

La Radioactivitat que ens envolta

David Corrons
Hernan Pino

La radioactivitat que ens envolta

Presentació de les pràctiques de radioactivitat a l'aula.

Introducció

En aquest kit de pràctiques de radioactivitat a l'aula es facilita el material necessari perquè el professor pugui realitzar a l'aula un seguit d'experiències en física de radiacions.

L'enfoc d'aquestes experiències es treballar i observar efectes de radiacions beta i alfa sense la necessitat de recórrer a fonts radioactives perilloses per a les persones. La radioactivitat és un fenomen natural que ens envolta, i que moltes vegades els alumnes associen exclusivament a contextos amb dosis de radioactivitat molt elevada i perjudicial per als humans. Amb això, les dues prctiques presentades en aquests material tenen dos objectiu fonamentals:

- 1- Treballar i estudiar els fenòmens de radioactivitat, mitjançant la mesura real i l'anàlisi posterior de les dades experimentals recollides.
- 2- Conscienciar a l'alumnat que els fenòmens de radioactivitat són habituals i estem envoltats d'ells en el nostre dia a dia, lluny d'associar el perjudici de la radioactivitat a exclusivament fonts perilloses per a les persones.

Les pràctiques i el contingut que en elles es treballen estan enfocats idealment per a ser treballat a nivell de batxillerat. Tot i això, són possibles simplificacions en els continguts a tractar i els càlculs a realitzar per part dels alumnes, de forma que pugui ser implementada en cursos d'ESO (més informació a la guia del professor, on es presenta una descripció detallada de les pràctiques, conjuntament amb un solucionari amb mesures reals obtingudes en realitzar les experiències).

Per realitzar aquestes experiències és altament recomanable tenir accés al sensor TIMEPIX, ja que tant el procés de mesura com de representació de dades resulta molt àgil i eficient. Tot i això, alternatives amb altres aparells de mesura de radiacions poden ser adaptats.

Tot el material descrit s'inclou en un pdf conjunt, el professor interessat pot fer posteriorment ús de les parts que li interessi independentment.

Continguts

Material inclòs:

Sensor TIMEPIX CERN

Suport de metacrilat per realitzar les pràctiques

Globus de làtex

Guió de pràctica per l'alumne del potassi

Guia del professor per a la pràctica del potassi

Guió de pràctica per l'alumne del radó

Guia del professor per a la pràctica del radó

Contacte

Aquest material ha estat creat conjuntament pels professors de secundària [David Corrons](#), professor de La Salle de Manlleu i [Hernan Pino](#), professor de St. Nicolau de Sabadell i president de l'associació LIWU (Learn It With Us).

Per qualsevol consulta sobre la implementació de les diferents experiències, la guia pel professor està creada amb l'objectiu de poder resoldre-les, en cas de no trobar solució pot contactar als correus: dcorrns@lasalle.cat i hernan.pq88@gmail.com

Bibliografia

- Vilnius University, Faculty of Physics, Department of Solid State Electronics, Laboratory of Atomic and Nuclear Physics. [Experiment No. 8 ARTIFICIAL RADIOACTIVITY](#) 11/03/2020.
- Ebbing, D. D. and Wentworth, R. A. D. (1995). Experiments in Introductory Chemistry. p. 221.
- Flinn Scientific CHEM FAX!. [Activity and Half-life of Potassium-40](#).
- Whitcher, Ralph, [Practical Work Using Low-Level Radioactive Materials Available to the Public](#). School Science Review, v92 n341 p65-74 Jun 2001.

La radioactivitat que ens envolta: Estudi de l'activitat i el període de semidesintegració de l'isòtop potassi-40.

Objectius

- Iniciar-se en l'ús d'un detector de partícules TimePix i del programari PixetPro.
- Identificar els diferents tipus de radiació pel rastre que deixen en el detector, i relacionar aquests rastres amb les característiques que presenten les partícules que el formen.
- Fer un recompte de les partícules beta absorbides al detector per tal de determinar la seva activitat.
- Calcular el període de semidesintegració de l'isòtop potassi-40, i comparar-lo amb el valor actualment acceptat.

Introducció teòrica

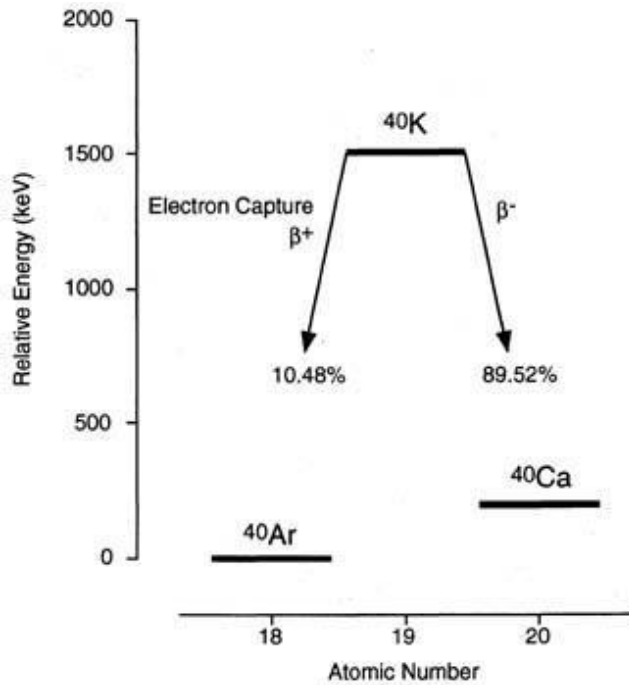
Física nuclear. Les radiacions. Activitat. Període de semidesintegració.

El potassi, un dels minerals més abundants a la Terra, és present en la majoria dels aliments i és un element essencial en el cos humà. També és una font important de radiació natural. Quanta radiació produeix el potassi?

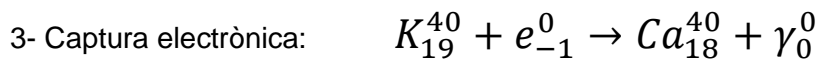
Antecedents

El potassi es presenta a la natura com una barreja de tres isòtops: potassi-39, potassi-40 i potassi-41. Només el potassi-40, el menys abundant (un 0,012%!), és el més radioactiu. Hi ha tres camins en la desintegració espontània del nucli de potassi-40:

- 1- Emissió beta negativa (un electró)
- 2- Emissió beta positiva (un positró)
- 3- Captura d'electrons



Les equacions de desintegració nuclear per a aquests processos són, respectivament, les següents:



El temps de semidesintegració $T_{1/2}$ correspon al temps que triga a desintegrar-se la meitat dels seus nuclis. En el potassi-40, és de $1,25 \cdot 10^9$ anys (extraordinàriament gran!).

Recordem que el nombre de radioisòtops N varia en el temps segons l'equació

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

on N_0 és el nombre de radioisòtops inicials i λ és la constant de semidesintegració.

La relació entre λ i $T_{1/2}$ és la següent:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

L'activitat d'una mostra es defineix com $A = -\frac{dN}{dt}$

Es pot arribar a l'equació

$$A = -\frac{\ln 2}{T_{1/2}} N \quad (\text{equació 1})$$

L'objectiu d'aquest experiment és mesurar la radioactivitat del clorur de potassi i determinar el seu període de semidesintegració.

A causa de la poca abundància d'aquest isòtop i el seu període de semidesintegració extremadament llarg, **la quantitat de radiació emesa per una mostra de clorur de potassi (KCl) serà aproximadament 2-3 vegades superior a la radiació de fons**. Així, tant la radiació de fons com la radiació emesa per la mostra de clorur de potassi s'han de mesurar durant almenys 10 minuts, si volem obtenir dades fiables.

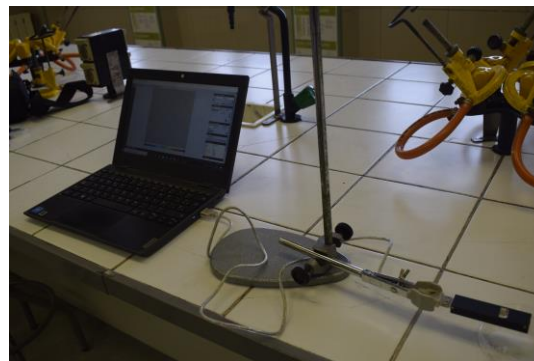
Hem de tenir en compte que l'eficiència del detector de radiació és, de mitjana, un 20% ($\frac{1}{5}$) de la radiació alliberada per la mostra. Pensem que la radiació es desprèn en totes les direccions, per tant no totes les partícules que surten de la mostra arriben al detector. A més, part de la radiació serà absorbida per la mostra o per les molècules d'aire, i no tota la radiació que entra al detector provocarà la ionització.

L'activitat de la mostra, per tant, s'obté a partir de l'equació

$$A = 5 \cdot (A_{KCl} - A_{fons}) \quad (\text{equació 2})$$

Materials que necessitem

2 g de clorur de potassi, KCl*
Detector MiniPix
Cable per a USB
Balança amb precisió de centígrams
Vidre de rellotge o petita tapa de plàstic
Full de càlcul i/o calculadora



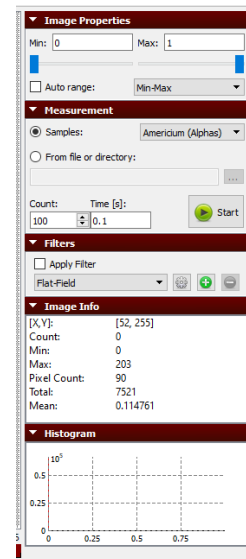
Procediment

1. Connecteu el dispositiu MiniPix a un port USB de l'ordinador sense obrir la protecció.
2. Obriu el programa PIXETPRO i comproveu que el programa es connecta amb el detector. Premeu el botó *grid* per a una millor visualització dels píxels del sensor.

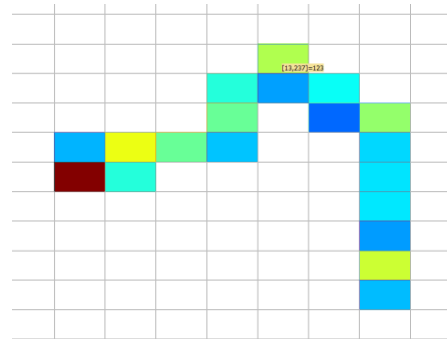
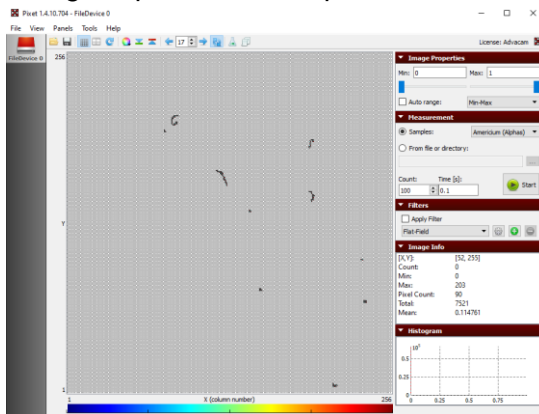
*Pot ser qualsevol compost que contingui potassi. Cal tenir-ho en compte a l'hora de calcular la seva massa molecular.

- Configureu el detector de manera que el temps d'exposició sigui de 600 segons (10 minuts) i una freqüència de mostreig de 10 segons per mostra (Count 60; Time (s) 10). Seleccioneu el tipus de mesurament 'Integral' (totes les imatges alhora).
- Sense utilitzar la mostra radioactiva, obriu la finestra del detector i premeu el botó Start per iniciar la captura de dades.
- Una vegada acabada l'obtenció de les dades, tanqueu la finestra (el protector del xip).

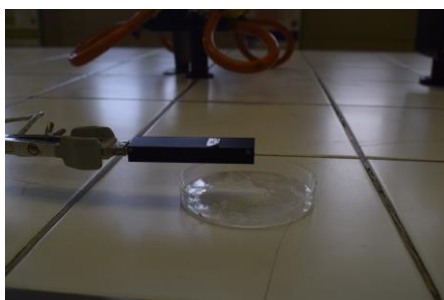
Quan el procés d'obtenció de dades finalitzi, tanqueu el protector del xip.



- Compteu el nombre de Worms (cucs), que són trajectòries llargues i corbades produïdes per la radiació beta d'alta energia. Per assegurar-vos que les partícules beta són d'alta energia, amplia la imatge de cadascuna d'elles, i comprova que la seva energia dipositada és superior als 700 keV.



- Dividiu el nombre de partícules detectades pel temps transcorregut (600 s). Obtindreu l'activitat de fons.
- Subjecteu el detector verticalment a un suport amb anella de manera que estigui a un centímetre per sobre del banc, tal i com es mostra a la imatge de sota. Col·loqueu un vidre de rellotge o un tap d'ampolla sota la finestra del detector.



Il·lustració 1 Dispositiu TIMEPIX en posició horitzontal amb la finestra enfocada cap avall (la mostra de KCl)

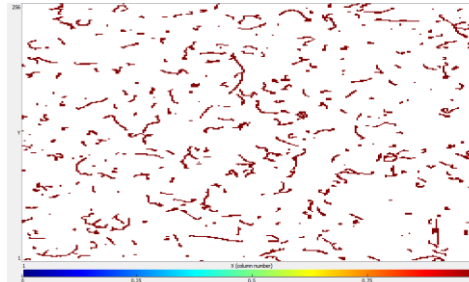
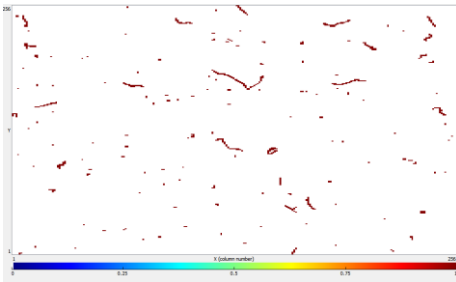
9. Peseu 2 grams de clorur de potassi, i dipositeu-lo al vidre de rellotge.

10. Obriu de nou la finestra del detector i premeu el botó Start per iniciar la captura de dades.

11. Una vegada acabada l'obtenció de les dades, tanqueu la finestra (el protector del xip).

Quan el procés d'obtenció de dades finalitzi, tanqueu el protector del xip.

9. Compteu de nou el nombre de Worms (cucs), de la mateixa manera que al punt 6.
10. Dividiu el nombre de partícules detectades pel temps transcorregut (600 s). Obtindreu l'activitat del potassi.
11. Torneu a fer els passos 4 fins el 10 per comprovar que us dona un valor semblant.



Imatges obtingudes amb radiació de fons (esquerra) i mostra de KCl (dreta) amb un temps d'exposició de 10 minuts.

FITXA DE L'ALUMNE/A

NOM I COGNOMS: NUM:

DATA: CURS: ETAPA: GRUP:

Adquisició i anàlisi de les dades

Taula de dades

Massa de KCl (g):			
	Comptes	Interval de temps (s)	Activitat (Bq)
Radiació de fons			
Radiació del clorur de potassi			

1. Tant per la radiació natural com per la radiació de la mostra, divideix el nombre de Worms (cucs) pel temps en segons, obtenint l'activitat de desintegració, en Bequerels (desintegracions per segon).
2. A partir de l'equació 2, calcula l'activitat real de la mostra de clorur de calci.
3. Utilitza la massa molar del clorur de potassi i el nombre d'Avogadro per calcular el nombre N_0 de nuclis radioactius inicials K-40 del clorur de potassi.
4. A partir de l'equació 2 i de les qüestions anteriors, calcula el període de semidesintegració $T_{1/2}$ del potassi-40.
5. Compara el valor que has obtingut anteriorment amb el valor actualment acceptat. Assenyalta tres possibles fonts d'error en la determinació del període de semidesintegració.
6. Investiga quina aplicació és la més important en l'isòtop del potassi-40, i quina relació té amb el seu període de semidesintegració.

GUIA DEL PROFESSOR/A I SOLUCIONARI

La radioactivitat que ens envolta: Estudi de l'activitat i el període de semidesintegració de l'isòtop potassi-40.

Resum

Aquesta pràctica és ideal per estudiar la radioactivitat sense utilitzar una font radioactiva perillosa. Ens centrarem en estudiar la radiació beta, i quantificar el temps de semidesintegració del potassi-40.

Aquesta pràctica serveix per consolidar els conceptes teòrics treballats a física de radiacions.

Dirigit a

Alumnes de batxillerat

Coneixements previs dels alumnes

Els isòtops.
La desintegració beta.
La llei de desintegració radioactiva.
El període de semidesintegració.
L'activitat d'una mostra.
Les equacions exponencial i logarítmica.
L'energia alliberada en keV
Massa molar i nombre d'Avogadro

Coneixements que adquiriran els alumnes

La radioactivitat natural o radiació de fons
Ús de sensors de radioactivitat
Anàlisi de dades experimentals.

Aquesta pràctica inclou

Una fitxa d'informació per a l'alumne
Una fitxa per omplir per a l'alumne
Una guia del professor i un solucionari

Durada de la pràctica

1 hora per la recollida de dades i 1/2 hora per a l'ompliment de la fitxa de l'alumne

Objectius

- Iniciar-se en l'ús d'un detector de partícules TimePix i del programari PixetPro.
- Identificar els diferents tipus de radiació pel rastre que deixen en el detector, i relacionar aquests rastres amb les característiques que presenten les partícules que el formen.
- Fer un recompte de les partícules beta absorbides al detector per tal de determinar la seva activitat.

- Calcular el període de semidesintegració de l'isòtop potassi-40, i comparar-lo amb el valor actualment acceptat.
- Adonar-se que la radioactivitat natural o de fons ens envolta en tot moment.

Introducció teòrica

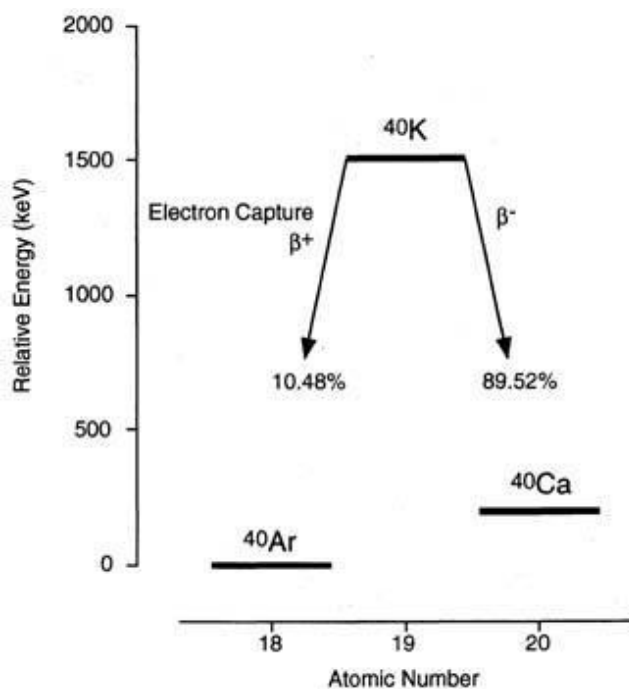
Física nuclear. Les radiacions. Activitat. Període de semidesintegració.

El potassi, un dels minerals més abundants a la Terra, és present en la majoria dels aliments i és un element essencial en el cos humà. També és una font important de radiació natural. Quanta radiació produeix el potassi?

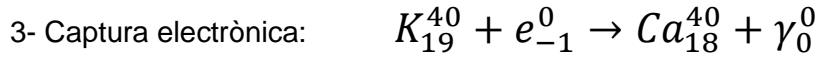
Antecedents

El potassi es presenta a la natura com una barreja de tres isòtops: potassi-39, potassi-40 i potassi-41. Només el potassi-40, el menys abundant (un 0,012%!), és el més radioactiu. Hi ha tres camins en la desintegració espontània del nucli de potassi-40:

- 1- Emissió beta negativa (un electró)
- 2- Emissió beta positiva (un positró)
- 3- Captura d'electrons



Les equacions de desintegració nuclear per a aquests processos són, respectivament, les següents:



El temps de semidesintegració $T_{1/2}$ correspon al temps que triga a desintegrar-se la meitat dels seus nuclis. En el potassi-40, és de $1,25 \cdot 10^9$ anys (extraordinàriament gran!).

Recordem que el nombre de radioisòtops N varia en el temps segons l'equació

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

on N_0 és el nombre de radioisòtops inicials i λ és la constant de semidesintegració.

La relació entre λ i $T_{1/2}$ és la següent:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

L'activitat d'una mostra es defineix com $A = -\frac{dN}{dt}$

Es pot arribar a l'equació

$$A = -\frac{\ln 2}{T_{1/2}} N \quad (\text{equació 1})$$

L'objectiu d'aquest experiment és mesurar la radioactivitat del clorur de potassi i determinar el seu període de semidesintegració.

A causa de la poca abundància d'aquest isòtop i el seu període de semidesintegració extremadament llarg, **la quantitat de radiació emesa per una mostra de clorur de potassi (KCl) serà aproximadament 2-3 vegades superior a la radiació de fons**. Així, tant la radiació de fons com la radiació emesa per la mostra de clorur de potassi s'han de mesurar durant almenys 10 minuts, si volem obtenir dades fiables.

Hem de tenir en compte que l'eficiència del detector de radiació és, de mitjana, un 20% ($\frac{1}{5}$) de la radiació alliberada per la mostra. Pensem que la radiació es desprèn en totes les direccions, per tant no totes les partícules que surten de la mostra arriben al detector. A més, part de la radiació serà absorbida per la mostra o per les molècules d'aire, i no tota la radiació que entra al detector provocarà la ionització.

L'activitat de la mostra, per tant, s'obtindrà a partir de l'equació

$$A = 5 \cdot (A_{KCl} - A_{fons}) \quad (\text{equació 2})$$

Materials que necessitem

2 g de clorur de potassi, KCl*
Detector MiniPix
Cable per a USB
Balança amb precisió de centigrams
Vidre de rellotge o petita tapa de plàstic
Full de càlcul i/o calculadora

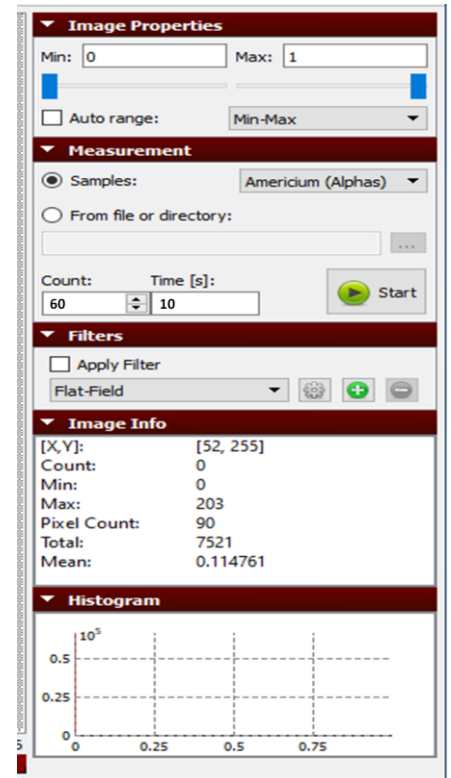


Procediment

1. Connecteu el dispositiu MiniPix a un port USB de l'ordinador sense obrir la protecció.
2. Obriu el programa PIXETPRO i comproveu que el programa es connecta amb el detector. Premeu el botó *grid* per a una millor visualització dels píxels del sensor.

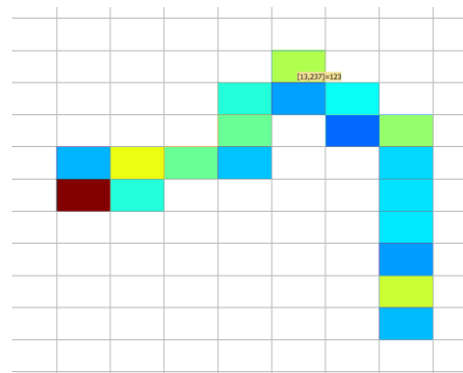
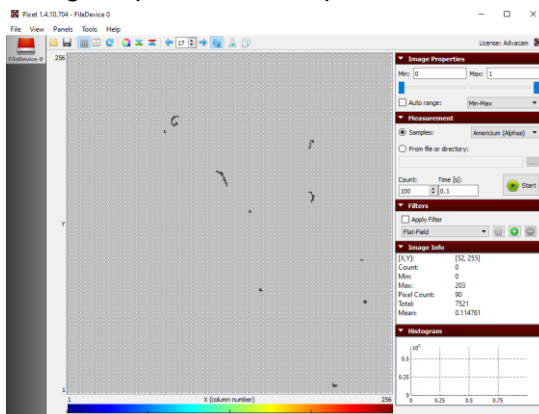
*Pot ser qualsevol compost que contingui potassi. Cal tenir-ho en compte a l'hora de calcular la seva massa molecular.

- Configureu el detector de manera que el temps d'exposició sigui de 600 segons (10 minuts) i una freqüència de mostreig de 10 segons per mostra (Count 60; Time (s) 10). Seleccioneu el tipus de mesurament 'Integral' (totes les imatges alhora).
- Sense utilitzar la mostra radioactiva, obriu la finestra del detector i premeu el botó Start per iniciar la captura de dades.
- Una vegada acabada l'obtenció de les dades, tanqueu la finestra (el protector del xip).

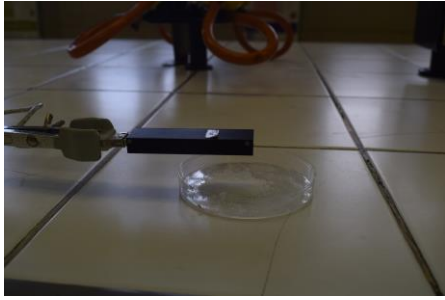


Quan el procés d'obtenció de dades finalitzi, tanqueu el protector del xip.

- Compteu el nombre de Worms (cucs), que són trajectòries llargues i corbades produïdes per la radiació beta d'alta energia. Per assegurar-vos que les partícules beta són d'alta energia, amplia la imatge de cadascuna d'elles, i comprova que la seva energia dipositada és superior als 700 keV.



- Dividiu el nombre de partícules detectades pel temps transcorregut (600 s). Obtindreu l'activitat de fons.
- Subjecteu el detector verticalment a un suport amb anella de manera que estigui a un centímetre per sobre del banc, tal i com es mostra a la imatge de sota. Col·loqueu un vidre de rellotge o un tap d'ampolla sota la finestra del detector.



Dispositiu TIMEPIX en posició horitzontal amb la finestra enfocada cap avall (la mostra de KCl)

9. Peseu 2 grams de clorur de potassi, i dipositeu-lo al vidre de rellotge.

10. Obriu de nou la finestra del detector i premeu el botó Start per iniciar la captura de dades.

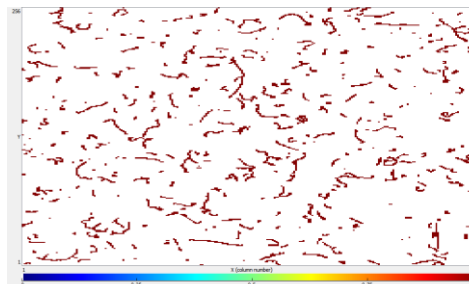
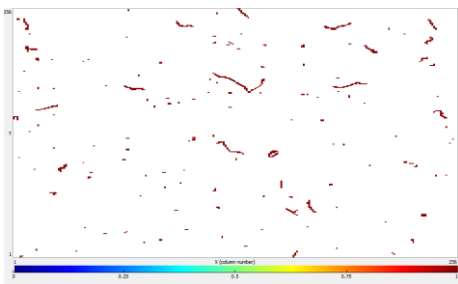
11. Una vegada acabada l'obtenció de les dades, tanqueu la finestra (el protector del xip).

Quan el procés d'obtenció de dades finalitzi, tanqueu el protector del xip.

9. Compteu de nou el nombre de Worms (cucs), de la mateixa manera que al punt 6.

10. Dividiu el nombre de partícules detectades pel temps transcorregut (600 s). Obtindreu l'activitat del potassi.

11. Torneu a fer els passos 4 fins el 10 per comprovar que us dóna un valor semblant.



Imatges obtingudes amb radiació de fons (esquerra) i mostra de KCl (dreta) amb un temps d'exposició de 10 minuts.

Consells per al professor/a abans de fer la pràctica

- Degut a la baixa radioactivitat del clorur de potassi, és comú que el resultat del període de semidesintegració del potassi-40 pugui presentar valors lleugerament allunyats dels esperats. És molt important adonar-se que el nombre de partícules beta detectades ('cucs') amb la mostra de potassi sigui de 2 a 3 vegades superior al nombre que s'obté amb radioactivitat de fons (veure imatge anterior).

- La finestra del detector TimePix (la seva àrea sensible) té unes mides de $14 \times 14 \text{ mm}^2$. Per tal de maximitzar l'eficiència del detector, és important ajustar la geometria de la mostra a la finestra del detector. Col·loqueu la mostra el més pròxim possible a la finestra del detector. La intensitat de la radiació decau amb el quadrat de la distància del detector. Hem trobat que amb 2 g de KCl situats a 1 cm del detector donava els millors resultats.
- Mides de la mostra més grans de 2 g (sobretot per sobre de 10 g) donen un decaïment radioactiu més gran que l'esperat, donant lloc a un error més alt en el temps de semidesintegració degut a que la radiació s'absorbeix aparentment per la mostra.

RESPOSTES A LA FITXA DE L'ALUMNE/A

NOM I COGNOMS: NUM:

DATA: CURS: ETAPA: GRUP:

Adquisició i anàlisi de les dades

Taula de dades

Massa de KCl (g): 2,0 g			
	Comptes	Interval de temps (s)	Activitat (Bq)
Radiació de fons	23	600	0,038
Radiació del clorur de potassi	104	600	0,17

1. Tant per la radiació natural com per la radiació de la mostra, divideix el nombre de Worms (cucs) pel temps en segons, obtenint l'activitat de desintegració, en Bequerels (desintegracions per segon).
2. A partir de l'equació 2, calcula l'activitat real de la mostra de clorur de calci.

$$A = 5 \cdot (A_{KCl} - A_{fons})$$

$$A = 5 \cdot (0,17 - 0,038) = 0,677 \text{ Bq}$$

3. Utilitza la massa molar del clorur de potassi i el nombre d'Avogadro per calcular el nombre N_0 de nuclis radioactius inicials K-40 del clorur de potassi.

La massa atòmica del potassi és de 39,10 g/mol, i la del clor és de 35,5 g/mol. Per tant, la massa molecular del clorur de potassi és de 74,6 g/mol.

$$\frac{2,0 \text{ g}}{74,6 \text{ g/mol}} = 0,0268 \text{ mols}$$

$$0,0268 \text{ mols KCl} \cdot \frac{1 \text{ mol K}}{1 \text{ mol KCl}} \cdot \frac{6,02 \cdot 10^{23} \text{ àtoms K}}{1 \text{ mol K}} = 1,61 \cdot 10^{22} \text{ àtoms K}$$

$$N_0 = 1,61 \cdot 10^{22} \text{ àtoms K} \cdot \frac{0,00012 \text{ àtoms K} - 40}{1 \text{ àtom K}} = 1,93 \cdot 10^{18} \text{ àtoms K} - 40$$

4. A partir de l'equació 2 i de les qüestions anteriors, calcula el període de semidesintegració $T_{1/2}$ del potassi-40.

$$A = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} N \rightarrow T_{1/2} = \frac{N \cdot \ln 2}{A} = \frac{1,93 \cdot 10^{18} \cdot 0,693}{0,677} = 1,98 \cdot 10^{18} s$$
$$1,98 \cdot 10^{18} s \cdot \frac{1 h}{3600 s} \cdot \frac{1 dia}{24 h} \cdot \frac{1 any}{365 dies} = 6,28 \cdot 10^{10} anys$$

5. Compara el valor que has obtingut anteriorment amb el valor actualment acceptat. Assenyala tres possibles fonts d'error en la determinació del període de semidesintegració.

El valor acceptat actualment és de $1,25 \cdot 10^9$ anys.

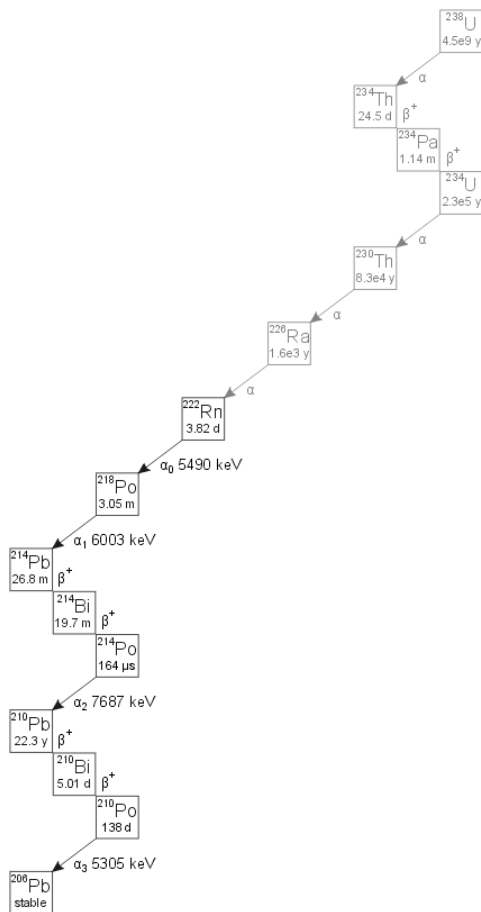
Fonts d'error més importants:

- L'eficiència del detector
- La baixa activitat del potassi-40
- L'autoabsorció de la mostra

6. Investiga quina aplicació és la més important en l'isòtop del potassi-40, i quina relació té amb el seu període de semidesintegració.

Gràcies a l'elevat valor del període de semidesintegració del K-40, es poden datar les roques terrestres més antigues (d'1 milió a 3000 milions d'anys).

La radioactivitat que ens envolta: Detectem radó en un edifici. Estudi de l'activitat i el període de semidesintegració de l'isòtop.



Objectius

- Iniciar-se en l'ús d'un detector de partícules TimePix i del programari PixetPro.
- Identificar els diferents tipus de radiació pel rastre que deixen en el detector, i relacionar aquests rastres amb les característiques que presenten les partícules que el formen.
- Fer un recompte de les partícules alfa absorbides al detector per tal de determinar la seva activitat.
- Calcular el període de semidesintegració dels isòtops del radó, i comparar-los amb el valor actualment acceptat.
- Adonar-se que la radioactivitat natural o de fons existeix sempre tot i que no s'ha de tenir en compte a l'hora de fer el recompte de les partícules alfa detectades perquè tenen un poder de penetració alt.

Introducció teòrica

Física nuclear. Les radiacions. Activitat. Període de semidesintegració.

Aquest experiment mostra com l'aire té, naturalment, nivells baixos de material radioactiu i que aquest decau amb el pas del temps. També és una demostració que el nostre entorn té baixos nivells de radioactivitat als quals estem exposats contínuament.

La radioactivitat sorgeix dels productes de desintegració del radó. El radó prové de les cadenes de desintegració de l'urani i el tori que es produeixen de manera natural al medi ambient.

Per tal de detectar la radioactivitat alfa dels fills del radó-222 i radó-220, que circulen per l'atmosfera, inflarem un globus i el fregarem amb uns guants de llana. L'electricitat estàtica acumulada al globus retindrà els ions metàl·lics que s'acumulen a la pols i als aerosols. Si enregistreu el recompte a intervals de 10 minuts, hauríeu d'obtenir una taxa de recompte decreixent. La decadència inicial és aproximadament exponencial. La corba de desintegració inicial dóna un període de semidesintegració d'uns 50 minuts.

És important que tinguem en compte que la radiació emesa és sobretot desintegració alfa. Com que aquest tipus de desintegració té un poder de penetració molt baix (de 2 a 3 cm en aire), no caldrà mesurar prèviament la radiació de fons. Només comptarem el nombre de partícules alfa.

Material a utilitzar

Un globus de goma
Guants de llana
Detector MiniPix
Full de càlcul i/o calculadora
Programa PIXETPRO
Guants d'un sol ús



Procediment

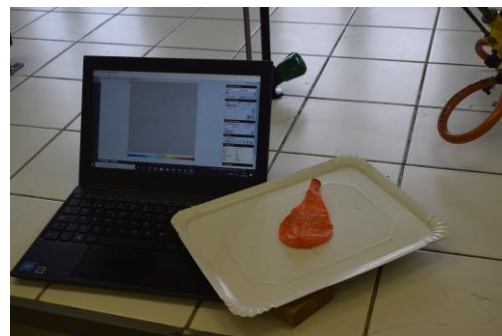
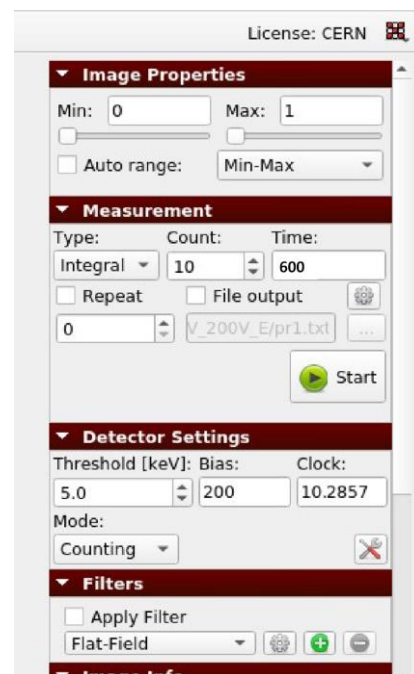
1. Infleu un globus de goma, fixeiu el coll amb una mena de clip de tancament de la bossa del congelador, fixeiu un tros de corda i pengeu-lo en algun lloc de l'aula. No ha de ser alt, però tendeix a obtenir millors resultats si el globus es penja en un lloc allunyat dels corrents d'aire.
2. Fregueu el globus vigorosament durant uns instants amb guants de llana fins que el globus estigui carregat de fricció. Deixeu el globus durant uns 15 minuts com a mínim.
3. Connecteu el dispositiu MiniPix a un port USB de l'ordinador sense obrir la protecció. Obriu el programa PIXETPRO i comproveu que el programa es connecta amb el detector. Premeu el botó *grid* per a una

millor visualització dels píxels del sensor. Configureu el detector en els modes 'Counting' i 'Frames'.

4. Instal·leu un taulell amb el detector en posició horitzontal. Agafeu un tros de plàstic rígid, com a la figura, o una targeta d'uns 100 mm quadrats amb un forat de 25 mm al centre i col·loqueu-lo de manera que el forat estigui uns 10 mm per sobre de la finestra del detector. Tingueu cura, ja que la finestra del detector és fràgil i es pot trencar fàcilment per negligència.

5. Configureu el detector de manera que el temps d'exposició sigui de 6000 segons (100 minuts) i una freqüència de mostreig de 10 minuts per mostra (Count 10; Time (s) 600). Seleccioneu el tipus de mesurament 'Frames' (imatges per separat).

6. Poseu-vos un parell de guants d'un sol ús (no és per protecció radiològica; és per aturar la contaminació molesta del globus) i traieu el globus. Desinflen-lo traient el clip i poseu-lo a través del forat de la làmina de plàstic com a la figura següent. Eviteu que el globus toqui el detector. Traieu-vos els guants i llenceu-los a la galleda de les escombraries.

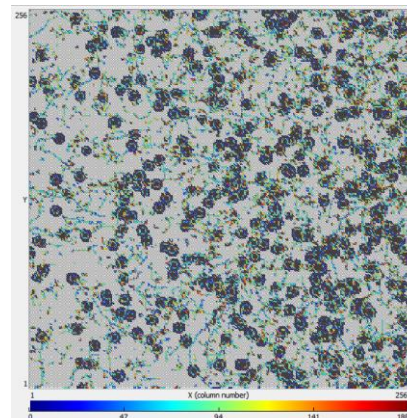
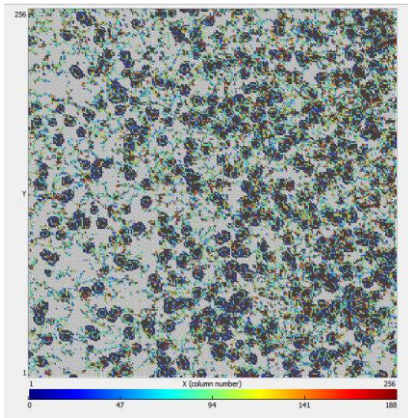


7. Obriu la finestra del detector i premeu el botó Start per iniciar la captura de dades. Una vegada acabada l'obtenció de les dades, tanqueu la finestra (el protector del xip). Compteu el nombre de desintegracions alfa.

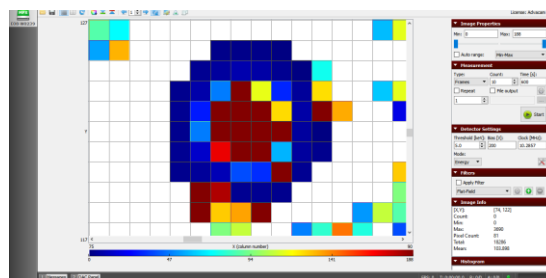
Dividiu el nombre de desintegracions pel temps transcorregut cada 10 minuts en una taula d'Excel.

Quan el procés d'obtenció de dades finalitzi, tanqueu el protector del xip.

8. Quan hàgiu acabat, llenceu el globus a la paperera, netegeu el plàstic i renteu-vos les mans.



Imatges obtingudes amb el detector amb una diferència de temps de 10



Imatge de la senyal obtinguda a partir d'una partícula alfa.

FITXA DE L'ALUMNE/A

NOM I COGNOMS: NUM:

.....

DATA: CURS: ETAPA: GRUP:

Adquisició i anàlisi de les dades

Taula de dades

1. Omple la següent taula:

Temps (s)	Desintegracions	Activitat (Bq)
0		
60		
120		
180		
240		
300		
360		
420		
480		
540		
600		

2. Realitza la gràfica de l'activitat en funció del temps i envia-la al teu professor.

Mitjançant la funció "Afegeix línia de tendència" d'Excel i escollint l'opció de línia de tendència exponencial, es pot visualitzar al gràfic l'equació exponencial de millor ajustament.

3. Escriu l'equació de desintegració radioactiva del radó.

El període de semidesintegració es pot trobar a partir de l'equació $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

λ és la constant de desintegració, es troba a l'equació $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

4. Determina el període de semidesintegració del radó. Compara el valor que has obtingut anteriorment amb el valor actualment acceptat. Assenyala tres possibles fonts d'error en la determinació del període de semidesintegració.



GUIA DEL PROFESSOR/A I SOLUCIONARI

La radioactivitat que ens envolta: Detectem radó en un edifici. Estudi de l'activitat i el període de semidesintegració de l'isòtop.

Resum

Aquesta pràctica és ideal per estudiar la radioactivitat sense utilitzar una font radioactiva perillosa. Ens centrarem en estudiar la radiació alfa, i quantificarem el temps de semidesintegració del radó.

Aquesta pràctica serveix per consolidar els conceptes teòrics treballats a física de radiacions.

Dirigit a

Alumnes de batxillerat

Coneixements previs dels alumnes

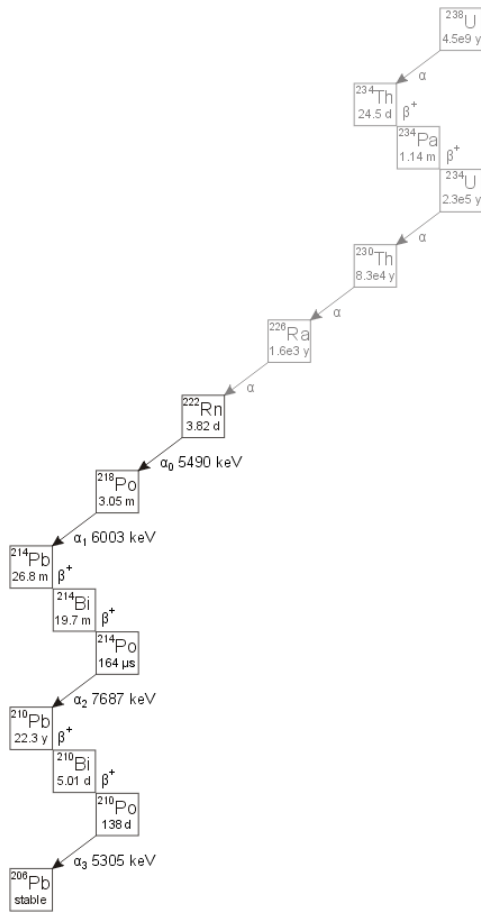
Els isòtops.
La desintegració alfa.
La llei de desintegració radioactiva.
El període de semidesintegració.
L'activitat d'una mostra.
Les equacions exponencials logarítmica.
L'energia alliberada en keV

Coneixements que adquiriran els alumnes

Ús de sensors de radioactivitat
Anàlisi de dades experimentals.

Aquesta pràctica inclou

Una fitxa d'informació per a l'alumne
Una fitxa per omplir per a l'alumne
Una guia del professor i un solucionari



Durada de la pràctica

1 hora per la recollida de dades i 1/2 hora per a l'ompliment de la fitxa de l'alumne

Objectius

- Iniciar-se en l'ús d'un detector de partícules TimePix i del programari PixetPro.
- Identificar els diferents tipus de radiació pel rastre que deixen en el detector, i relacionar aquests rastres amb les característiques que presenten les partícules que el formen.
- Fer un recompte de les partícules alfa absorbides al detector per tal de determinar la seva activitat.
- Calcular el període de semidesintegració dels isòtops del radó, i comparar-los amb el valor actualment acceptat.
- Adonar-se que la radioactivitat natural o de fons existeix sempre tot i que no s'ha de tenir en compte a l'hora de fer el recompte de les partícules alfa detectades perquè tenen un poder de penetració alt.

Introducció teòrica

Física nuclear. Les radiacions. Activitat. Període de semidesintegració.

Aquest experiment mostra com l'aire té, naturalment, nivells baixos de material radioactiu i que aquest decau amb el pas del temps. També és una demostració que el nostre entorn té baixos nivells de radioactivitat als quals estem exposats contínuament.

La radioactivitat sorgeix dels productes de desintegració del radó. El radó prové de les cadenes de desintegració de l'urani i el tori que es produeixen de manera natural al medi ambient.

Per tal de detectar la radioactivitat alfa dels fills del radó-222 i radó-220, que circulen per l'atmosfera, inflarem un globus i el fregarem amb uns

guants de llana. L'electricitat estàtica acumulada al globus retindrà els ions metàl·lics que s'acumulen a la pols i als aerosols. Si enregistreu el recompte a intervals de 10 minuts, hauríeu d'obtenir una taxa de recompte decreixent. La decadència inicial és aproximadament exponencial. La corba de desintegració inicial dóna un període de semidesintegració d'uns 50 minuts.

És important que tinguem en compte que la radiació emesa és sobretot desintegració alfa. Com que aquest tipus de desintegració té un poder de penetració molt baix (de 2 a 3 cm en aire), no caldrà mesurar prèviament la radiació de fons. Només comptarem el nombre de partícules alfa.

Material a utilitzar

Un globus de goma
Guants de llana
Detector MiniPix
Full de càlcul i/o calculadora
Programa PIXETPRO
Guants d'un sol ús



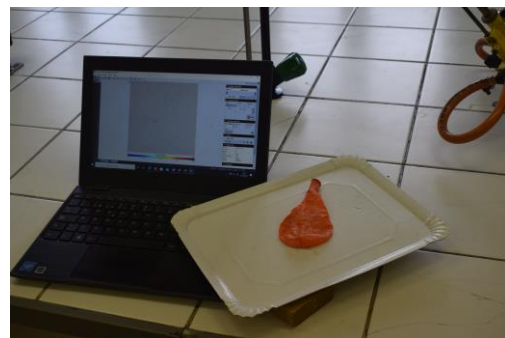
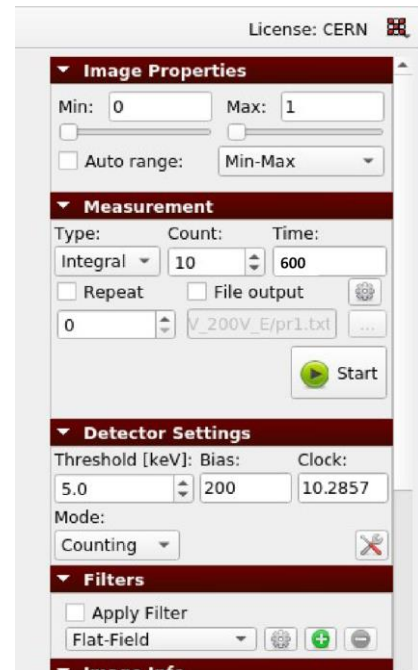
Procediment

1. Infleu un globus de goma, fixe el coll amb una mena de clip de tancament de la bossa del congelador, fixe un tros de corda i pengeu-lo en algun lloc de l'aula. No ha de ser alt, però tendeix a obtenir millors resultats si el globus es penja en un lloc allunyat dels corrents d'aire.
2. Fregueu el globus vigorosament durant uns instants amb guants de llana fins que el globus estigui carregat de fricció. Deixeu el globus durant uns 15 minuts com a mínim.
3. Connecteu el dispositiu MiniPix a un port USB de l'ordinador sense obrir la protecció. Obriu el programa PIXETPRO i comproveu que el programa es connecta amb el detector. Premeu el botó *grid* per a una millor visualització dels píxels del sensor. Configureu el detector en els modes 'Counting' i 'Frames'.
4. Instal·leu un taulell amb el detector en posició horitzontal. Agafeu un tros de plàstic rígid, com a la figura, o una targeta d'uns 100 mm quadrats amb un forat de 25 mm al centre i col·loqueu-lo de manera que el forat

estigui uns 10 mm per sobre de la finestra del detector. Tingueu cura, ja que la finestra del detector és fràgil i es pot trencar fàcilment per negligència.

5. Configureu el detector de manera que el temps d'exposició sigui de 6000 segons (100 minuts) i una freqüència de mostreig de 10 minuts per mostra (Count 10; Time (s) 600). Seleccioneu el tipus de mesurament 'Frames' (imatges per separat).

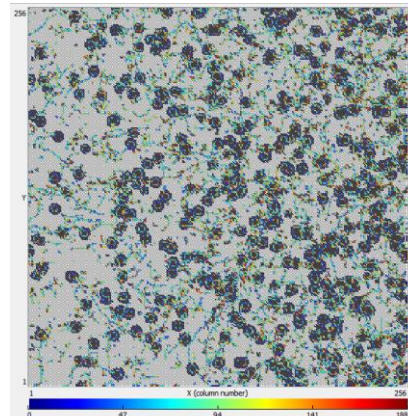
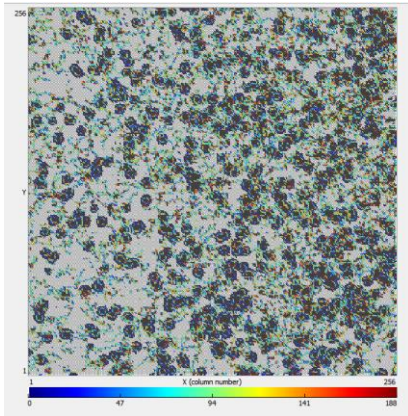
6. Poseu-vos un parell de guants d'un sol ús (no és per protecció radiològica; és per aturar la contaminació molesta del globus) i traieu el globus. Desinifleu-lo traient el clip i poseu-lo a través del forat de la làmina de plàstic com a la figura següent. Eviteu que el globus toqui el detector. Traieu-vos els guants i llenceu-los a la galleda de les escombraries.



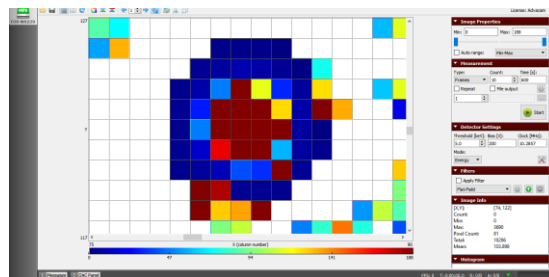
7. Obriu la finestra del detector i premeu el botó Start per iniciar la captura de dades. Una vegada acabada l'obtenció de les dades, tanqueu la finestra (el protector del xip). Compteu el nombre de desintegracions alfa. Dividiu el nombre de desintegracions pel temps transcorregut cada 10 minuts en una taula d'Excel.

Quan el procés d'obtenció de dades finalitzi, tanqueu el protector del xip.

8. Quan hàgiu acabat, llenceu el globus a la paperera, netegeu el plàstic i renteu-vos les mans.



Imatges obtingudes amb el detector amb una diferència de temps de 10



Imatge de la senyal obtinguda a partir d'una partícula alfa.

RESPOSTES A LA FITXA DE L'ALUMNE/A

NOM I COGNOMS: NUM:

.....

DATA: CURS: ETAPA: GRUP:

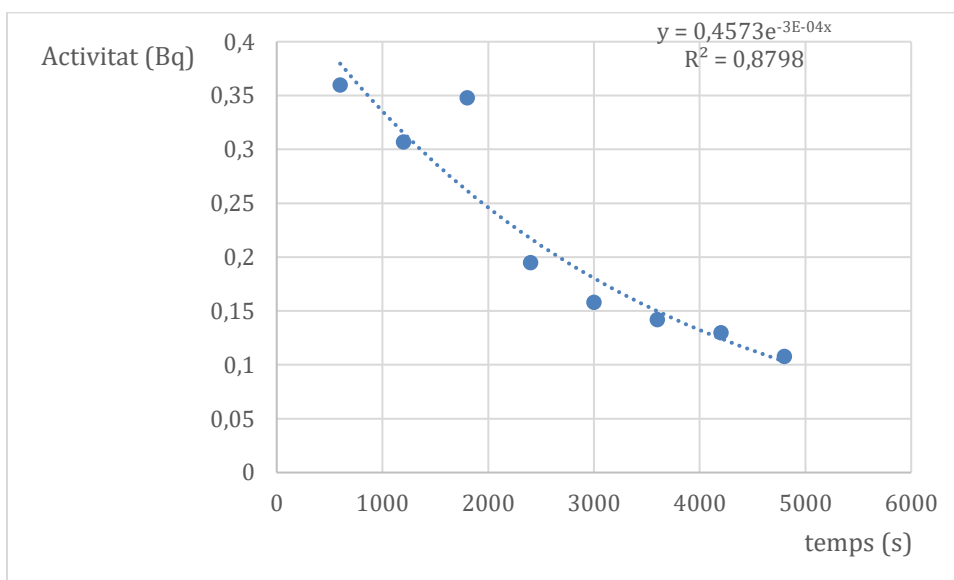
Adquisició i anàlisi de les dades

Taula de dades

1. Omple la següent taula:

Temps (s)	Desintegracions	Activitat (Bq)
0	-	-
600	216	0,360
1200	184	0,307
1800	209	0,348
2400	117	0,195
3000	95	0,158
3600	85	0,142
4200	78	0,130
4800	65	0,108

2. Realitza la gràfica de l'activitat en funció del temps i envia-la al teu professor:



Mitjançant la funció “Afegeix línia de tendència” d'Excel i escollint l'opció de línia de tendència exponencial, es pot visualitzar al gràfic l'equació exponencial de millor ajustament.

3. Escriu l'equació de desintegració radioactiva del radó.

$$A = 0,4573e^{-3E-04t}$$

A en Becquerels, t en segons

El període de semidesintegració es pot trobar a partir de l'equació $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

λ és la constant de desintegració, es troba a l'equació $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

4. Determina el període de semidesintegració del radó. Compara el valor que has obtingut anteriorment amb el valor actualment acceptat. Assenyala tres possibles fonts d'error en la determinació del període de semidesintegració.

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{3 \cdot 10^{-4}} = 2310 \text{ s} = 38'30''$$

El valor actualment acceptat és d'uns 50 minuts aproximadament (degudes bàsicament a la desintegració del plom-214 i el bismut-214. Això suposa un error relatiu del 23%, gens menyspreable.

Fonts d'error possibles:

- Contaminació del globus en el procés anterior a la detecció.
- Altres desintegracions del radó (plom-212, etc).
- L'eficiència del detector.