



Climántica

Clima
Home
Cambio

Proxecto de Educación Ambiental CAMBIO CLIMÁTICO

Unidade Didáctica **2**

SE QUEIMAMOS QUENTAMOS

Capítulo 6. A enerxía nuclear

ISBN 978-84-453-4801-7



6. A ENERXÍA NUCLEAR

Responde co que sabes agora:

- En que consiste a enerxía nuclear?
- Por que se di que este tipo de enerxía non afecta ao cambio climático?
- Por que nos preocupan os residuos nucleares?
- A enerxía nuclear é renovable ou non renovable? Xustifica a resposta.
- En que consiste a moratoria nuclear española? Cales foron os seus motivos?

Enerxía nuclear: do inicio á actualidade.



Becquerel



Otto Hahn



Enrico Fermi

Durante o primeiro terzo do século XX desenvolvéronse os fundamentos da enerxía nuclear. Outra vez foron os progresos da Física, grazas aos traballos de figuras como Becquerel ou o matrimonio Curie entre outros, cos seus estudos sobre os materiais radioactivos, os que se traduciron en novos avances que culminaron na primeira fisión artificial do átomo de uranio en 1938 por Otto Hahn e no desenvolvemento do primeiro reactor nuclear nos EE UU por Enrico Fermi en 1942.

Paralelamente desenvolveuse a vertente militar da enerxía nuclear, que culminou nas explosións de Hiroshima e Nagasaki e tivo como corolario a Guerra Fría —que ocupou a segunda metade do século XX— entre as dúas grandes superpotencias, EE UU e a URSS. A primeira aplicación práctica foi a bomba atómica, na cal se liberou unha enerxía de 12 quilotóns (enerxía equivalente a 12 000 toneladas de explosivo TNT) que destruíu as dúas cidades por enteiro.

Na década dos 70 houbo unha gran crise enerxética orixinada pola escaseza do petróleo. Isto promoveu a construción das primeiras centrais nucleares do mundo que tiñan por combustible o uranio, evitando así ter que depender do petróleo e dos países exportadores.

A finais do 97 no mundo había 423 centrais nucleares funcionando en 30 países. Tiñan unha potencia instalada de 327,6 GW e producían o 16% da electricidade mundial.

A finais do 2007 había 439 unidades en funcionamento no mundo (cinco unidades menos que no 2002) cunha potencia total de 371,7 GW.

A enerxía nuclear proporciona o 16% da electricidade do mundo, o 6% da enerxía primaria comercial e entre o 2 e 3% da enerxía final do mundo, menor que a contribución hidráulica. En 21 dos 31 países onde operan centrais electronucleares, diminuíu a porcentaxe de enerxía nuclear no 2006 respecto á do ano 2003.



Probas nucleares en Nevada (EEUU)





- Investiga sobre a biografía do matrimonio Curie e a importancia que tiveron os seus experimentos para a enerxía nuclear.
- Investiga sobre as consecuencias do bombardeo de Hiroshima e Nagasaki.
- Explica a expansión da enerxía nuclear nos anos 70.
- Investiga sobre as circunstancias da nosa moratoria nuclear.

O uranio

O uranio é o combustible que se utiliza nas centrais nucleares para a produción de enerxía nuclear. O U-238 é o isótopo natural do uranio máis abundante na natureza, pero, non obstante, nos reactores utilízase o U-235 (que tan só se atopa nun 0,7 %) debido a que resulta máis doado controlar a súa fisión. Os minerais dos que se extrae o uranio conteñen menos do 1 % de (U_3O_8) , que se concentra en masas de óxido que son procesadas para o seu enriquecemento en U-235 ata alcanzar aproximadamente un 4 % ao fabricar as barras de combustible para as centrais.

A fisión dos núcleos dos átomos de uranio libera unha cantidade inxente de calor que é aproveitada para xerar enerxía eléctrica. Unha central nuclear de auga a presión (como as de Ascó e Almaraz) de 900 MW de potencia consegue con 26 tn de uranio enriquecido xerar a electricidade equivalente á obtida por unha central térmica, que queima 1,8 millóns de toneladas de carbón ou 1,2 millóns de tn de fuel.



Torres de refrixeración da central nuclear de Cofrentes (Valencia)

- En que se parecen e en que se diferencian as centrais nucleares e as térmicas?
- En que consiste a fisión dos núcleos, por que se produce e por que libera tanta enerxía?
- Sitúa nun mapa de España as centrais nucleares activas.



O ciclo do uranio como combustible abrangue todos os procesos, desde a extracción do mineral nas minas, pasando polos procesos de enriquecemento previos á súa incorporación ás centrais nucleares, ata os produtos residuais xerados nos reactores. Este ciclo pode ser aberto ou cerrado. Neste último caso o uranio usado na central recupérase producindo plutonio, que é reutilizado como fonte de enerxía. No ciclo aberto, o material irradiado é considerado residuo radioactivo e pasará a ser almacenado de xeito definitivo.

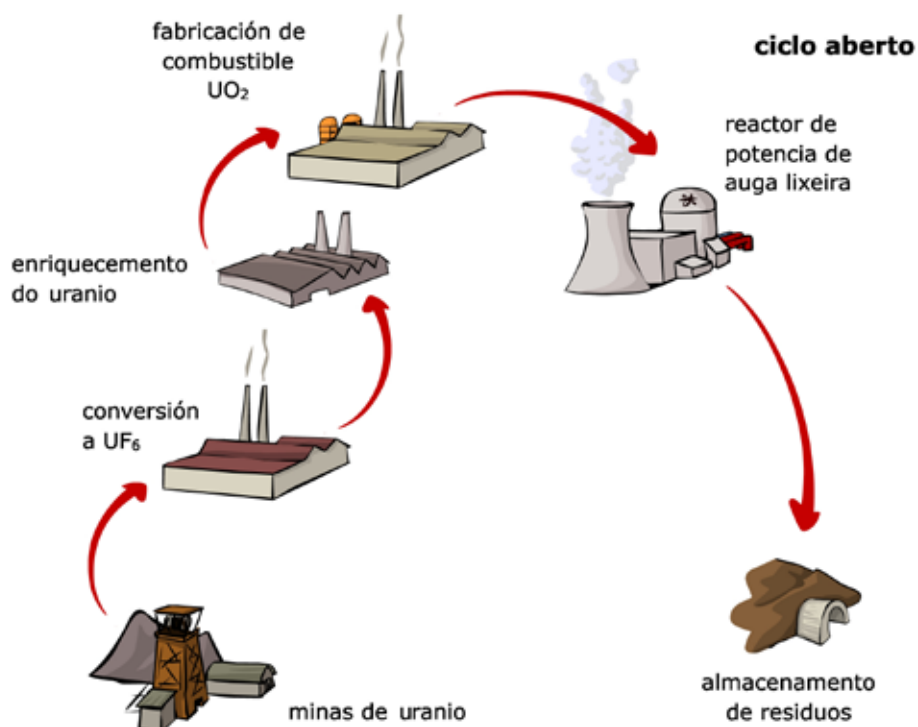
- É o uranio un combustible? Xustifica a resposta.
- Busca os números máxicos do uranio e o plutonio. Que se lle fará ao uranio usado na central para producir plutonio reutilizable como fonte de enerxía?

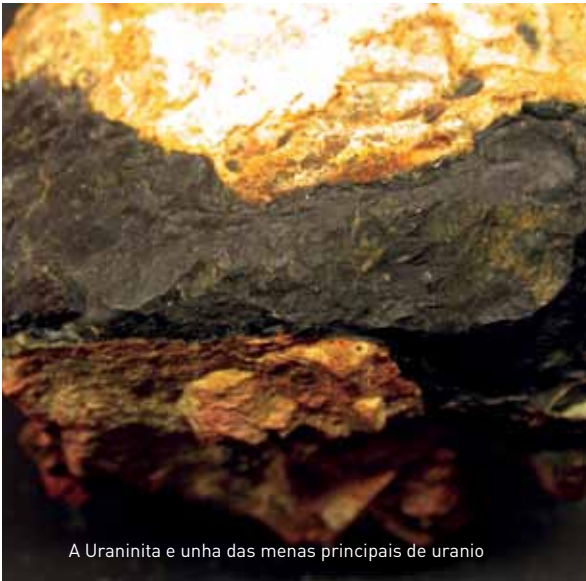
Os residuos xerados clasifícanse en: de baixa, media ou alta actividade. Os de baixa e media actividade son resultado dos labores mineiros, fabricación do combustible e das instalacións nucleares. En menor medida o sector médico xera tamén residuos radioactivos destes dous tipos. Os de alta actividade son produto do combustible gastado nos reactores e do reprocesamento destes. Aínda que se corresponden co menor volume de residuos, son os de maior toxicidade e os que permanecen por máis tempo emitindo radioactividade. É o caso do plutonio-239, o cal, en caso de ser inxerida unha pequena dose polo ser humano, resultaría letal. Para este tipo de residuos radioactivos non existe funcionando no mundo nestes momentos ningún almacén. Namentres se atopa unha solución definitiva ao problema, almacénanse nas piscinas de refrixeración das centrais nucleares.





- Investiga sobre a localización do único cemiterio nuclear que temos no noso país. Que tipo de residuos se depositan nel: os de alta, baixa ou media actividade? Durante canto tempo seguirán emitindo radioactividade?
- Investiga sobre a toxicidade da radioactividade nos seres humanos.
- Non se recomenda que se aproximen mulleres xestantes aos reactores nucleares, como tampouco ás zonas de raios X. Que relación teñen estas dúas recomendacións?





A Uraninita e unha das menas principais de uranio

As explotacións de uranio e a contaminación asociada

O uranio é un elemento raro na Terra. A súa concentración media na codia terrestre é dunhas 2 partes por millón. Non obstante, en rochas ígneas ricas en sílice, coma os granitos, a concentración pode chegar a superar as 100 ppm. Quizais os xacementos máis salientables sexan os de orixe detrítica; é dicir, os grans de uranio foron erosionados no seu lugar de orixe e arrastrados posteriormente por correntes de auga para depositárense nunha conca. Deste tipo son os de Witwatersrand na República de Sudáfrica, que é ademais a rexión con maior produción de ouro do mundo, ou os de Blind River en Canadá.

A explotación destes minerais faise por medio de minería a ceo aberto ou en minería de interior mediante galerías. Debido a que a concentración de uranio é tan escasa, necesítase mover gran cantidade de material nos depósitos para chegar ao mineral,

creándose enormes entulleiras de estériles.

Nas explotacións a ceo aberto fanse voaduras controladas para remover as rochas, que posteriormente son transportadas cara á planta de trituración en vehículos. Neste proceso libérase po tóxico á atmosfera, ademais de liberarse gas radon produto da desintegración radioactiva. Outro foco de contaminación asociado a este tipo de minaría é que, debido aos procesos de tratamento do mineral, se xeran como residuos elementos como radio, torio, uranio empobrecido, metais pesados en lodos xunto co uranio, etc., que se poden incorporar ás augas tanto en superficie como subterráneas. Ademais, os elementos radioactivos desintégranse de forma espontánea coa emisión de partículas alfa, beta e gamma.



Mina de uranio en Estados Unidos

- Coa axuda de internet busca información e elabora un informe sobre as minas de uranio en España contestando as seguintes preguntas: onde se localizan? A que tipo de rochas están asociadas? Seguen en explotación?





A produción de enerxía nuclear

A enerxía nuclear obtense mediante a fusión nuclear, así como tamén mediante a fisión nuclear. A primeira, responsable en última instancia da enerxía que nos chega do Sol, está en investigación e obtense en laboratorios, xa que se emprega máis enerxía na obtención que a conseguida mediante este proceso, e por iso aínda non é viable.

A segunda, a fisión, é a que se emprega actualmente nas centrais nucleares.

O proceso de fisión nuclear é moi perigoso. Xérase tanta enerxía que se pode producir unha explosión, tal como ocorre nunha bomba atómica. Nunha central nuclear a fisión contrólase para que a enerxía xerada non provoque explosións, polo que un reactor nuclear non pode estoupar.

A enerxía que mantén unidos os átomos dunha molécula é moito menor que a enerxía que une os protóns e neutróns do núcleo dun átomo. Existen reaccións químicas mediante as cales é posible liberar a enerxía das moléculas, e existen reaccións nucleares que logran liberar a enerxía dos núcleos. Dada a distinta natureza do enlace químico e do enlace nuclear, unha reacción nuclear desenvolve unha cantidade de enerxía incomparablemente maior que unha reacción química. A enerxía liberada por unha reacción nuclear é varios millóns de veces maior que a liberada por unha reacción química.

A enerxía producida pola fisión de 1 kg de uranio 235 é equivalente á enerxía que se pode obter da combustión de 2400 toneladas de carbón.

Lembrando a famosa fórmula descuberta por Albert Einstein onde E é a Enerxía liberada, M a diferenza de masa ou incremento en quilos e C é a velocidade da luz:

$$E=MC^2$$

Esta ecuación significa que a masa se pode transformar en enerxía e ao revés, a enerxía en masa. Segundo esta fórmula, cando nun proceso se perde masa, esta non desaparece sen máis, transfórmase en enerxía. Segundo a devandita fórmula, unha pequena cantidade de masa libera gran cantidade de enerxía, pois a velocidade da luz ao cadrado é: 90 000 000 000 000 000, que multiplicada pola masa, dá como resultado unha enerxía grande en comparación coa masa transformada. Para facernos unha idea da enerxía desprendida:

- Se se transforma un miligramo de masa en enerxía, cal sería a enerxía liberada?
- Se temos un reactor nuclear que é capaz de transformar un miligramo de masa en enerxía nunha hora, e aprovéitase toda a enerxía, cal sería a potencia?

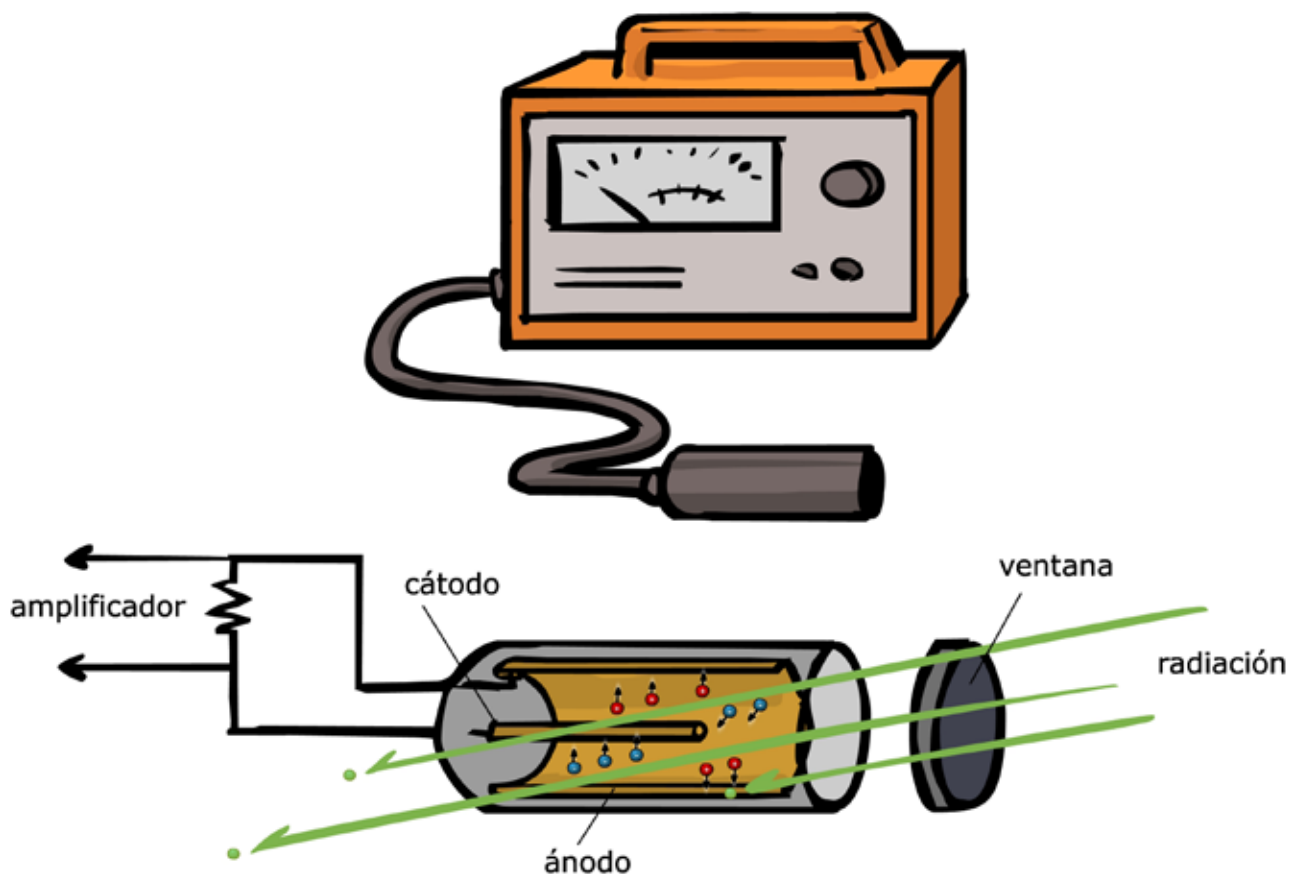
Namentres que unha casa convencional consome uns 3,3 quilowatts/hora, as centrais nucleares, nas que o elevado número de cilindros de uranio producen unha gran cantidade de enerxía, obteñen unha potencia duns 900 megawatts, que é a enerxía fornecida polas centrais nucleares.

Obtense electricidade ao aproveitar a enerxía almacenada no núcleo dos átomos. Nalgúns átomos moi pesados, o núcleo pódese dividir en dúas partes máis pequenas.

O funcionamento das centrais nucleares

Unha das aplicacións máis importantes da enerxía nuclear é o emprego de reactores nas centrais de produción de enerxía termoeléctrica. A súa importancia reside principalmente no feito de que, sen ser ata agora o custo da enerxía producida competitivo co da enerxía eléctrica das centrais tradicionais, invístese moito en investigación para perfeccionar a técnica de funcionamento e para preparar o persoal especializado necesario para o manexo dunhas instalacións delicadas e complicadas como son as nucleares.

O uranio natural é o U^{238} (99'27%), e o fisionable é o U^{235} , que é un 0,71% do uranio que se atopa na natureza, por iso só se aproveita unha pequena porcentaxe do uranio, requiríndose grandes cantidades deste para obter unha cantidade significativa de U^{235} . O U^{238} non é fisionable, xa que é un átomo estable, e ao rompelo non habería diferenza de masa e non se obtería enerxía, co U^{235} si se obtén, porque é inestable.



As barras de uranio enriquecido ao 4% con Uranio-235 introdúcense no reactor e comeza un proceso de fisión. No proceso despréndese enerxía en forma de calor. Esta calor quenta unhas tubaxes de auga e esta convértese en vapor, que pasa por unhas turbinas facéndoas xirar. Estas, á súa vez, fan xirar un xerador eléctrico dunha determinada potencia, producindo así electricidade, do mesmo xeito que unha dínamo de bicicleta. Loxicamente,





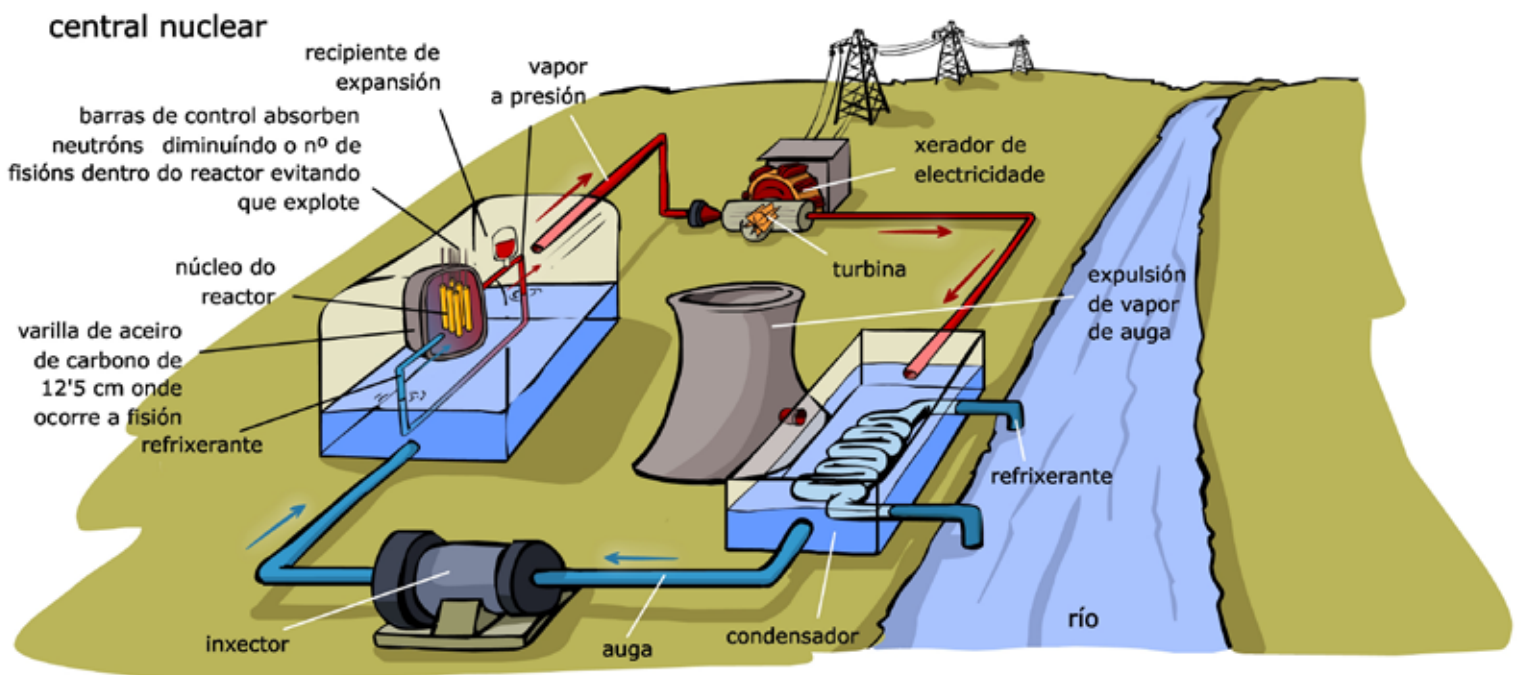
non se aproveita toda a enerxía obtida na fisión e pérdese parte dela en calor, resistencia dos condutores, vaporización da auga, etc.

O proceso de fisión nuclear libera unha enorme cantidade de calor, que nunha central nuclear se utiliza para facer ferver a auga; o vapor impulsa unha turbina que, ao xirar, acciona un xerador e este produce a electricidade.

Os neutróns son controlados para que non explote o reactor mediante unhas barras de control, que ao introducirse absorben neutróns, diminuíndose así o número de fisións, co cal, dependendo de cantas barras de control se introduzan, xerárase máis ou menos enerxía. Normalmente introdúcense as barras de tal forma que só se produza un neutrón por reacción de fisión, controlando desta forma o proceso de fisión. Se todas as barras de control son introducidas, absórbense todos os neutróns, co cal se pararía o reactor. O reactor refrixérase para que non se quente demasiado e funda as proteccións, converténdose deste xeito nunha bomba atómica ata que se pare, xa que a radiación fai que o reactor permaneza quente.

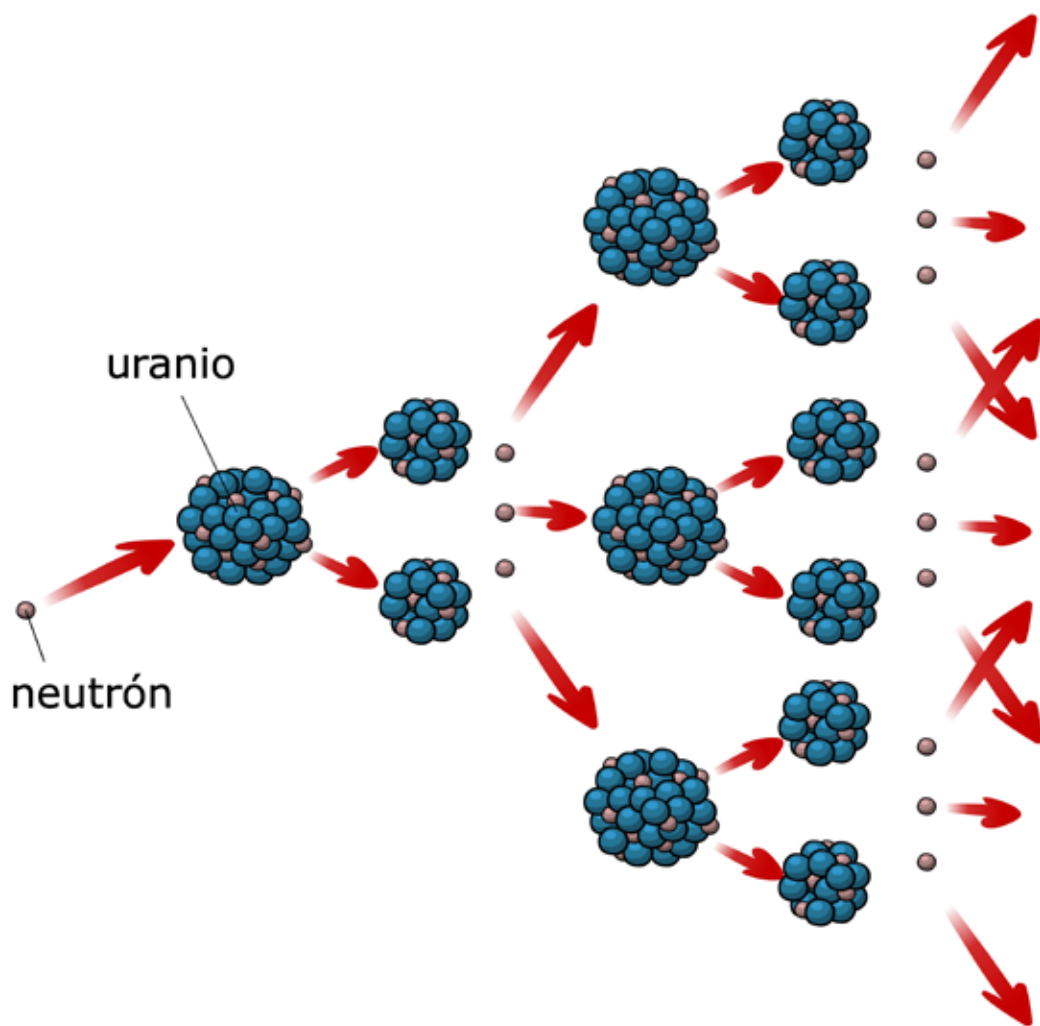
Un reactor nuclear é unha instalación na que se produce unha reacción de fisión nuclear de modo controlado.

Os reactores nucleares son instalacións para o aproveitamento da enerxía producida pola escisión artificial dos núcleos dun elemento radioactivo. Esta escisión, ou fisión nuclear, obtense bombardeando con neutróns os núcleos do elemento.



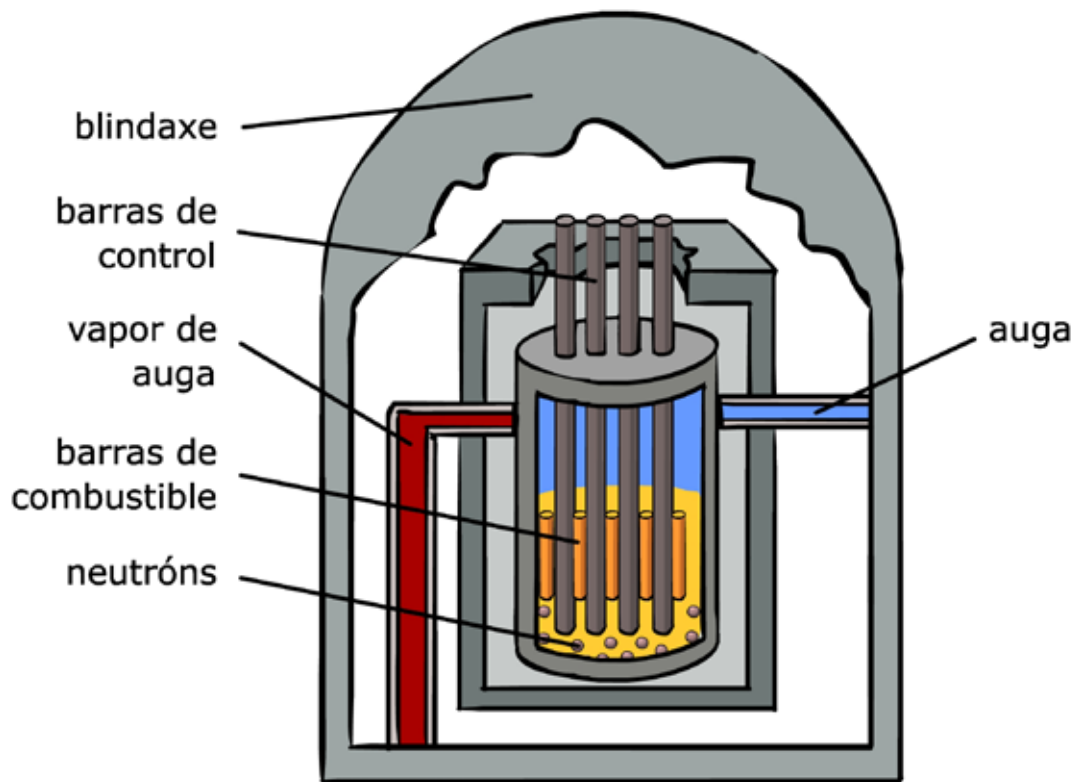
- En que se parece o funcionamento dunha central nuclear ao dunha central térmica?
- Por que non se pode considerar o uranio un combustible?
- Que fai que as centrais nucleares non exploten?
- Se nunha central nuclear non hai combustións, como se obtén o vapor que fai mover as turbinas? Por que existen sistemas de refrixeración?

O que se produce nun reactor nuclear é unha reacción en cadea controlada mediante dispositivos especiais. O principio elemental de funcionamento dun reactor nuclear é a rotura (fisión) dos núcleos dos átomos da masa do material fisionable (denominado combustible nuclear) por medio dos neutróns capturados por eles, con liberación de enerxía térmica e emisión dalgúns neutróns (entre dous e catro; estatisticamente 2,56 por cada fisión), ademais da formación de dous núcleos de masas inferiores. Os neutróns emitidos en cada fisión –unha vez reducida a súa velocidade por medio dunha substancia situada entre os elementos do combustible e denominada moderador ou diluínte, segundo os tipos– producen o bombardeo doutros núcleos, provocando a súa fisión e dando lugar así a unha reacción en cadea.



O fenómeno atópase ligado esencialmente ás leis da probabilidade, das que depende a posibilidade de que un neutrón libre sexa capturado por un núcleo fisionable antes de saír da masa activa de combustible, garantindo así a continuidade da reacción. Esta probabilidade é tanto maior canto máis eficaz é a redución da velocidade dos neutróns e canto maior é a masa de material fisionable. En todo reactor esta masa non pode ser inferior a certo valor, denominado masa crítica, por baixo do cal a reacción en cadea non ten lugar.





Cando un átomo de uranio-235 bate cun neutrón, o seu núcleo escíndese dando orixe a 2 núcleos máis lixeiros, a 2 ou 3 neutróns e a unha notable cantidade de enerxía. Cada un dos neutróns producidos choca con outro átomo de uranio e o proceso repítese, afectando cada vez a un número maior de átomos.

● Explica a reacción:



● Os 3 neutróns que se liberan, cantas reaccións impulsan?

● Explica a reacción en cadea controlada nun reactor nuclear.

O combustible.

O uranio introdúcese no reactor en forma de barras dentro das cales van intercaladas, cunha profundidade que pode regularse a conveniencia, outras barras de control, normalmente de cadmio. Este, ao absorber parte dos neutróns, dálle á reacción o desenvolvemento desexado.

A enerxía térmica que se libera na fisión nuclear é extraída por un fluído refrixerante que circula por un circuíto pechado, que acede á súa vez, nun intercambiador de calor, ao fluído destinado eventualmente a traballar no ciclo termodinámico de utilización, se se trata dun reactor de potencia.

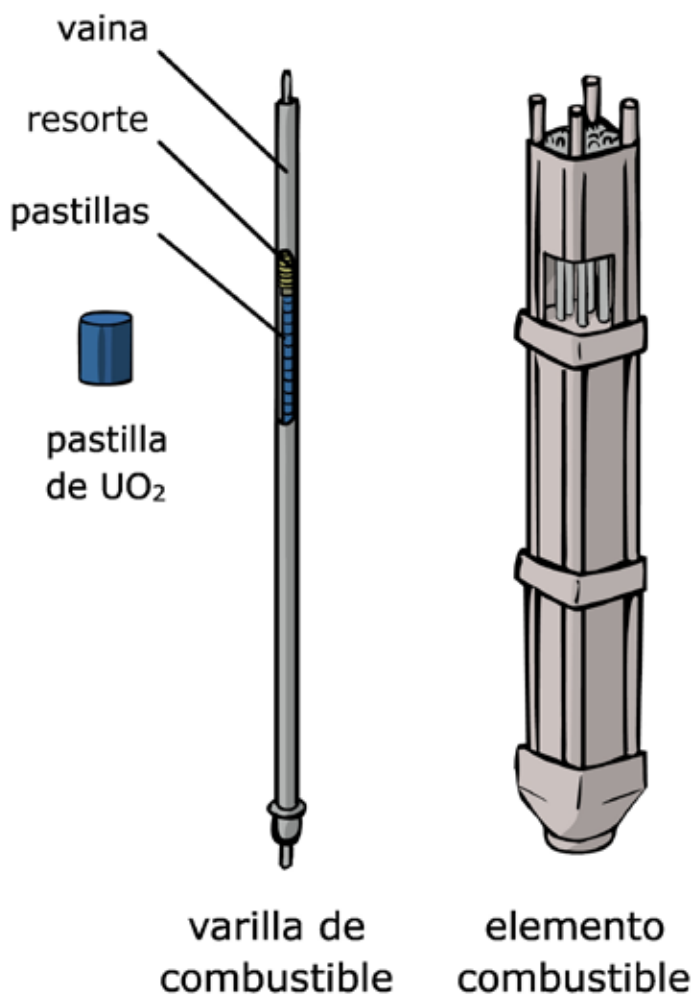
A fisión nuclear é, esencialmente, o resultado da inestabilidade dos núcleos atómicos dalgúns isótopos determinados de elementos naturais moi raros, como o uranio e o plutonio. O único isótopo fisionable existente na natureza é o uranio 235, que, nas ecuacións de reacción nuclear, se indica mediante U^{235} , onde o expoñente representa o seu peso atómico.

Con todo, o uranio 235 está contido en cantidades mínimas no uranio natural. En efecto, este último está constituído na súa maioría (99,27%) polo isótopo de peso 238 (U^{238}) e tan só nun 0,71% polo isótopo 235.

Os outros dous núcleos fisionables con neutróns térmicos (é dicir, capaces de ser empregados en reactores industriais) son o uranio 233 e o plutonio 239. Non se achán na natureza, pero obtéñense por bombardeo neutrónico do torio 232 (Th^{232}) e do uranio 238, respectivamente, segundo as ecuacións:



Composición dun elemento combustible



O torio 232 e o uranio 238 existen na natureza; as reaccións citadas poden realizarse ambas en reactores veloces, e a segunda tamén en reactores térmicos. Estes reactores autofertilizantes encóntranse aínda nunha etapa experimental polas importantes dificultades de construción que presentan. Nos reactores actuais utilízanse como combustibles o uranio natural (xeralmente en forma de óxidos) ou o uranio enriquecido, chamado así porque se incrementa artificialmente a porcentaxe de U^{235} .

Explotación de uranio → Explotación mineira e fabricación de concentrados de U → Enriquecemento en U^{235} → Óxido de uranio UO_2 (po) → Pastillas → Barras → Esqueleto de combustible para o reactor.

- Como se conseguen as barras de U^{235} enriquecido ao 4%?
- Se estes isótopos non interveñen en reaccións de combustión, por que aparecen denominados como combustibles?





Problemas que presenta a enerxía nuclear: residuos e radioactividade

Cando nos anos 70 xurdiu con forza a enerxía nuclear como solución á crise enerxética suscitouse tamén unha forte controversia por parte da poboación pola falta de seguridade, o accidente de Chernobil, a dependencia de apoios dos contribuíntes de todo o mundo, os residuos...



Central nuclear deChernóbil

Hoxe en día parece que está a haber un novo rexurdir da industria nuclear internacional coa xustificación do incremento da demanda; a preocupación polo cambio climático e a dependencia exterior do subministro de combustibles fósiles coinciden tamén para reforzar a opción nuclear.

No entanto, así como os problemas da falta de profesionais e necesidades de fortes apoios económicos se poderían reducir, a problemática dos residuos e a protección da saúde e seguridade pública seguirán sendo sempre preocupantes.

Considérase residuo radioactivo calquera material ou produto sobrante para o que non está previsto ningún uso, que contén ou está contaminado con radionucleidos en concentracións superiores ás establecidas polas autoridades competentes MITEC (Ministerio de Industria, Turismo e Comercio), previo informe do CSN (Consello de seguridade nuclear).

Os residuos radioactivos pódense clasificar de moi diversas maneiras en función das súas características:

- Estado físico (é dicir, se son gases, líquidos ou sólidos).
- Tipo de radiación que emiten (alfa, beta ou gamma).
- Período de semidesintegración (vida curta, media ou longa).
- Actividade específica (baixa, media, alta).

É normal velos clasificados en residuos de baixa, media e alta actividade, e aínda que nalgúns países se xestiona cada tipo por separado, en España fanse só dúas categorías: os de baixa e media actividade, por unha banda, e os de alta por outro.

Os residuos de media e baixa actividade proceden da minería, do ciclo de combustible e da irradiación de substancias en instalacións nucleares e radioactivas. Son menos perigosos que os residuos de alta actividade, pero moito máis voluminosos. Un reactor medio vén xerar uns 6220 m³ ao longo da súa vida.

A vida dos residuos de media e baixa actividade varía moito duns a outros: vai dunhas decenas de anos ata centos de miles de anos. Os residuos de media actividade e longa vida son os materiais en contacto co combustible os reactores.

Un exemplo importante e paradigmático constitúeo o grafito radioactivo dos reactores refrixerados por gas e moderados por grafito, como o de Vandellós I. No grafito atópase presente, sobre todo, o carbono-14, un isótopo radioactivo cun tempo de semidesintegración de 5370 anos, o que fai moi problemático o seu almacenamento co resto dos residuos de media e baixa actividade.

- Canto tempo tardará en reducirse nunha cuarta parte un volume de carbono-14?
- Por que se di que o problema dos residuos radioactivos é un problema ético porque se prolonga máis alá da xeración que os produciu?

Os residuos de alta actividade constitúen o 1% do total, pero conteñen o 95% da radioactividade xerada. Son os restos que quedan do combustible usado nas centrais nucleares e as cabezas nucleares procedentes das bombas e mísiles atómicos. Son os máis perigosos e os que posúen unha vida máis longa. Emiten radiacións durante miles e miles de anos e teñen unha toxicidade moi elevada.

En España son xerados principalmente nas centrais nucleares (das que agora hai 8 en funcionamento), xa que o combustible de uranio empregado nestas se converte tras a súa utilización en residuo radioactivo de alta actividade.

Os residuos de alta actividade son tóxicos durante uns 250 000 anos; pensa no que isto significa nunha escala de tempo de xeracións vindeiras que recibirán o legado dos residuos radioactivos.





- Fai unha escala de tempo de cousas que ocorreron hai 1000, 10 000 e 100 000 anos para facéste unha idea do que dura a radioactividade.
- Se os homes primitivos dispuxesen de centrais nucleares, seguiríamos hoxe en día vixiando os seus residuos?

Unidades de medida da radioactividade

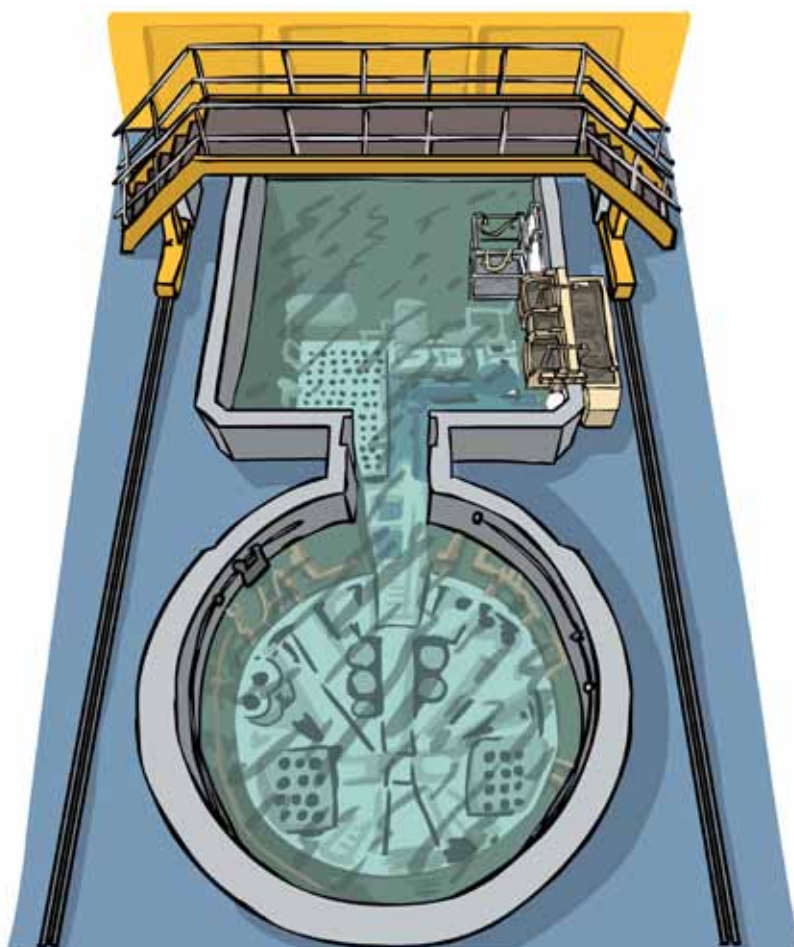
A radioactividade nin cheira, nin se ve, nin se oe. Aínda que se pode medir con certo tipo de contadores, é imposible suprimila.

Inicialmente, mediuse soamente a actividade da mostra ou porción de materia, que se expresa en desintegracións por segundo. As unidades definidas foron o Curie e Rutherford.

1 Curie é a actividade que corresponde a 1 gramo de radio e produce $3,7 \cdot 10^{10}$ desintegracións/segundo.

1 Rutherford corresponde a un millón de desintegracións / segundo.

Fíxose importante coñecer, ademais do número de partículas emitidas, tamén a enerxía total que teñen e a enerxía cedida nun percorrido a través da materia. A unidade de exposición é o Roentgen. O Roentgen definiuse medindo a ionización de aire atravesado por unha radiación.



1 Roentgen cando o aire exposto á radiación se ioniza cunha carga eléctrica total de $2,58 \cdot 10^{-4}$ coulombios por quilo de aire (medido en condicións normais).

Debes saber que as dúas terceiras partes da dose de radiación ionizante recibida por un home europeo corresponden á radioactividade de orixe natural (do espazo e do Sol) e unha cuarta parte ás irradiacións por servizos médicos (raios X).

Piscina dun reactor nuclear

Como a medida dos valores de exposición só se pode facer en gases e se desexaba ter unha maneira de medir os efectos biolóxicos e físicos da radiación sobre a materia viva, definiuse a dose absorbida. Ademais, para medir a enerxía absorbida e o número de ionizacións que produce ao seu paso a radiación, introduciuse outra unidade: o rad e o gray:

1 rad (*radiation absorbed dose*) equivalen a 10^{-5} J absorbidos por cada gramo de materia exposta.

No SI a dose de radiación absorbida é o gray = J/kg.

A súa equivalencia é 1 gray = 100 rad.

Polo tanto, a radiación absorbida (dose absorbida) multiplicada polo factor **q** dará unha dose equivalente de enerxía en calquera tipo de radiación.

Os valores de "q" son:

q = 1	para as gamma e beta
q = 3	para neutróns térmicos
q = 10	para as alfa e os neutróns pesados
q = 20	para ións pesados, etc.

Defínese o rem como a radiación de 1 rad exclusivamente de radiación gamma; ou a radiación de 0,1 rem de radiación alfa. **rem = rad•q**

No SI se define o Sievert (sv) = 100 rem (gamma)

Sievert (sv) = 1 gray de radiación gamma.

Sievert (sv)= 1 gray · q

O Roentgen, o Rad, e o rem son unidades tradicionais.

O Culombio/kg, o Gray (Gy), e o Sievert (Sv) son unidades do Sistema Internacional.

A dose absorbida pode referirse a todo o corpo ou a un órgano en concreto; pódese referir a unha dose puntual ou expresar a suma das doses acumuladas nun período de tempo.

- Por que os médicos procuran distanciar e reducir o número de radiografías?
- Cal é razón de que os radiólogos usen protectores de chumbo?
- Por que os residuos radioactivos se envolven en chumbo e formigón?





O gran problema: os residuos

As consecuencias da exposición a unha radioactividade elevada son fatais para o ser humano. Está probado que pode causar a morte, e en doses máis baixas provoca cancro, enfermidades e trastornos xenéticos que afectan moi seriamente á descendencia do afectado.

Nos sesenta anos de existencia da enerxía nuclear, e a pesar dos enormes investimentos, ninguén conseguiu dar cunha solución satisfactoria ao problema dos residuos radioactivos de alta actividade.

De todos os problemas asociados ao uso da enerxía nuclear, que aconsellan o seu inmediato abandono, este pode ser o determinante. Se ademais estes residuos contribúen á proliferación de armamento nuclear, o problema complícase.

Estes letais residuos están a acumularse nas centrais nucleares de todo o mundo. En España tamén.

A industria nuclear non sabe que facer con eles. Desesperada polo enorme volume dos residuos radioactivos e o elevado custo da súa xestión, tratou e trata de resolver o seu problema de diversas formas, que son solucións non satisfactorias.

Transporte de residuos radioactivos (Carslbad, EEUU)

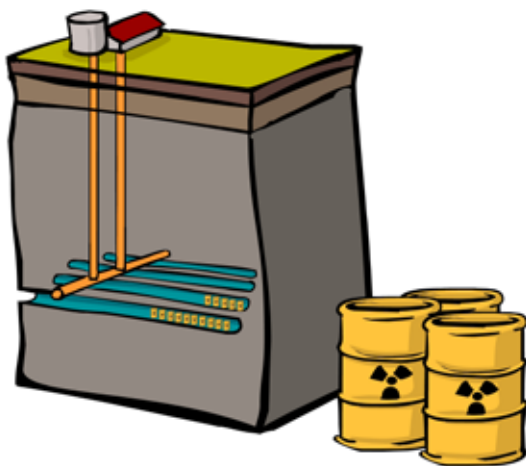


En España, actualmente, o cemiterio de El Cabril, situado na Sierra de Hornachuelos (Córdoba), é o cemiterio nuclear de residuos de baixa e media actividade, a pesar de que nun principio se dixo que alí non se almacenarían residuos procedentes de centrais nucleares, senón só de instalacións radioactivas. Non é un sitio apropiado para instalar un cemiterio de residuos nucleares por varias razóns:

- * Atópase nunha zona sismicamente activa.
- * Está no sur, cando a maior parte das centrais están no norte, o cal aumenta os transportes.
- * Está nunha zona de alto valor natural e, ademais, na cabeceira da conca do Guadalquivir, cuxas augas se contaminarían en caso de escape.
- * Está situado xunto a dous encoros que fornecen de auga a gran parte dos cidadáns de Córdoba e provincia.

Fóra de certas cantidades que se enviaron a reprocessar ao Reino Unido nos anos 70, e do combustible utilizado por Vandellós I —pechada definitivamente tras o accidente de 1989—, que tamén se enviaba a Francia con igual finalidade, os residuos de alta actividade almacénanse, de momento, e de modo transitorio, nas propias centrais nucleares, nunhas instalacións coñecidas como “piscinas de residuos”.

● Imaxina que estudos científicos recomendan que a túa vila teña un cemiterio nuclear. Supoñendo que o estudo sexa rigoroso, como te posicionarías?



En setembro de 1987, en Goiânia, Brasil, un po azul (Cesio 137), un material altamente radioactivo que debería estar almacenado baixo estreita vixilancia afectou a 300 persoas.

Fugas e problemas xeolóxicos en cemiterios de residuos de baixa actividade (residuos altamente radioactivos) dos Estados Unidos e o de Carlsbad (Novo México).

Accidentes moi graves nos almacéns radioactivos rusos a partir de 1948; aínda en 1991 permanecen na zona doses radioactivas mortais.

En 1973 na Reserva de Hanford (EE UU), a pesar dunha segura construción con formigón reforzado cunha aliaxe de aceiro ao carbono no fondo e nos lados, e de estar afundido no chan cuns dous metros de terra sobre o seu teito en forma de cúpula, un tanque que contiña residuos radioactivos de alta actividade procedentes da planta de reprocessado de combustible Purex cuns 1,5 millóns de litros, deixou escapar ao chan máis ou menos 435 000 litros de líquido absolutamente radioactivo. A fuga era a décima rexistrada en Hanford e non sería a última.

En 1978, na rexión soviética de Cheliábinsk, produciuse criticidade nunha planta de tratamento ou almacenamento de residuos radioactivos.

Probablemente esta catástrofe tivo lugar en 1957 pero foi silenciada para non alertar contra o programa nuclear.

A lista de accidentes en depósitos de residuos radioactivos increméntase perigosamente. As estimacións das súas consecuencias son sobrecolledoras: 450 000 persoas contaminadas, das cales máis de 50 000 recibirían doses considerables...

Contémplanse outras posibilidades á parte do almacenamento como: enterro no leito mariño ou en xeos antárticos, envío ao espazo, transmutación, reprocessamento, almacenamento en superficie ou en profundidade.





- Ata 1982, fronte as costas de Galicia recibíanse toneladas de residuos radioactivos a 600 km da costa, no que se coñece como a fosa atlántica. Investiga sobre as razóns que causaron que se deixasen de facer eses vertidos.

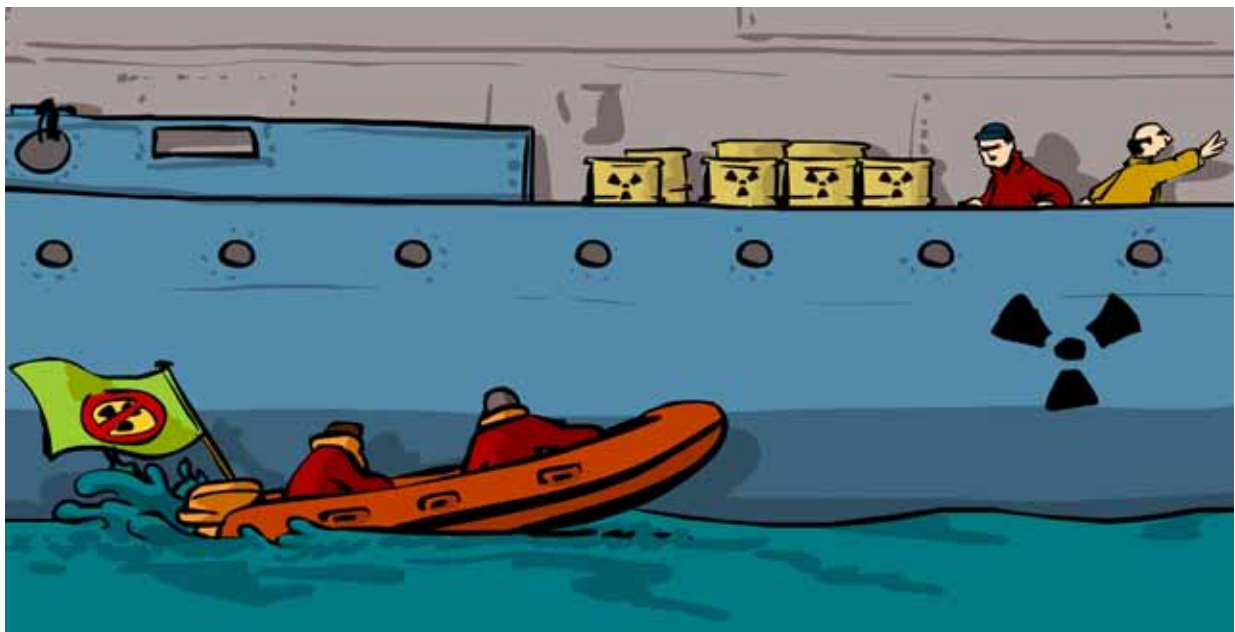
Se os transportes de materiais radioactivos, combustible e residuos das centrais nucleares son inseguros, as longas distancias que deben cubrir multiplican o risco.

Nin tan sequera os colectores e bidóns de material radioactivo poden soportar un accidente no transporte. As probas a que son sometidos resultan claramente insuficientes. É inevitable que as estradas que leven ao cemiterio nuclear se convertan en lugares de alto risco.

O lóxico é que uns transportes tan perigosos non se realicen e que os residuos queden onde están. Son tamén moitos os accidentes debidos ao transporte en avións, navíos e submarinos ou por estrada.

A lista é interminable. En definitiva, o transporte de material radioactivo multiplica o risco ao que xa estamos sometidos pola actividade das centrais atómicas.

Os residuos nucleares xa existentes son un grave problema ao que hai que buscar solución. Con todo, o problema é dobre, porque ningunha das solucións propostas parece satisfactoria excepto deixar de producilos.



A enerxía nuclear e o CO₂

Como xa comentamos anteriormente, ante a preocupación polos efectos do cambio climático e a certeza de que a era dos combustibles fósiles baratos toca á súa fin, os defensores das centrais proclaman que a enerxía nuclear é necesaria para afrontar o declive na subministración de combustibles fósiles e que ademais non emite gases de efecto invernadoiro como o CO₂. A xustificación desta hipótese é que, dado que as altas temperaturas que fan funcionar unha central nuclear non se orixinan nun proceso de combustión (son o resultado da calor xerada pola fisión do átomo), a industria nuclear pode garantir que as centrais non emiten CO₂ nin outros gases de efecto invernadoiro.

- Fai un esquema de como sería o ciclo de funcionamento dunha central nuclear.
De onde vén o combustible? A onde van os residuos?

Coñecendo o ciclo de funcionamento dun reactor nuclear, poderíamos calcular o CO_2 (o 2 en subíndice) emitido ao longo do mesmo.

O funcionamento dunha planta nuclear depende dunha infraestrutura industrial que se basea nun complexo circuíto. Estas centrais funcionan cun combustible, o uranio, que non é demasiado abundante na Terra, o que implica complexas explotacións mineiras, grandes instalacións industriais para fabricalo e longas viaxes entre cada etapa do ciclo.

Minería → **Explotación** mineira de Uranio → **Producción** de mineral de uranio concentrado → **Conversión** do mineral de uranio concentrado en hexafluoruro de uranio (UF_6) → **Enriquecemento** do UF_6 → **Fabricación** do combustible → **Transporte** á central nuclear → **Almacenamento** dos residuos.

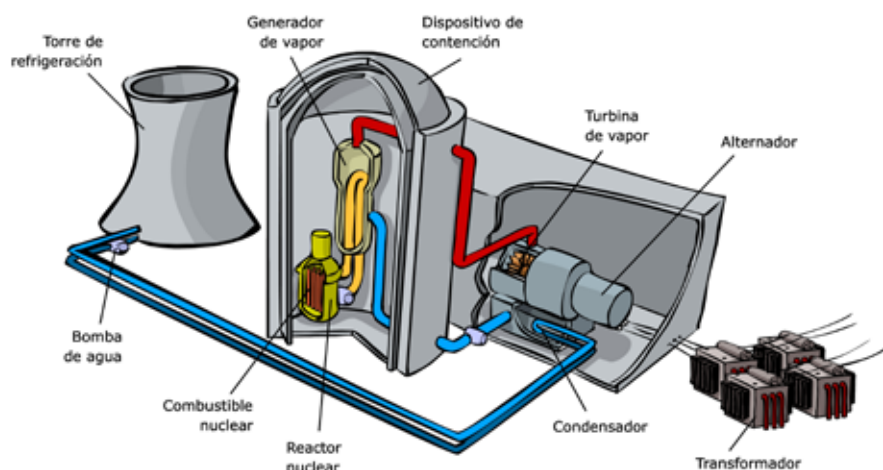
O 84% das reservas mineiras están en 6 países do mundo. O 78 % do total das reservas de uranio pertencen a 7 compañías.

Fai falla transportar o uranio desde as minas ata os poucos países con capacidade industrial para fabricar o combustible: O 99 % dos concentrados fábrícanse en 12 países, e o 92 % do proceso de enriquecemento faise en 4 compañías.

O combustible hai que levalo ás 439 centrais nucleares repartidas por Europa, Asia, África, América...

Recentemente realizouse o cálculo das emisións de gases efecto invernadoiro do ciclo de funcionamento nuclear a partir da análise do caso concreto de Ascó 2 (Tarragona). Para este cálculo, fíxose a análise das emisións de CO_2 da central nun período de catro anos, o tempo que dura unha carga completa do combustible nuclear. Calculouse a enerxía necesaria para fabricar 75 toneladas de combustible, os transportes necesarios, o funcionamento da propia central e os traslados dos residuos de baixa e media actividade restantes ata o almacén. Nesta análise non se contemplou o ciclo de vida dunha central nuclear (construción, mantemento, desmantelamento...)

O resultado das emisións nese período foron unha media de 970 000 toneladas de CO_2 . Isto é entre 150 e 300 kg de CO_2 por megawatt de enerxía nuclear.



As centrais nucleares non poden substituír o carbón, o petróleo nin o gas. Se substituísemos só o 10 % da enerxía fósil por enerxía nuclear, no ano 2050 terían que construírse máis de 1000 centrais nucleares novas (actualmente hai aproximadamente 440 centrais nucleares todo o mundo). A construción destas centrais —se fose factible— tardaría varias décadas. As reservas de uranio esgotaríanse rapidamente. Incluso a Organización Internacional da Enerxía Atómica, OIEA, reconece que a enerxía nuclear non se podería desenvolver coa suficiente rapidez como para frear o cambio climático.





A solución é outra: os diversos escenarios da enerxía mundial indican que o problema climatolóxico só se pode solucionar coa redución, sumada á utilización de enerxías renovables e técnicas enerxéticas eficientes e económicas.

O debate

A enerxía nuclear só subministra un 5 % da enerxía mundial. O risco de accidentes nucleares, a xeración de residuos altamente radioactivos e a proliferación de armamento nuclear son só unhas das razóns polas cales é indispensable o abandono da enerxía nuclear.

En vista do papel limitado que a enerxía nuclear pode xogar na redución das emisións de CO₂ en ciclos pechados, tendo en conta a súa dependencia de recursos finitos e os seus problemas asociados, en especial os derivados do almacenamento duns residuos con perigo potencial para moitas xeracións posteriores á de almacenamento, debemos reflexionar antes de propoñer esta forma de enerxía para solucionar o cambio climático.

O debate nuclear ábrese polas alarmantes consecuencias do cambio climático, feito que está a ser utilizado por sectores ligados aos intereses nucleares para retomar unha enerxía que xa fracasou hai décadas. O actual debate sobre a enerxía nuclear xira, como noutro tempo, arredor dos riscos para os seres vivos e a poboación, do impacto ambiental que as instalacións supoñen, da pouca rendibilidade económica e, por suposto, da existencia de problemas irresolubles como os residuos radioactivos.

É incuestionable eticamente que non podemos hipotecar o futuro de todos os seres vivos durante milleiros de anos polos residuos radioactivos.

Co obxectivo de frear o uso de combustibles fósiles, as previsións para o ano 2030 están entre 415 GW e 833GW, un incremento entre o 13% e o 125% da potencia instalada actualmente. Isto supoñería a construción de 178 centrais novas (co escenario baixo do aumento do 13%) debido a que a vida media das centrais actuais é de 23 anos. En base a frear o uso de combustibles fósiles, as previsións para o ano 2030 están entre 415 GW e 833GW, un incremento entre o 13% e o 125% da potencia instalada actualmente. Isto suporía a construción de 178 centrais novas (co escenario baixo do aumento do 13%) debido a que a vida media das centrais actuais é de 23 anos.

Este incremento encóntrase con varios obstáculos; por unha banda, a forte oposición pública, os elevados gastos de xestión de residuos e funcionamento que o fan pouco rendible economicamente e dependente de subvencións, e así mesmo ter que facer fronte aos problemas de rápida perda de competencia na construción e aos problemas de funcionamento e falta de infraestrutura de fabricación (cada vez é menos doado atopar persoal cualificado para a construción e funcionamento das centrais nucleares, por non ser un sector da industria eléctrica atractivo para a xuventude).



- Debátemos sobre a enerxía nuclear na sociedade do cambio climático do século XXI.
- Responde co estudado neste apartado ás cuestións iniciais:
"RESPONDE CO QUE SABES AGORA".