona en nuclis amb excés de protons, en la qual el nucli captura un electró de l'escorça electrònica, que s'unirà a un protó del nucli per donar un neutró. L'àtom, tot i que encara de càrrega neutra, ara es troba en un estat excitat amb un electró menys a les òrbites més internes de l'escorça electrònica. Aleshores un electró de l'escorça externa reemplaça el que ha absorbit el nucli i per tant va cap a un nivell d'energia més baix. Durant aquest procés, aquest electró emet un fotó de raigs X, un neutrí i radiació gamma.

Les partícules beta són més penetrants que les alfa, encara que el seu poder d'ionització no és tan elevat com el de les partícules alfa. Les partícules β són capaces de penetrar diversos metres en l'aire, uns quants centímetres de teixit orgànic o diversos mm de metall o de plàstic. Pot produir serioses cremades superficials o importants danys interns sobretot si són emesos dins del cos durant períodes de temps prolongats.



Desintegració beta del radi en actini.



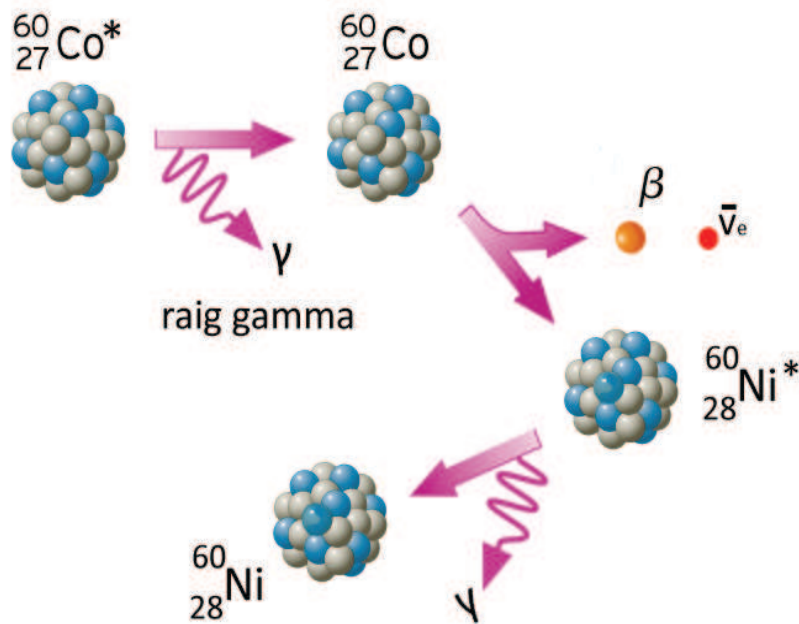
Constituents	electrons d'alta energia
Massa	$9,10938291 \cdot 10^{-31}$ Kg
Energia	Entre 50 KeV a 10 MeV
Velocitat	270.000 Km/s
Penetració	Làmina d'alumini de 5mm o de plom d'1mm
Abast	1 a 10 metres en el aire

Fins ara havíem parlat de partícules alfa i beta, ara parlem d'una altra emissió del nucli que no és cap partícula, és una radiació electromagnètica, com podria ser la llum visible, constituïda per fotons.

La radiació gamma o raigs gamma (γ) és un tipus de radiació electromagnètica, i per tant constituïda per fotons, produïda generalment per elements radioactius o per processos subatòmics com l'aniquilació d'un parell positró-electró.

Sovint, un àtom en un estat excitat es "desexcita" mitjançant l'emissió d'un raig gamma. Els raigs gamma tenen una freqüència molt alta (superior als raigs X, vegeu el quadre) i, en conseqüència, molta energia. Aquesta radiació no té càrrega i pot penetrar més fàcilment la matèria, el que requereix planxes de plom gruixudes per aturar-la.

En l'emissió gamma el nucli no pateix cap pèrdua de protons ni de neutrons, per tant el nombre atòmic i el nombre màssic es conserven.

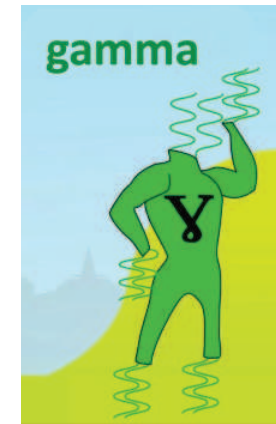


Del cobalt de n'han caracteritzat 22 radioisòtops, éssent els més estables el ^{60}Co , ^{57}Co , ^{56}Co . Altres isòtops es desintegren molt ràpidament. Els isòtops més lleugers es descomponen capturant electrons de l'escorça donant elements com el ferro, però els més pesats ho fan emetent partícules beta, per donar isòtops de níquel.

En aquest exemple tenim un nucli de cobalt ^{60}Co excitat que es "relaxa" emetent radiació gamma. L'isòtop de cobalt generat, tot i ser força estable, acaba desintegrant-se emetent una partícula beta i un antineutrí. Com veiem, el primer pas no varia els valors d'A i de Z, només emet radiació, no partícules.

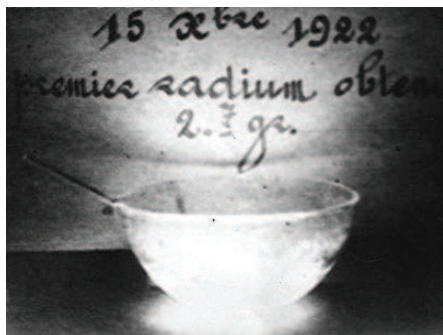
En el segon pas si que emet una partícula beta generada per un neutró que passa a protó (positiu), per tant A (protons+neutrons) resta igual, però Z augmenta en un protó. A continuació aquest radionúclid de Ni inestable emet raigs gamma i s'estabilitza. A la natura els isòtops de níquel més estables són els ^{58}Ni , ^{60}Ni , ^{61}Ni , ^{62}Ni i ^{64}Ni .

Radiació gamma γ



Sabíes que...

Una mostra de radi pur excita amb la seva potent radiació les molècules d'aire i fa que brillin en la foscor.



© CGAC. robertsix.wordpress.com

La potència dels raigs gamma els fa útils per a esterilització d'equip mèdic, on també s'utilitza la llum UV d'ona curta que havém vist abans. Per exterminar bacteris i insectes en productes alimentaris com ara carn, bolets, ous i verdures, per tal de mantenir la seva frescor, ja que penetren al seu interior i els destrueixen.

A causa de la capacitat de penetrar en els teixits, els raigs gamma o els raigs X tenen un ampli espectre d'usos mèdics, com realització de tomografies i radioteràpia. No obstant això, per la seva condició de radiació ionitzant, si s'afecta l'ADN poden provocar canvis moleculars que poden derivar en càncer.

Els raigs gamma també s'utilitzen per a tractament de certs tipus de càncer. En el procediment anomenat cirurgia *gamma-knife*, múltiples raigs gamma concentrats es dirigeixen cap a cèl·lules canceroses. Els raigs s'emetten des de diferents angles per focalitzar la radiació en el tumor, alhora que es minimitza el dany als teixits del voltant.

Els raigs gamma també s'utilitzen en Medicina nuclear per realitzar diagnòstics. S'utilitzen molts radioisòtops emissors de raigs gamma. Un d'ells és sintètic: el tecneci-99, ^{99m}Tc . Quan se li administra a un pacient, una càmera gamma pot utilitzar la radiació emesa per obtenir una imatge de la distribució del radioisòtop. Aquesta tècnica s'empra en diagnòstic d'un ampli espectre de malalties, per exemple en detecció de càncer d'ossos.

Constituents	radiació electromagnètica d'alta energia
Massa	No tenen massa
Energia	Entre 3 KeV a 100 MeV
Velocitat	300.000 Km/s (velocitat de la llum)
Penetració	Làmina de plom: 5 a 25 cm. Paret de formigó de 3 metres
Abast	> 100 metres en el aire

		Group																																	
		I	II																	III	IV	V	VI	VII	VIII										
Period	1	1 H																									2 He								
	2	3 Li	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne										
	3	11 Na	12 Mg																	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar										
	4	19 K	20 Ca																	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
	5	37 Rb	38 Sr																	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
	6	55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn		
	7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo		

Taula periòdica amb elements de color d'acord amb la vida mitjana del seu isòtop més estable. Aquest format de 32 columnes és útil per veure el patró d'estabilitat.

- Elements que contenen almenys un isòtop estable.
- Elements radioactius: l'isòtop més estable té molt llarga durada, amb una vida mitjana de més de quatre milions d'anys.
- Elements radioactius: l'isòtop més estable té una vida mitjana d'entre 800 a 34.000 anys.
- Elements radioactius: l'isòtop més estable té vida mitjana d'entre 1 dia a 103 anys.
- Elements altament radioactius: l'isòtop més estable té una vida mitjana d'entre diversos minuts a un dia.
- Elements extremadament radioactius: l'isòtop més estable té una vida mitjana de menys de diversos minuts. Molt poc se sap sobre aquests elements a causa de la seva extrema inestabilitat i la radioactivitat.

Nota: Aquesta taula només aborda l'isòtop més estable de cada element. Per tant, seria erroni concloure que tots els elements presents en la naturalesa des de l'hidrogen fins el plom són no radioactius. Per exemple, si tens un comptador Geiger detectarà radiació en un plàtan, causada per l'isòtop ^{40}K del potassi, que també és el radioisòtop més comú en el cos humà.

Dels **92 elements naturals**, existien 4 coneguts com elements "absents" ja que no s'havien trobat a la natura: tecneci, franci, àstat i prometi. Finalment s'han detectat quantitats gairebé inapreciables en minerals d'urani, són molt inestables i es desintegren molt ràpidament. El prometi segueix sense detectar-se a la Terra, però sí en una estrella de la galàxia d'Andròmeda.

Alessio Rolleri *et al*, Lexi sioz
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodic_Table_Radioactivity.svg

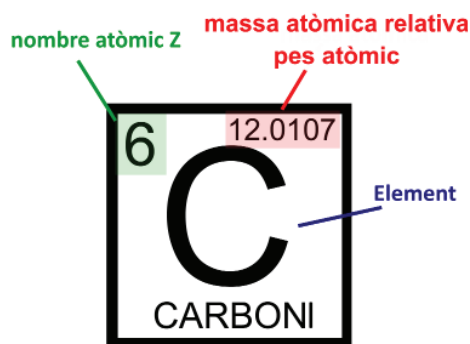
Isòtops, vida mitja? Què vol dir això?

El nombre de neutrons d'un element químic es pot calcular com $A-Z$, és a dir, com la diferència entre el nombre màssic i el nombre atòmic. No tots els àtoms d'un element donat tenen la mateixa massa. La majoria dels elements té dos o més isòtops.

Isòtops: àtoms que tenen el mateix nombre atòmic (Z), però diferent nombre màssic (A)

Per tant la diferència entre dos isòtops d'un element és el nombre de neutrons en el nucli. En un element natural, l'abundància relativa dels seus isòtops en la naturalesa rep el nom d'abundància isotòpica natural.

Massa atòmica d'un element és una mitjana de les masses dels seus isòtops naturals ponderada d'acord al seu abundància relativa.

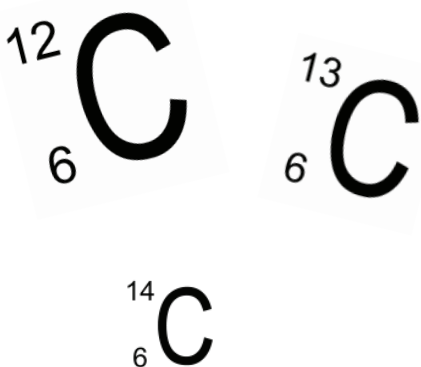


Així, a la taula periòdica dels elements el carboni té una massa atòmica de 12,0107 uma (unitats de massa atòmica). D'on venen aquests decimals si el nucli del carboni té 6 protons i 6 neutrons (12)?

Sabem que el carboni té dos isòtops estables el ^{12}C i el ^{13}C . també té molts altres isòtops de ^8C al ^{22}C , però són molt inestables i es desintegren. El famós carboni-14 ^{14}C es forma contínuament en l'atmosfera per l'interacció de la radiació còsmica amb el nitrogen-14 ^{14}N , el component majoritari de l'aire. La radiació còsmica està formada per protons, raigs alfa, raigs beta i radiació electromagnètica. Quan els raigs còsmics penetren a l'atmosfera pateixen diverses transformacions, entre elles la producció de neutrons. Aquests neutrons interaccionen amb el ^{14}N , per donar ^{14}C i un protó. El que passa és que només existeix a nivell de traces (1 part per trilió) però amb una vida mitjana de 5.730 ± 40 anys.

^{12}C	98,89 %
^{13}C	1,1 %
^{14}C	10^{-10} %

$$A_r = \frac{\sum_i A_i \cdot x_i}{100} = \frac{12 \cdot 98,89 + 13 \cdot 1,1}{100} = \frac{1.186,68 + 14,30}{100} = 12,0098$$



A_r : Massa atòmica relativa o pes atòmic. "Pes" no seria del tot correcte ja que és la força exercida en un objecte per la gravetat, unitats en Newtons, però s'ha fet servir pes des del temps de Dalton (1808).

A_i : Massa atòmica de l'isòtop.

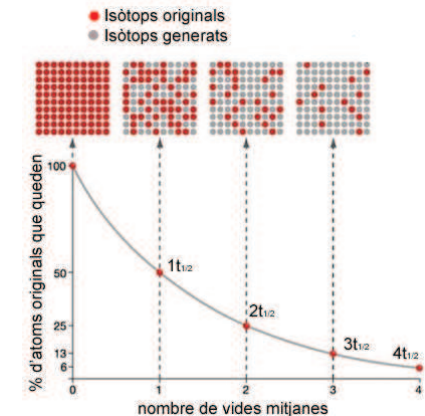
x_i : Percentatge d'abundància de l'isòtop.

Veiem que hem despreciat els isòtops traces que també té el carboni. El resultat 12,0098 uma o unitats de massa atòmica. Precisament s'agafa com a unitat de la massa atòmica 1/12 de la massa atòmica de l'àtom de carboni-12 (^{12}C).

Així mateix, la massa molar d'una molècula és la massa d'un mol d'aquestes molècules (les seves unitats en química són $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$), i s'obté multiplicant la **massa atòmica relativa** per la **constant de massa molar**.

Per definició un mol és el nombre d'àtoms que estan continguts en exactament 12 grams de carboni de massa isotòpica 12 (^{12}C). A aquest nombre se li denomina nombre d'Avogadro. El valor més exacte que es coneix fins ara és: $6,0221367 \times 10^{23}$. Més que suficient pels nostres càlculs habituals...

El resultat acceptat per la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) pel pes atòmic del carboni és de 12,0107 uma. Hi ha diferència amb el que hem calculat nosaltres. Aquesta ve donada per no tenir en compte la resta d'isòtops que sumarien a l'operació. Es disposa de dades summament precises de masses atòmiques de quasi tots els núclids no radioactius. Les composicions isotòpiques són més difícils de mesurar amb un alt grau de precisió, ja que estan subjectes a variacions entre mostres.



Hem parlat del terme vida mitjana d'un element radioactiu dient que era de tants segons o milers d'anys... Què vol dir?

El terme original de "vida mitjana", que data de quan Ernest Rutherford va descobrir aquest principi l'any 1907, va ser "període de vida mitjana", que va ser escurçat a "vida mitjana" a principis de 1950. Rutherford aplica el principi de la vida mitjana d'un element radioactiu a la determinació de l'edat de les roques mitjançant la mesura de la desintegració del radi a plom-206.

La vida mitjana ($t_{1/2}$) és la quantitat de temps requerit perquè una quantitat d'una substància radioactiva caigui fins a la meitat del seu valor inicial. Té una forma de decaïment de tipus exponencial.

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$N(t)$: nombre de radionúclids existents en un temps t determinat.

N_0 : Nombre de radionúclids que tenim al moment inicial.

λ : constant de desintegració radioactiva, probabilitat de desintegració per segon.

**Temps de vida mitjana
o període de
semidesintegració**

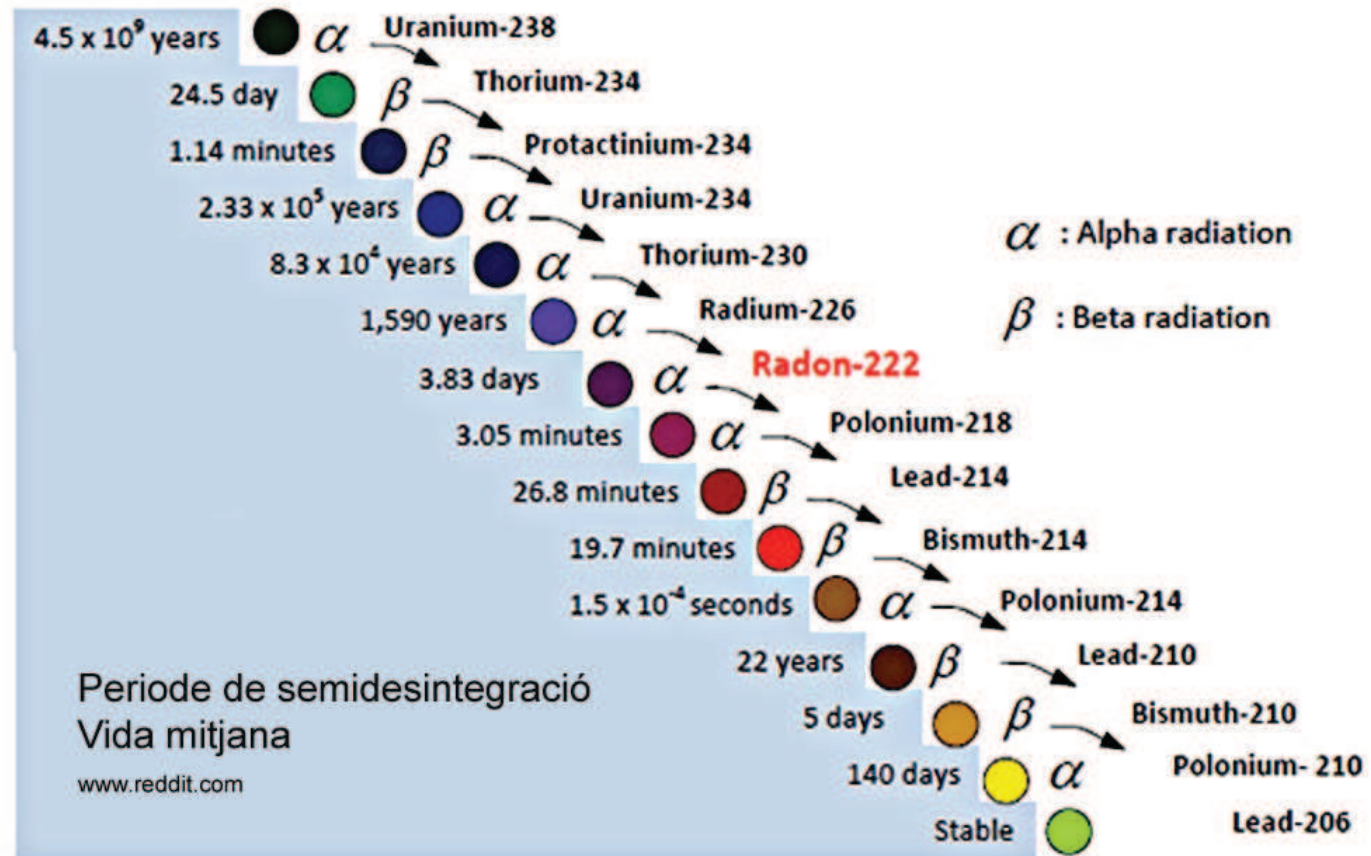
²³⁸ U	MILIONS	
URANI %	ANYS	PERIODES
100	4.500	1
50	9.000	2
25	13.500	3
12,5	18.000	4
6,3	22.500	5
3,1	27.000	6
1,6	31.500	7
0,8	36.000	8
0,4	40.500	9
0,2	45.000	10

Períodes de semidesintegració del més comú dels isòtops d'urani (99,284%).

Per exemple l'urani-236 (²³⁸U) té una vida mitjana de 4.500 milions d'anys. Vol dir que té una vida mitjana molt semblant a la formació de la Terra, o sigui que fins d'aquí més de 45.000 milions d'anys no haurà quasi desaparegut, transformant-se en plom-206.

Però es transforma en plom-206 cada nucli d'urani-238 que es desintegra? No.

Quan l' ²³⁸U es desintegra ho fa emetent partícules alfa i forma tori-234 (²³⁴Th), el tori-234 dona protoactini-234 (²³⁴Pa) i aquest es transforma en urani-234. Però aquest decaïment segueix fins el plom-206, on s'atura ja que és un nucli totalment estable.



Les unitats de mesura de la radioactivitat són diverses i segueixen diferents patrons en funció del que volen expressar.

Així, en el **Sistema Internacional d'Unitats** per la radioactivitat tenim el **Becquerel** (Bq), que evidentment porta el nom del descobridor del fenomen radioactiu. Es tracta d'una mesura d'activitat radioactiva.

1 Bq : es defineix com l'activitat d'una quantitat de material radioactiu en la qual es desintegra un nucli per segon. La seva unitat és s^{-1} .

També tenim unitats com el **Curi** (Ci) que és la quantitat de radi que es desintegra per segon en funció a un gram de radi. Equival a $3,7 \cdot 10^{10}$ desintegracions per segon, o sigui $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$. Aquesta unitat s'usa sovint en el món de la radiomedicina.

Tal com deiem, si ens referim a la radiació rebuda o dosi radioactiva es fan servir altres unitats. S'utilitzen sobretot per parlar de radiacions ionitzants com és el cas de la radioactivitat. El **Gray** (Gy) també pertant al Sistema Internacional d'Unitats. L'altra equivalent és el **rad** ($100 \text{ rad} = 1 \text{ Gy}$).

1 Gy : es defineix com l'absorció d'un joule d'energia de radiació per kg de matèria. $J \cdot Kg^{-1}$ o bé $m^2 \cdot s^{-2}$.

El dany produït per una mateixa dosi, depèn del tipus de radiació rebuda, ja que poden tenir diferent energia. Per exemple 1 Gy de radiació alfa produeix, segons experiències, 20 vegades més danys que 1 Gy de radiació beta o gamma. Així per obtenir el valor del dany produït s'utilitza un factor de correcció, conegut com factor de qualitat. Per les partícules alfa, neutrons ràpids i protons val 20 i per la beta, gamma i raigs X val 1.

	Nom	Símbol	Unitat	Any	Sistema Internacional?
Exposició (X)	Röntgen	R	esu/0.001293 g d'aire	1928	NO
	Rad	rad	$100 \text{ erg} \cdot g^{-1}$	1953	NO
	Gray	Gy	$J \cdot Kg^{-1}$	1974	SI
Activitat (A)	Curie	Ci	$3,7 \cdot 10^{10} s^{-1}$	1953	NO
	Becquerel	Bq	s^{-1}	1974	SI
Dosi equivalent (H)	Röntgen equivalent man	rem	$100 \text{ erg} \cdot g^{-1}$	1971	NO
	Sievert	Sv	$J \cdot Kg^{-1}$ (100 rem)	1977	SI
Fluència (Φ)	(Àrea recíproca)		partícules cm^{-2} / m^{-2}	1962	SI (m^{-2})

Sabies que...

La radiació ionitzant és energia transportada per les partícules alfa, beta, raigs X i raigs gamma. Aquestes radiacions tenen la capacitat de fer que els àtoms de la matèria que les reben quedin elèctricament carregats, és a dir, ionitzats. Aquest procés pot trencar enllaços químics o crear-ne de nous i quan això passa dins de les cèl·lules dels organismes vius pot danyar-los.



Les unitats que expressen la mesura del potencial d'efecte biològic de la radiació rebuda són els Sievert (Sv) que com podem veure són equivalents a 100 rem.

Rem vol dir **R**öntgen **E**quivalent **M**an. El rem es defineix, des de 1976, com a 0,01 sievert, que és la unitat del SI utilitzada més comunament fora dels Estats Units. Una sèrie de definicions anteriors, que es remunten a 1945, deriven de la unitat röntgen, que porta el nom de Wilhelm Röntgen, científic alemany que va descobrir els raigs X. Un rem porta incorporada una probabilitat del 0,055% d'eventualment desenvolupar càncer. Dosis superiors a 100 rem rebudes en un curt període de temps poden causar la síndrome de radiació aguda (ARS), que pot donar lloc a la mort en qüestió de setmanes si no es tracta. Recordeu que les quantitats que es mesuren en rem no van ser dissenyades per ser correlacionades amb els símptomes de l'ARS. La dosi absorbida, mesurada en rad, és el millor indicador de ARS.

Un rem és una gran dosi de radiació, de manera que el mil·lirems (mrem), que és la mil·lèsima part d'un rem, és d'ús freqüent per a les dosis comunament emprades, com ara la quantitat de radiació rebuda dels raigs X en medicina.

Una **dosi equivalent de plàtan** (banana equivalen dose, BED) és una expressió informal d'exposició a radiacions ionitzants, que pretén ser un exemple per a ser emprada en les escoles. Indica la dosi potencial de radiació deguda als isòtops naturals que conté i que rebem en menjar un plàtan de mida mitjana. Un BED sovint es pren com 0,1 Sv, però, en la pràctica aquesta dosi no és acumulativa, ja que el component radioactiu principal s'excreta per mantenir l'equilibri metabòlic. El BED és només un concepte indicatiu destinat a demostrar l'existència de nivells molt baixos de radioactivitat natural dins d'un aliment natural i no és una quantitat de dosi adoptada formalment.

La font radioactiva és l'isòtop potassi-40, present en el plàtan. El potassi és un dels valors dietètics més important del plàtan i molt útil per a l'esforç muscular. Altres aliments poden portar fins i tot radi, en quantitats apreciables, com les patates, les castanyes, les nous o les mongetes. Això no vol dir que siguin perjudicials, ja que hauríeu de menjar tones d'una sola vegada per a que fossin perjudicials. I fins ara no he conegut ningú que es menjés 1000 kg de mongetes i morís per la radiació, més aviat per l'empatx.

L'exposició a la radiació en consumir un plàtan és d'aproximadament un 1% de l'exposició mitjana diària a la radiació de l'entorn, que és una dosi equivalent a 100 plàtans (BED). El màxim permès en una fuita de radiació en una central nuclear és equivalent a 2500 BED (250 Sv), mentre que una tomografia computeritzada de tòrax proporciona 70.000 BED (7 mSv). Una dosi letal de radiació és d'aproximadament de 35 milions BED (3500 mSv). Una persona que viu a 5 km del reactor nuclear rep 700 BED d'exposició a la radiació.

És perillosa la radioactivitat?

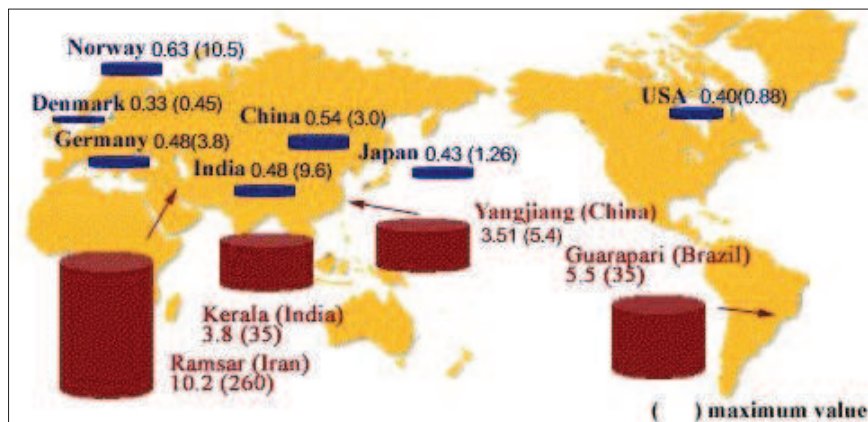
Per suposat que sí. La radioactivitat és perillosa per als éssers vius però si prenem precaucions pot ser molt divertida i interessant...

Hem de pensar que pel sol fet d'estar al planeta Terra ja rebem una dosi de radiació que no és nula. D'on prové aquesta radioactivitat "natural"? Té diversos orígens:

- Materials radioactius existents a la Terra des de la seva formació, els anomenats primigenis.
- Materials radioactius generats per interacció dels raigs còsmics (procedents de l'espai exterior) amb materials de la Terra (sobretot de l'atmosfera) que originalment no eren radioactius, els anomenats cosmogènics.

Tenim quantitats detectables de **radiació natural** en el sòl, les roques, l'aigua, l'aire i la vegetació. Respirarem i mengem, per tant introduïm aquesta radiació al nostre cos. A més a més d'aquesta exposició "interna", els éssers humans també reben l'exposició "externa" a partir de materials radioactius que romanen fora del cos i els procedents de la radiació còsmica de l'espai. El fet de viure en una zona o altra, en un entorn geològic diferent modifica aquests valors.

Hi ha poblacions com Ramsar (Iràn) on la radiació supera amb escreix la mitja mundial. Aquesta zona es troba propera a fonts naturals termals que contenen radi i els materials geològics de la zona amb els que construeixen les seves cases també contenen potassi-40. Els nivells rècord van ser trobats en una casa en la què la dosi ambient de radiació efectiva a causa de la radiació externa era 132 mSv/any, de la que 72 mSv/a procedien del radó present. Aquest cas únic és més de 80 vegades més gran que la radiació de fons mitjana mundial. Tanmateix, les dades que aporten metges locals i certs estudis citogenètics suggereixen que no hi ha un nombre major d'afectacions per la radioactivitat que en altres llocs. Es creu que es pot deure a un efecte adaptatiu de la població.



Més dades epidemiològiques recents mostren una taxa lleugerament reduïda de càncer de pulmó i una baixa morbiditat. Però la poca quantitat d'habitants, unes 1.800 a 2.000 ànimes, requerirà un període de seguiment més llarg per extreure conclusions definitives.

Àrees del món amb major valor de la radiació de fons. Els valors són en mSv/any. Adaptat de la Health Research Foundation, Kyoto, Japó. S. M. Javad Mortazavi. ecolo.org.



Els detectors mesuren dosis de 142 i 143 $\mu\text{Sv/h}$ en contacte amb una paret d'una habitació. Si un any té 8.760 hores i 1 mSv són 1000 μSv ...

Font: S. M. Javad Mortazavi. ecolo.org

Tingues present que...

La **radiació natural** és la produïda en la natura sense la intervenció de l'ésser humà.

La **radiació artificial** és la que es produeix quan es bombardegen certs nuclis estables amb partícules apropiades (habitualment neutrons). Es formen nous nuclis inestables que es desintegren emetent radiació.

La **radiació de fons** és la radiació ionitzant omnipresent a la que la població del planeta Terra està exposada, incloses les fonts naturals i artificials.

Tant la radiació de fons natural i artificial varia segons el lloc i l'alçada on siguis.

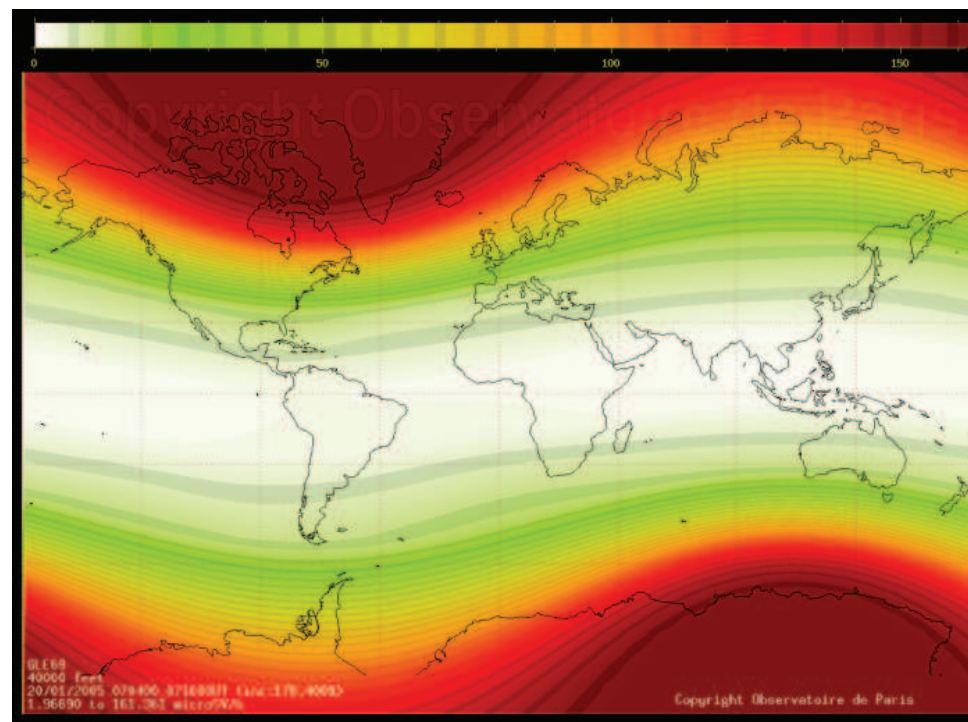
La dosi natural mitjana mundial per als éssers humans és d'aproximadament 2,4 mil·lisieverts (mSv) per any.

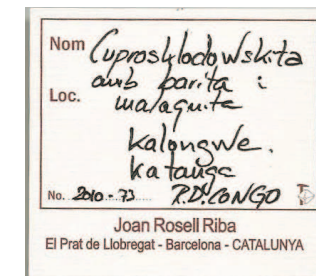
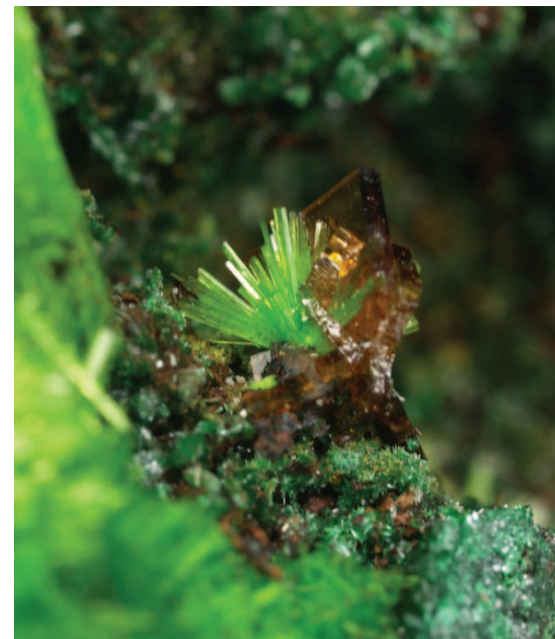
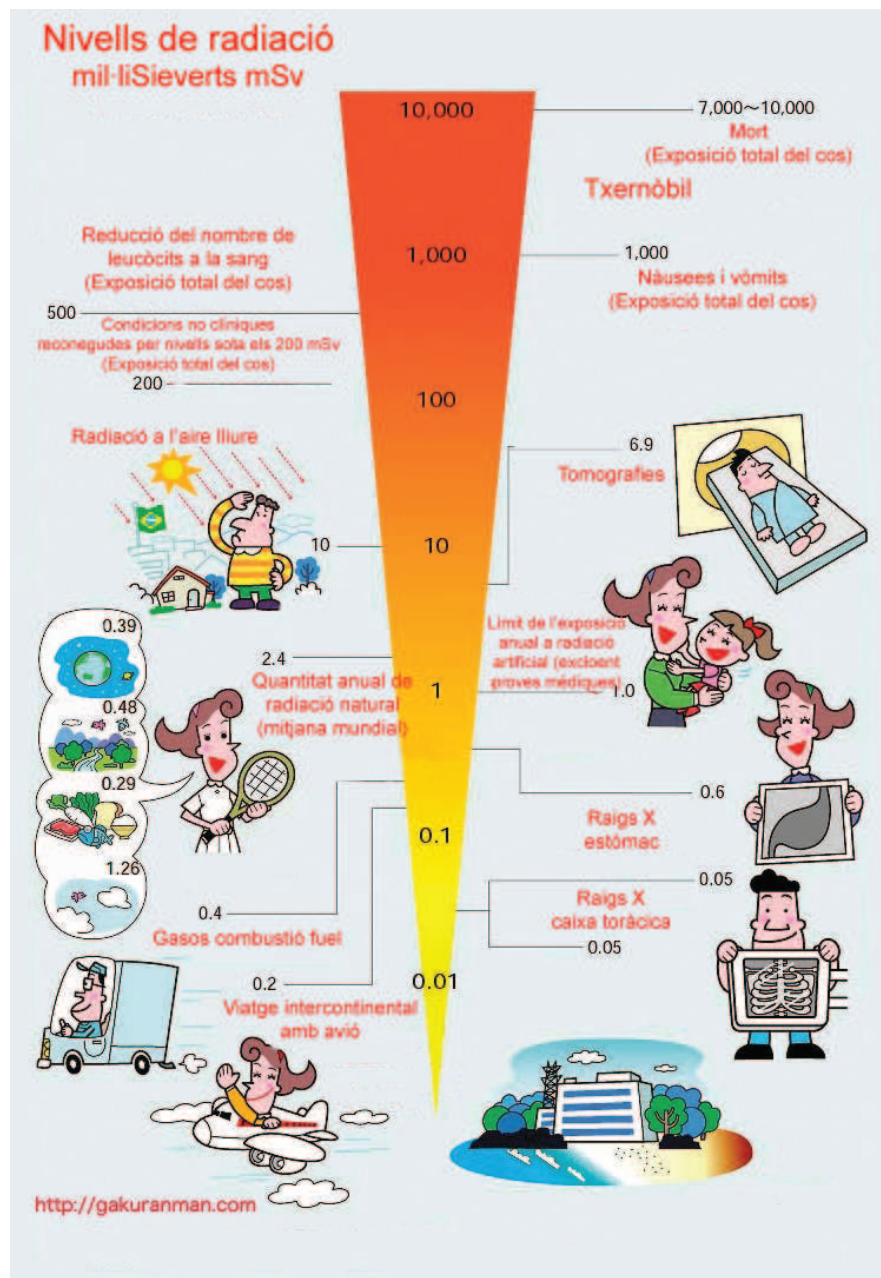
2,4 mil·lisieverts és quatre vegades l'exposició mitjana a la **radiació artificial** a tot el món, que el 2008 va ascendir a al voltant de 0,6 mSv per any. En alguns països rics, com els EUA i el Japó, l'exposició artificial és, de mitjana, més gran que l'exposició natural a causa d'un major accés a les imatges mèdiques. A Europa, la mitjana de l'exposició a la radiació natural de fons oscil·la entre menys de 2 mSv/any al Regne Unit a més de 7 mSv/any per a alguns grups de persones de Finlàndia.

Per tant, podem concloure que la radioactivitat és perillosa en funció de la dosi rebuda i de l'impacte que exerceix sobre/dins el nostre cos.

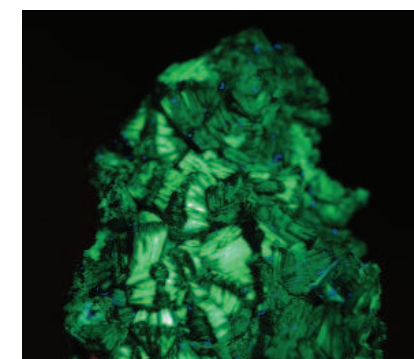
Així, per exemple, el fet d'estar a l'aire lliure en una muntanya alta o fer un vol de llarga durada ens fa rebre tanta radiació com fer-se una radiografia de raigs X. Si estéssim sempre exposats a aquesta radiació sí que podríem patir certs problemes en les nostres cèl·lules i desenvolupar càncer. Tanmateix hem vist que les persones que viuen en zones de major radiació natural de fons desenvolupen una certa resistència a la mateixa.

Estimació de la dosi màxima de radiació rebuda a una altitud de 12 km. Gener de 2005, arran d'una flamarada solar violenta. Les dosis s'expressen en μ Sv.





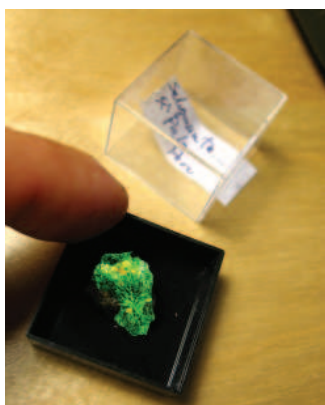
Metatorbernite i meta-autunita. Mine de Margabal, Entraygues-sur-Truyère, Aveyron, Midi-Pyrénées, França.
© Joan Rosell - Rosellminerals.com



Fluorecència de la meta-autunita.
© Joan Rosell - Rosellminerals.com

Puc tenir Minerals Radioactius?

MR a la cole



MR a la mina

Si hi ha uns minerals a la natura que destaquen per la seva bellesa i, sobretot, pels seus colors són els minerals que contenen elements radioactius, com l'urani o el tori.

Els col·leccionistes de minerals radioactius (MR) bé sabem que cal tenir en compte una sèrie de precaucions i normes per a poder gaudir d'aquests exemplars.

Un dels problemes principals del col·leccionista de minerals és el fet de que alguns es desfan alliberant pols i fragments. Per al col·leccionista de minerals radioactius això és molt important. Aquesta pols, si és radioactiva, en entrar en els nostres pulmons queda retinguda i es converteix en milers de petites fonts de radiació enganxades al nostre teixit pulmonar. Aquesta radiació pot provocar a la llarga malalties. Però és ben fàcil solventar-ho.

No hauríeu d'acceptar que un venedor us vengui MR sense que vagin dins d'una capseta de plàstic tancada. Si ho veieu en una fira de minerals podeu advertir-ho el venedor. Va per la seva salut també.

Un cop a casa, si voleu treure'l de la caixa per posar-lo en les vostres pròpies caixetes de plàstic heu de tenir cura de fer-ho sobre un paper (de diari, p.ex.) i si pot ser amb mascareta. Un cop enganxat a la vostra caixeta, la tanqueu normalment. Ara, si es trenca un troç o cau pols queda dins de la capsa. A més les radiacions alfa i part de les beta queden retingudes pel plàstic. Les gamma, no...

El paper de diari ha d'anar a les escombreries i us renteu bé les mans. La mascareta la podeu llençar. D'aquesta manera sempre tindreu el mineral protegit i la vostra salut també.

Els MR de la vostra col·lecció és millor tenir-los tots junts i en un lloc retirat d'on feu la vida quotidiana. No els poseu sota el llit o al costat d'on treballeu, per exemple. Tenint-los en un lloc sec i ventilat és més que suficient. De tant en tant podeu obrir la caixa per a que es ventili, ja que es forma radó.

Si voleu anar a buscar MR a les mines i pedreres cal també tenir la precaució de no estar moltes hores dins les galeries on es troben. Sempre portar mascareta i guants. Per guardar-los cal portar envasos amb tapa (tupperware p.ex.) i embolicarlos amb delicadesa per evitar que facin més pols. En sortir espoleu les eines i vosaltres amb la màscareta posada i després poseu la roba en un sac per rentar. En arribar a casa, millor és desembolicar en un lloc a l'aire lliure. Per reduir la mida ho podeu fer amb guants, mascareta i mirant que els fragment i la pols que es formi es pugui recollir bé i llençar-la.



Autunita. Vénachat, Compreignac, Haute-Vienne, Limousin, França.
© Joan Rosell - Rosellminerals.com

De vegades, la desconeixença o la mala informació fa que els museus exposin els minerals radioactius rere vidres blindats o plomats, amb costos desorbitats. En canvi, no es preocupen de que cada exemplar es trobi en una caixa tancada dins de la vitrina. Habitualment, en un museu, hi ha moltes peces radioactives juntes i si hi acosteu un comptador Geiger veureu que el nivell de radiació és molt alt.

Però ara vosaltres ja sou capaços d'entendre que tot i que les lectures de radiació són molt altes, també sabeu que la dosi de radiació que rebeu serà baixa en funció del temps que us exposeu, ja que serà breu. Pot ser podeu estar 20 minuts davant la vitrina, però no hi estareu un mes...

El mateix passarà si observeu la vostra col·lecció de MR. Podreu estar-hi unes hores, però no pas una setmana seguida, per exemple.

Parlant pels Museus... Tenir una nutrida col·lecció de minerals radioactius està a l'abast de pocs museus al món. Una zona coneguda per les seves mines de MR és Katanga, a la República Democràtica del Congo, abans dit Zaire. Aquest país va ser durant dècades una colònia de Bèlgica. Evidentment, els belgues van explotar els recursos del país, sobretot pel coure i el cobalt, però també l'urani quan aquest metall va guanyar importància al mercat mundial de l'energia.

Prop de Brusel·les trobem el Musée Royal de l'Afrique Centrale, a Tervuren. El museu i la Universitat de Liège van rebre molts exemplars de Katanga. Ara els minerals radioactius els tenen en una cambra amb les parets folrades per planxes de plom que evita que la radiació escapi a l'exterior. Dins d'aquesta cambra la radiació és altíssima, per la qual cosa no es permet estar-hi dins gaire estona.

En els museus menys específics seria convenient tenir els exemplars exposats en una zona concreta i alhora ben protegida per evitar que escapi la pols. El radó caldria ventilar-lo a l'exterior de tant en tant (depenent de la quantitat de minerals exposats). Pels minerals emmagatzemats seria convenient tenirlos en armaris especials amb parets blindades per planxes de plom i també amb la possibilitat de ventilar-los.

Com a curiositat voldria explicar que anys enrere vaig veure una col·lecció de minerals radioactius procedents de tot el món, però amb èmfasi a Katanga. Era espectacular, amb exemplars d'una qualitat que costa de veure. El col·leccionista, que era belga, la tenia al soterrani de casa seva, amb un sostre i parets d'uns 50-60 cm de formigó. Les vitrines tenien un enginyós sistema de ventilació, amb uns petits ventiladors a la base de les vitrines que s'activaven quan el detector arribava a un cert valor, llavors expulsava a l'exterior el radó radioactiu format, més pesant que l'aire.

Nombre de "projectils"
(particules emeses)
Becquerel



Nombre de "projectils"
que ens impacten
Gray



Valor
d'aquests impactes
Sievert



Idea: Vladimir Babenko,
www.belrad-institute.org BELARUS
Book: "After the nuclear Accident"
/ "Nach dem Atomunfall"
Adaptat Joan Rosell

MR als museus

Comptador Geiger

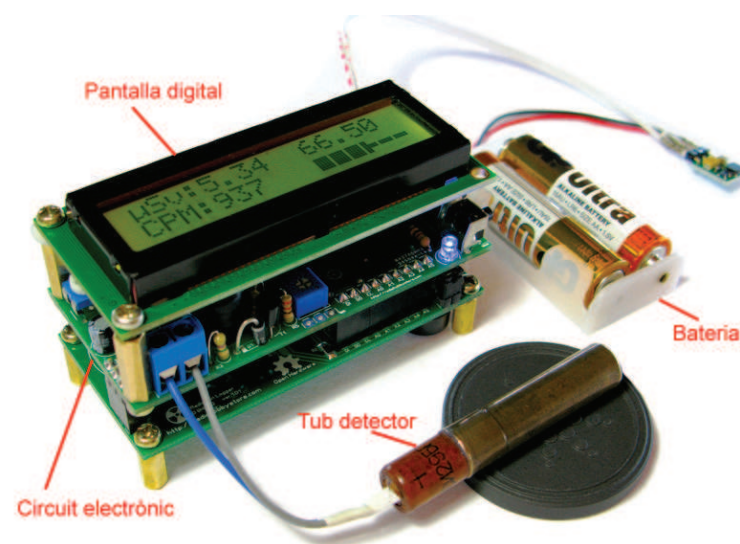
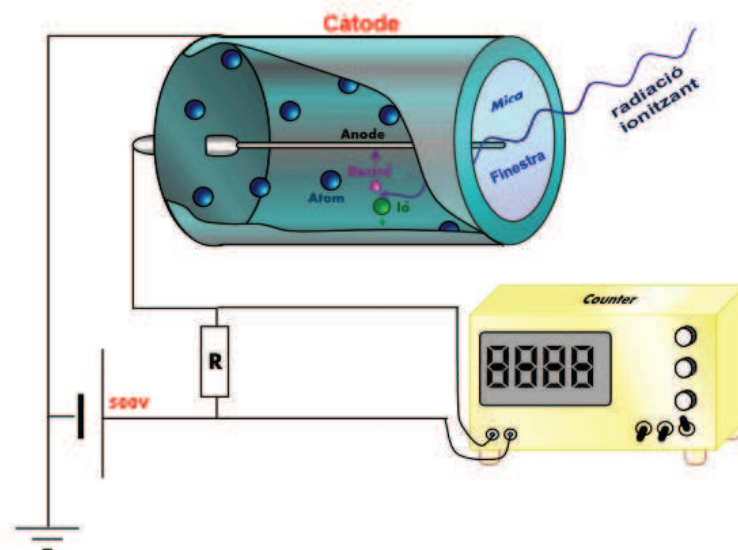


Trobareu al mercat un bon nombre d'aparells per detectar la radioactivitat. Els més coneguts i emprats són els comptadors Geiger-Muller.

Un comptador Geiger-Muller (o Geiger i prou) funciona d'una manera prou entenedora. La part principal és un tub dins del qual s'ha tret l'aire i se li ha posat un gas ionitzable (normalment heli, neó o argó amb halògens afegits) a molt baixa pressió. El tub té un fil lument intern, l'ànode, i la carcassa fa de càtode. Entre els dos es crea una diferència de potencial molt gran.

Quan una partícula o un fotó radioactiu (ionitzant) penetra a l'interior del tub (o es desprèn un electró de la paret pels raigs X o gamma) es desprenen electrons dels àtoms del gas; a causa del voltatge positiu del fil central, aquests electrons són atrets cap al fil, guanyen energia (velocitat) i col·lideixen amb els àtoms del gas i alliberen més electrons, fins que el procés es converteix en una "allau". Tanmateix el puls elèctric generat és petit. És un puls tant petit que cal un "amplificador" del senyal. Cada puls es reflecteix en l'agulla del potenciòmetre i/o com un senyal sonor. És el conegut crepitat dels comptadors que surten a les pel·lícules de monstres mutants radioactius...

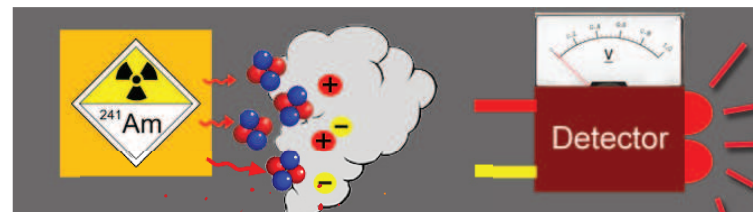
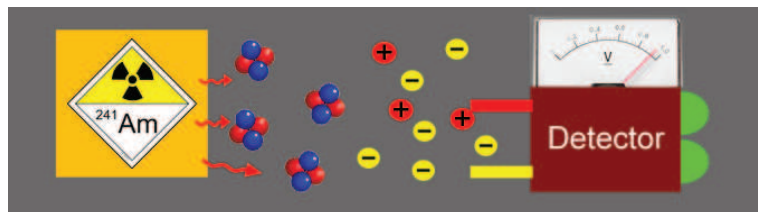
Part interna d'un Geiger modern. Està format per un circuit imprès que processa el senyal rebut del tub i ho transforma en informació a la pantalla i a l'audio. També n'hi ha que es poden connectar al PC i treure informació per fer gràfics... El tub detector pot ser intercanviable. N'hi ha amb finestra de mica que permet que entrin partícules alfa (les alfa les para un paper, com ja sabeu). Model Arduino.



Hi ha diferents experiments es poden portar a terme amb fonts radioactives. No tenen per què ser perilloses i si molt interessants en l'aprenentatge científic dels alumnes. Només cal tenir les precaucions mínimes per evitar la inhalació o la ingestió de substància radioactiva. Pot semblar arriscat, però no fem experiments amb àcid clorhídric o altres productes químics al laboratori? I a ningú se li acut menjar-se'ls o esnifar-los...

Ens caldran diversos materials i aparells per començar:

- Comptador Geiger-Muller.
- Font radioactiva: pot servir un troç de mineral: uraninita (anomenada també pechblenda), torbernita, autunita... Aquests són els més abundants a les fires i pàgines web de minerals (veure rosellminerals.com). Amb un troç de 10 x10 mm. en tenim suficient. També podem intentar trobar una font d'americi-241, que només emet radiació alfa.
- Full de paper i cartolina.
- Làmines d'alumini de 2, 5 i 10 mm de gruix.
- Làmina de plom (pot servir una tuberia aixafada a cops de martell). Si pots que sigui de 10 i 15 mm.
- Dos imants de neodimi potents.



Anem a "jugar" amb la radioactivitat

Sabies que...

Les alarmes de fum iòniques poden detectar partícules molt petites de fum. La cambra de ionització d'aquestes alarmes conté menys d'un microgram d'americi-241 (^{241}Am), que només emet partícules alfa (molt ionitzants). La radiació passa a través d'un espai obert a l'aire en el que es troben dos elèctrodes, permetent una Petita i constant corrent elèctrica. Si entra fum a la cambra es redueix la ionització de l'aire i el corrent disminueix o s'atura. Això fa saltar l'alarma

EXPERIMENT 1

Penetració de la radiació alfa, beta i gamma en diferents medis

Objectiu

Veure com diferents tipus de materials frenen o aturen les partícules alfa i beta, i la radiació gamma.

Procediment

Coloquem sobre la taula de laboratori el comptador Geiger. Disposem la mostra radioactiva (font) a uns 7 cm del detector. Deixem que el detector estabilitzi les lectures per minut durant un parell de minuts (radiació de fons amb mostra).

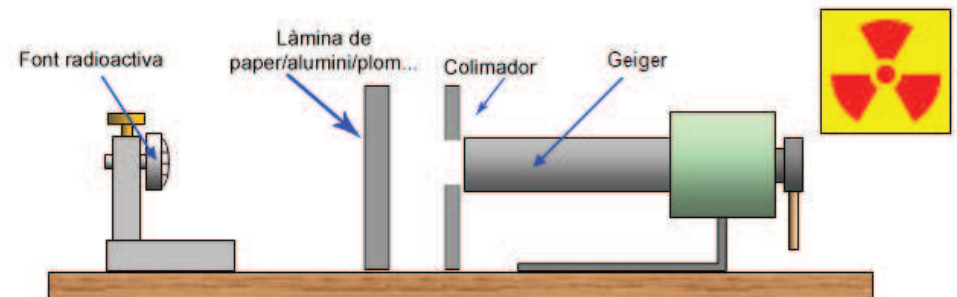
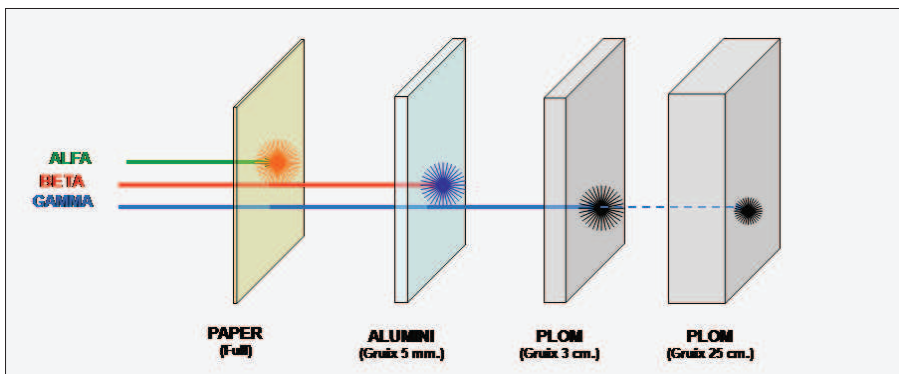
Després procedim a posar entre el detector i la font radioactiva primerament la làmina de paper i anotem la lectura. Després la d'alumini (d'uns 5 mm), a continuació la de plom (30 mm) i, si la tenim, un bloc de plom de més gruix.

Seria interessant disposar d'una pantalla de plom o alumini, amb un forat, per posar just davant del detector a fi i efecte de rebre una part determinada de radiació.

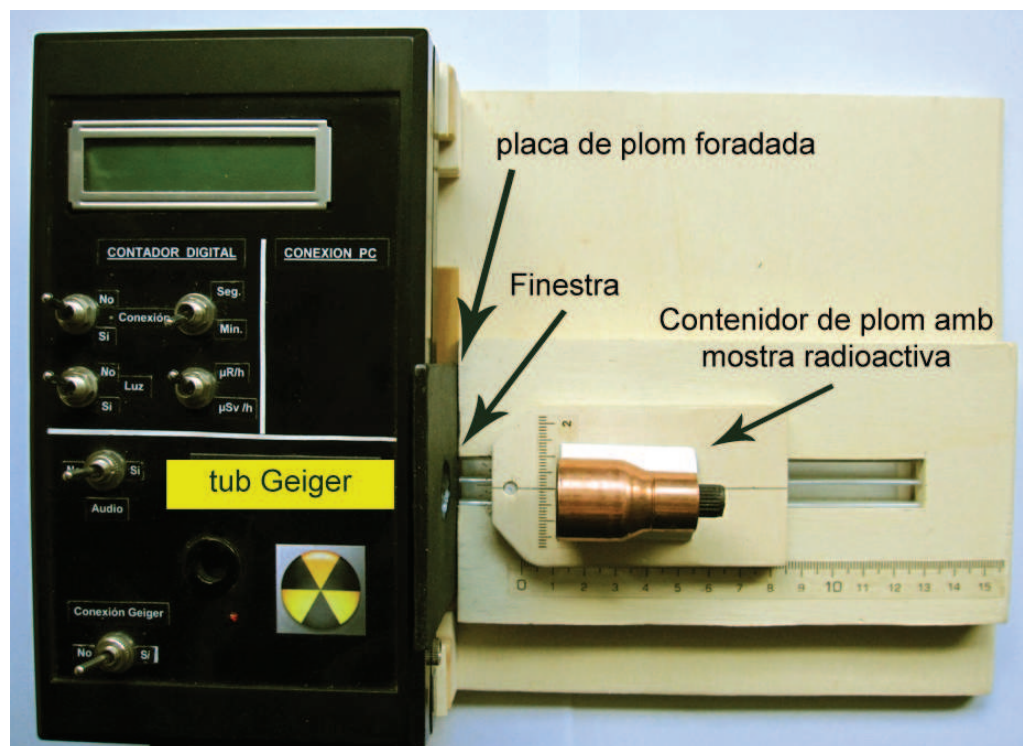
Resultats

Anota el que observes. En el cas d'emprar un tub metàl·lic com a detector (sense finestra de mica) les partícules alfa es veuran poc representades en el resultat quan no tens les làmines/planxes entre detector i font.

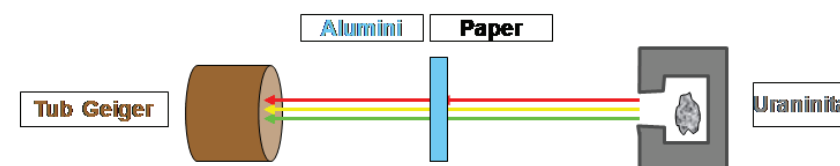
Fes proves amb d'altres objectes que interfereixin en el feix de partícules radioactives: fusta, plàstic, ferro, vidre, aigua, la teva mà (no passa res per un moment d'exposició directa)...



www.schoolphysics.co.uk

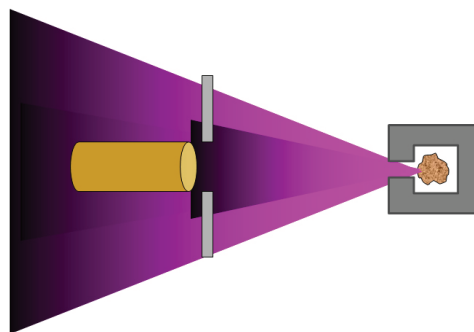


Font: Carles Díez.



Lectura sense filtres	3.653 $\mu\text{Rem/h}$.
Lectura amb filtre alfa (paper)	3.326 $\mu\text{Rem/h}$.
Lectura amb filtre alfa + beta (alumini)	586 $\mu\text{Rem/h}$.

RADIACIO <u>ALFA</u>	9 %
RADIACIO <u>BETA</u>	75 %
RADIACIO <u>GAMMA</u>	16 %



EXPERIMENT 2

Intensitat de la radiació en funció de la distància

Objectiu

Observar que la intensitat de radiació disminueix amb la distància seguint una fórmula matemàtica.

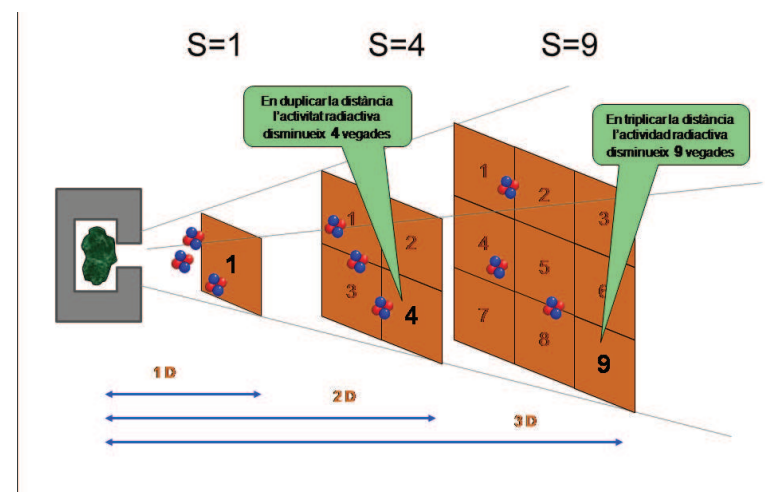
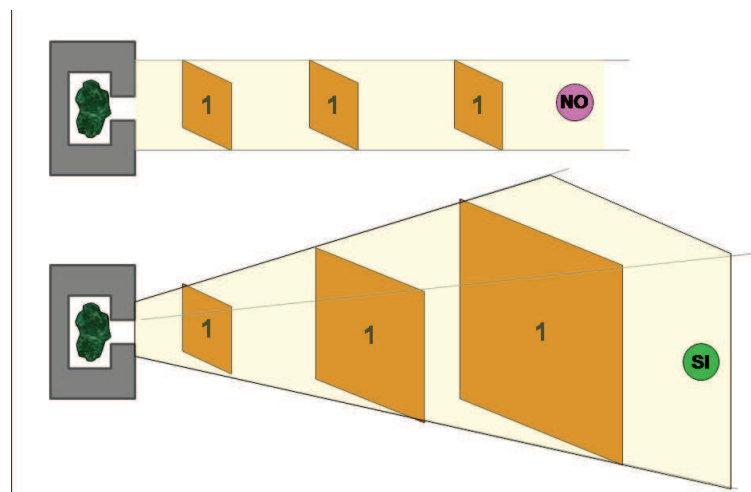
Procediment

Coloquem sobre la taula de laboratori el comptador Geiger. Disposem la mostra radioactiva (font) a uns 3 cm del detector. Deixem que el detector estabilitzi les lectures per minut durant un minut (radiació de fons amb mostra a 2 cm). A continuació allunyem la mostra a 4 cm del detector, esperem 1 minut i anotem la lectura. L'allunyem fins a 6 cm i fins a 8 cm. i si vols continua, però pensa que la radiació beta s'anula ben aviat. Si el poses una mica lluny, la major part de radiació que rebràs serà gamma.

Seria interessant disposar d'una pantalla de plom o alumini, amb un forat, per posar just davant del detector a fi i efecte de rebre una part determinada de radiació.

Resultats

Anota el que observes. Veuràs que la radiació disminueix a mida que allunyes la font radioactiva del Geiger, però no ho fa linealment. O sigui que si a 2 cm tens 250 μSv , a 4 cm (el doble de distància) no en tens la meitat. A què es deu aquest fet? Pensa que a mida que t'allunyes de la font radioactiva, la superfície plana perpendicular al feix va guanyant superfície i les partícules que surten es van repartint per aquesta superfície. Veurà que segueix una proporció quadràtica. La intensitat (I , nombre de partícules per unitat de superfície) és inversament proporcional a la distància al quadrat (d^2) de la font: $I = A / d^2$, on A és el nombre de partícules emeses. Dibuixa la gràfica I vs d .



Objectiu

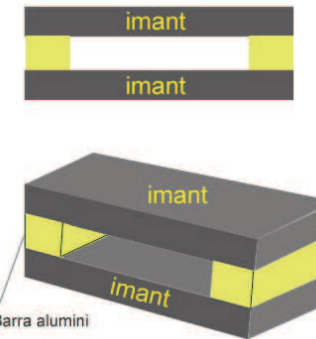
Interpretar que les partícules alfa i beta tene càrrega elèctrica i la radiació gamma no.

Procediment

Per aquest experiment haurem de muntar dos imants de neodimi potents (els pots trobar en alguna botiga especialitzada en imants) de 5 x 3 cm per exemple. El muntatge és delicat ja que els imants tenen tendència a unir-se i si ho fan et costarà molt de separar-los. La disposició és com la del dibuix.

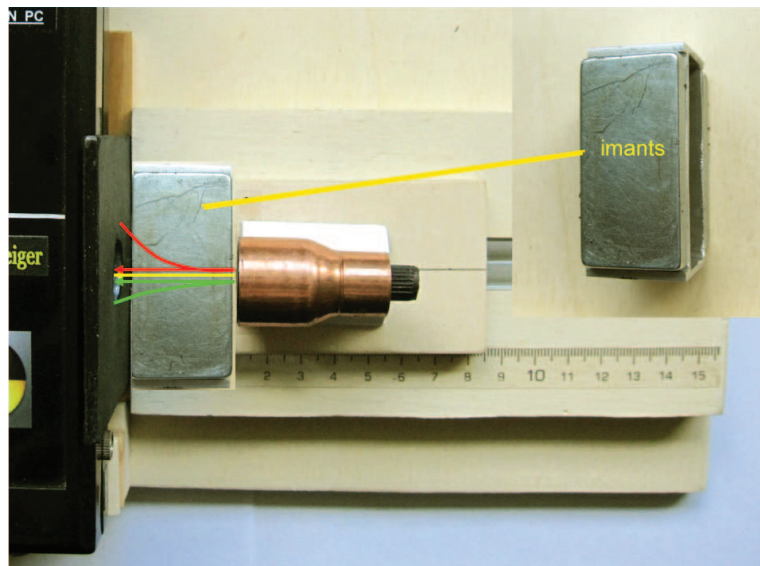
Cal posar la mostra tocant als imants i els imants tocant el detector per assegurar que la radiació sigui suficient per ser ben detectada.

Primerament fem la mesura sense imants i l'anotem (deixar un minut per la lectura). Després posem els imants perpendiculars al tub. Aquí algunes partícules pateixen desviació i es nota en la lectura del Geiger.



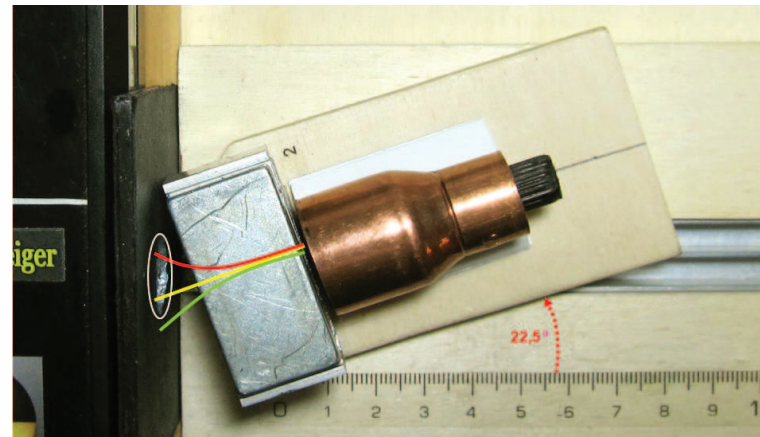
EXPERIMENT 3

Desviació de les partícules radioactives en funció del camp magnètic



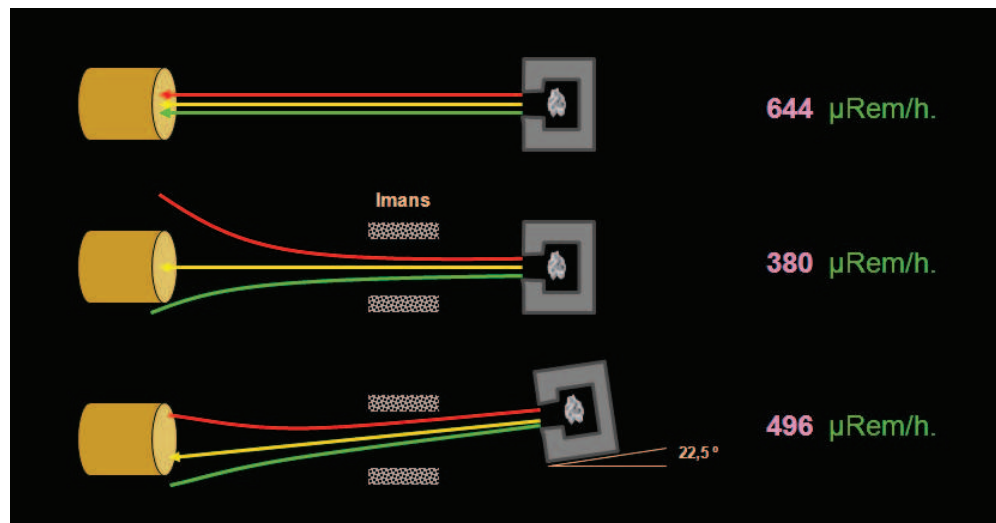
Font: Carles Díez.

Girem poc a poc la font radioactiva de forma conjunta amb els imants. Observem una nova lectura. Podem deduir de quines partícules tenim lectura?



Resultats

En les nostres lectures i després de diverses proves observem un angle on la intensitat que arriba al detector augmenta. Podeu veure en aquest gràfic la interpretació:



I fins aquí aquestes pinzellades sobre el món de la fluorescència, la fosforescència i la radioactivitat. No hem parlat ni de reactors nuclears, ni de reaccions de fusió i fissió, ni de neutrons lents i ràpids, ni de reactors nuclears a la natura... Tot això ho deixem per més endavant i us animem a aprofundir-hi vosaltres mateixos. Descobrireu un món apassionant!

Esperem que us serveixin per perdre la por, que no el respecte, a la radioactivitat, i per a que la propera que sentiu parlar del radó de la Costa Brava de la mà d'un periodista sensacionalista o de col·leccionar minerals radioactius, sapigueu respondre amb esperit crític i ferm.

Podreu trobar moltíssima informació: vídeos, tutorials, apunts... vaja, de tot a la xarxa. Però ara ja sabreu el que busqueu...

Joan Rosell



INTERNATIONAL
YEAR OF LIGHT
2015

