

Estudo de processos com decaimento radioactivo

Laboratório de Física III

Índice

1. Objetivos	3
2. Introdução	3
2.1. Actividade.....	3
2.2. Decaimento radioactivo e sua estatística	3
2.3. Alcance e protecção radiológica	4
2.4. Fontes de Radiação	4
2.5. Detecção de radiação ionizante - o tubo contador, ou tubo Geiger-Muller.....	7
3. Preparação do Trabalho	9
4. Tarefas laboratoriais.....	10
4.1. Medida da actividade ambiente.....	11
4.2. Estatística da Medida de Actividade, a partir da fonte Ra^{226}	12
4.3. Caracterização da emissão da fonte ^{226}Ra	12
4.4. Estudo decaimento radioactivo	13
4.5. outros estudos possíveis	14
5. questões para reflexão posterior	17
A. Software COBRA.....	18
A.1. RADIO1	18
A.2. Software COBRA.....	19

1. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é o estudo das principais características do fenómeno da radioatividade, isto é, a mutação de núcleos instáveis com emissão de partículas ou radiação. Os objetivos mais específicos destas atividades são:

- Estudo da estatística do sinal associado a decaimentos radioactivos, em regimes de baixa e elevada actividade;
- Contacto com contadores de Geiger-Muller;
- Métodos para separação/filtragem de partículas energéticas (radiação γ , β^+ , β^- e α)
- Determinação do *alcance* de partículas α no ar.

2. Introdução

Os processos de decaimento radioactivo de núcleos instáveis têm, como produto, a libertação de partículas e de radiação de elevada energia. Entende-se por decaimento a quebra espontânea de um núcleo atómico instável, com a consequente emissão de radiação.

Os três principais processos radioactivos são conhecidos como decaimento α para a emissão de núcleos de hélio ${}^4_2\text{He}$, decaimento β para a emissão de eletrões ou positrões, e emissão γ para a emissão de fótons de elevada energia.

2.1. Actividade

Define-se *Actividade* como o número de decaimentos atómicos por unidade de tempo,

$$A = \dot{N} = \frac{\Delta N}{\Delta T}$$

e é expresso em unidades de Bequerel ($\text{Bq} = \text{s}^{-1}$). Nalgumas circunstâncias pode ser mais prático trabalhar com *densidade de actividade*, a actividade expressa por unidade de volume (Bq/dm^{-3}). Noutras, em particular quando relativas a fontes de elevada actividade, é comum a utilização da unidade Curie (Ci), em que $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$, a que corresponde a actividade de 1 g do isótopo de Radio-226.

2.2. Decaimento radioactivo e sua estatística

O processo de decaimento radioactivo é um processo estocástico de eventos (decaimentos) independentes entre si, caracterizado pelo parâmetro *tempo de semi-vida* $T_{1/2}$, isto é o tempo médio requerido para que um certo número de átomos se reduza a metade. Este parâmetro deriva da equação de decaimento:

$$N = N_0 e^{-t/\tau}$$

onde N é o número de átomos sobrevivente após o tempo t , N_0 é o número de átomos inicial, τ é a vida média da amostra, e $1/\tau$ é a constante de decaimento.

Assim:

$$T_{1/2} = \Gamma = \tau \ln(2)$$

Em casos particulares de fontes de radiação com tempo de semi-vida muito grande, na escala de tempo humana a taxa de decaimentos (actividade) parece praticamente constante.

A probabilidade de observar N decaimentos numa amostra radioactiva é descrita pela distribuição de Poisson:

$$P(N) = \frac{M^N}{N!} e^{-M}$$

isto é, a probabilidade de observar uma sucessão de N eventos (decaimentos) independentes é caracterizada pelo valor médio $M = A \times \Delta t$ de eventos, relativos a um intervalo de tempo de contagem de eventos Δt .

2.3. Alcance e protecção radiológica

A interacção dos diferentes tipos de radiação de elevada energia com os átomos da matéria determina o seu alcance. Os materiais são, em geral, bastante transparentes à radiação γ . A atenuação desta radiação depende fortemente da probabilidade de interacção não carregada dos fótons de elevada energia com as camadas electrónicas mais profundas no átomo, ou mesmo da interacção dos fótons com as partículas nucleares.

O mesmo não se aplica às radiações α e β , pela carga que as caracteriza. As partículas carregadas interagem fortemente tanto com a nuvem electrónica, como com o núcleo atómico, manifestando-se essa interacção através de colisões elásticas e inelásticas, com inerente perda de energia à medida que se propagam na matéria, e dispersão espacial (*scattering*), que altera a direcção de propagação. A protecção radiológica utiliza estes processos físicos para atenuar a energia da radiação. O chumbo é tradicionalmente conhecido como um elemento eficiente no bloqueio da radiação, pois o seu elevado número atómico tem associada uma elevada probabilidade de interacção (traduzida matematicamente como secção eficaz de interacção), logo, promove a desaceleração e a «paragem» da radiação. No entanto, o contacto da pele com o chumbo é altamente tóxico, pelo que nos tempos actuais existem materiais, ou compostos, onde o chumbo também tem a sua contribuição, e que são alternativas mais seguras para o mesmo fim.

2.4. Fontes de Radiação

A radiação é obtida a partir de fontes naturais (ambiente), produzidas por purificação de amostras radioativas, e/ou a partir de máquinas geradoras de feixes de partículas, como ciclotrões, aceleradores lineares (conhecidos como LINACs), tubos de raios-x, ... ou até em mega-estruturas de investigação e desenvolvimento, como o CERN e o ESRF.

A radiação ambiente surge com a produção de isótopos raros quando raios cósmicos de elevada energia (prótons, α , β^- , núcleos pesados ...,) interagem com núcleos de átomos de materiais terrestres (rochas, solo, atmosfera terrestre, e resíduos de meteoritos). Exemplos mais

importantes destes radioisótopos são o trítio (3H), o carbono-14 (^{14}C), e o fósforo (^{32}P). O radioisótopo 7Be também é produzido na atmosfera e transferido para o solo terrestre. Os radioisótopos rádio ^{226}Ra e radão ^{222}Rn também se encontram no ambiente resultantes do decaimento de urânio ^{238}U e de tório ^{234}Th . O radão atmosférico decai para chumbo (^{210}Pb), e este decaimento pode ser facilmente medido.

	^{238}U - Urânio	^{234}Th - Tório	^{226}Ra - Rádio	^{222}Rn - Radão	^{210}Pb - Chumbo	7Be - Berílio
T	4.468×10^9 anos	24.10d	1620anos	3.825d	22anos	1.36×10^6 anos
medidas ambientais				$\sim 40 Bqm^{-2}mês^{-1}$		$\sim 200 Bqm^{-2}mês^{-1}$

Para os trabalhos práticos dispõe de duas fontes radioativas distintas, que se descrevem de seguida.

2.4.1. Fonte de isótopos ^{226}Ra

A fonte de ^{226}Ra encontra-se encerrada num tubo metálico, de modo que a radiação está acessível pela abertura frontal. O isótopo ^{226}Ra decai com uma semi-vida de 1620 anos, de acordo com o esquema da figura 1a, ocorrendo emissão de partículas α , β e γ , ao longo de decaimentos sucessivos, até à transformação no elemento estável chumbo ^{206}Pb . A atividade nominal da fonte disponível é de 3 kBq (+0% / -50%).

2.4.2. Fonte de decaimento rápido

Na sucessão de decaimentos associados à fonte de urânio ^{238}U esquematizada na figura 1b é produzido um emissor intermédio, o isótopo protactínio (^{234}Pa), com tempo de semi-vida característico de 1.175 minutos, adequado à realização de experiências com taxa de decaimento variável num curto espaço de tempo, e com emissão predominante de radiação β^- .

A fonte consiste num contentor de duas soluções, uma aquosa e outra orgânica, de sais de urânio. A atividade nominal esperada da fonte é de 45 kBq (+0% / -50%).

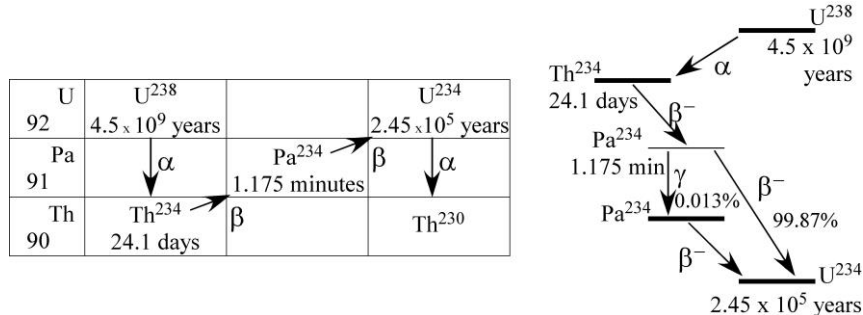
A solução aquosa contém os elementos produzidos pelo decaimento do urânio-238, com átomos-filho de tório-234 e átomos-neto de protactínio-234. Na solução, quer o urânio, quer o protactínio formam complexos clorido-aniónicos, mas não o tório. Ao agitar o contentor, estes complexos dissolvem-se na camada orgânica (de elevadas concentrações de iões de hidrogénio) que flutua sobre a solução aquosa, enquanto que o tório mantém-se na camada aquosa. Desta forma, cerca de 95% do protactínio-neto, assim como algum do urânio, ficam disponíveis no topo do contentor (camada orgânica). Assim é de esperar que a taxa de contagens medida na janela de saída na zona superior do contentor esteja associada ao decaimento dos núcleos de ^{234}Pa , e que varie no tempo de acordo com a equação de decaimento, eq. 1 [1].

É importante notar que a emissão radioactiva é um processo que ocorre ao nível do núcleo atómico, pelo que não é afectada pela combinação química das soluções. Por outro lado, a radiação emitida quer pelo urânio, quer pelo tório não deverá interferir no processo de medida pelas seguintes razões:

- o contador não detecta as partículas alfa nem do urânio, nem do tório: só regista as partículas beta de alta energia (2MeV) do protactínio.
- o urânio-238 decai com um tempo de semi-vida muito longo, sendo apenas responsável por um fluxo praticamente constante e muito fraco de partículas alfa de baixa energia. O seu filho tório-234 decai com um tempo de semi-vida de 24 dias, pelo que esta actividade pode ser tida como constante. Mesmo que estes dois isótopos contribuam para as contagens, tendo em conta que na duração da experiência as actividades respectivas são tidas como praticamente constantes, apenas contribuiriam para um fundo de radiação constante.

Ra 88	Ra ²²⁶ 1622 years				
Fr 87	↓ α				
Rn 86	Rn ²²² 3.825 days				
At 85	↓ α	At ²¹⁸ 2 seconds			
Po 84	Po ²¹⁸ 3.05 minutes	↓ β (0.02%)	Po ²¹⁴ 1.6 × 10 ⁻⁴ seconds		Po ²¹⁰ 138.4 days
Bi 83	↓ α (99.98%)	Bi ²¹⁴ 19.7 minutes	↓ β (99.96%)	Bi ²¹⁰ 5.0 days	↓ β
Pb 82	Pb ²¹⁴ 26.8 minutes	↓ α (0.04%)	Pb ²¹⁰ 22 years	↓ α (5 × 10 ⁻⁶ %)	Pb ²⁰⁶ stable
Tl 81		Tl ²¹⁰ 1.32 minutes	↓ β	Tl ²⁰⁶ 4.19 minutes	↓ β

(a) Decaimento ²²⁶Ra



(b) Fonte de isótopos ²³⁸U

Figura 1: Características de decaimento das fontes radioactivas disponíveis.

2.4.3. Actividade das fontes

As fontes radioativas encontram-se normalmente encapsuladas, e detêm uma janela de saída construída com um material transparente à radiação que se pretende utilizar. A medida da actividade total da fonte pode ser estimada a partir de uma medida simples com um detector. Por um lado, a direcção de emissão das partículas resultantes dos decaimentos radioactivos é aleatória, o que permite considerar que a emissão de partículas é aproximadamente isotrópica. Por outro, têm uma área limitada, mas a uma distância da fonte conhecida definem um ângulo sólido de detecção que pode ser relacionado com a emissão em todo o espaço tri-dimensional.

Assim, para uma área de detecção activa S_{det} à distância d da fonte, sendo detectada uma actividade C (em Bq), a actividade total A_t é dada por:

$$A_t = \frac{4\pi d^2}{S_{det}} (C - C_0)$$

ou de forma alternativa:

$$C - C_0 = \frac{A_t \times S_{det}}{4\pi d^2}$$

A actividade C_0 representa a radiação ambiente medida na ausência da fonte de radiação, que pode variar ao longo do dia.

2.5. Detecção de radiação ionizante - o tubo contador, ou tubo Geiger-Muller.

A detecção de radiação de alta energia baseia-se na detecção da carga gerada na reacção ionizante induzida pela interacção da radiação com a matéria em condições controladas. O tubo de Geiger-Muller consiste numa câmara cilíndrica preenchida com um gás ionizável dentro de uma certa gama de energias, em que um ânodo a alta tensão recolhe a carga de ionização gerada a cada interacção. Cada impulso de carga detectado é interpretado por uma electrónica de leitura dedicada como uma *contagem*, ou *evento*. A detecção pode ser simples, limitando-se à contagem de eventos, ou mais sofisticada, pela quantificação da carga gerada, que se relaciona com a energia da partícula que despoletou a ionização do meio do detector. Neste caso, a detecção consegue ter resolução espectral, na medida em que as contagens são distribuídas em histograma das energias dos impulsos.

Na actividade proposta, o detector é operado no modo simples. Neste guião entende-se como:

- medida, o número de contagens (ou eventos) detectado pelo geiger-muller num intervalo de tempo Δt em que se encontra em modo de detecção, e configurável através do software de controlo e aquisição;
- número de medidas n , repetição, por n vezes, da medida descrita na linha anterior.

Entre medidas existe um tempo dito *morto*, ou de recuperação, em que a electrónica reinicializa-se para a próxima medida. Em medidas em que a taxa de contagens é elevada (actividade da fonte elevada, ou o detector encontra-se muito próximo da fonte) verifica-se que as contagens podem ser inferiores ao valor esperado, o que pode estar associado a contagens falhadas coincidentes com o intervalo de tempo morto do detector.

Referências

- [1] <https://spark.iop.org/protactinium-generator>
- [2] Lídia Salgueiro e J. Gomes Ferreira, “Introdução à Física Atômica e Nuclear” vol II, Tipografia Matemática, 1975.
- [3] W. E. Burcham, “Nuclear Physics, an Introduction”, caps 1, 2, 16, Longman, 1973.
- [4] G. Friedlander, J. Kennedy, “Nuclear and Radiochemistry” 3rd edition, caps 1, 7, Wiley, 1981.
- [5] Henry Semat, John R. Albright, “Introduction to Atomic and Nuclear Physics” 5th edition, cap 11, Springer, 1972.

3. Preparação do Trabalho

- A medida da actividade ambiental, será realizada pela repetição da medida, n vezes, do número de contagens, ou número de eventos ionizantes detectado pelo Geiger-Muller, num intervalo de tempo à escolha do experimentalista ΔT . Quantas medidas (repetições) deverá adquirir para poder caracterizar estatisticamente a radiação ambiente captada pelo detector? Sugere-se que a caracterização estatística seja feita a partir do histograma do número de contagens em ΔT , obtido a partir de n repetições da medida.
- Considerando a fonte pontual, que espera obter na medida da Actividade da fonte, em função da distância Fonte - Detector Geiger Muller? na análise desta questão, tenha em conta que a fonte emite partículas α , β e γ e que o ar contém moléculas/átomos!
- A que taxa de contagens média podem as medidas ser afectadas pelo designado tempo morto do detector?
- Tente identificar por busca na web as energias das partículas emitidas pelas fontes que irá utilizar no trabalho (por exemplo: <http://nucleardata.nuclear.lu.se/toi/nucSearch.asp> ou outras fontes mais adequadas).

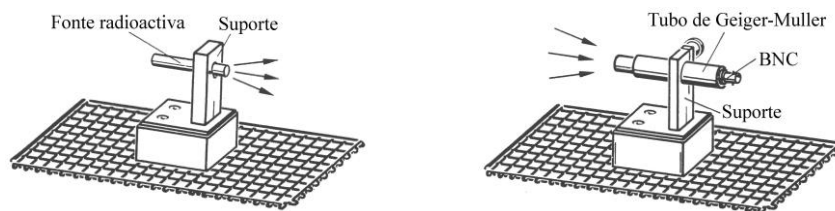


Figura 2: Suportes magnéticos.

4. Tarefas laboratoriais

Equipamentos

Detector Geiger-Muller

O detector Geiger-Muller disponível tem área activa $A = 0,635 \text{ cm}^2$, com um tempo morto da ordem de $100 \mu\text{s}$, pelo que este efeito só deverá ser relevante em situações de medida que ultrapassem as mil contagens por segundo.

(tempos mortos, completar) É lido e controlado pela interface Cobra (PHYWE). O software de controlo desta interface é proprietário, e corre em sistemas operativos baseados no pioneiro MS-DOS, como o Windows ME. O software está acessível em máquina virtual (VMWare) a correr o sistema operativo Windows ME. O apêndice A.2 detalha como aceder ao Software COBRA.

Para todas as experiências de radioatividade tenha em atenção os pontos seguintes:

- Detetor GM destapado quando trabalhar com o detetor destapado NÃO toque na face frontal, que é extremamente frágil! Pode danificar irremediavelmente o detetor!
- Antes de arrancar a aplicação Cobra no WindowsME, garanta que a interface Cobra está ligada e que o detetor, protegido com a tampa plástica frontal, está devidamente conectado com cabo coaxial.
- O detetor e a fonte de radio deverão encontrar-se montados nos respetivos suportes magnéticos, a utilizar sobre a placa metálica (figura 2).
- A aplicação DOS *RADIO1* controla a interface Cobra: configuração da medida automática, aquisição de dados, e seu registo digital, para processamento de dados em plataforma escolhida pelo estudante.

RADIO1 permite adquirir e visualizar as medidas de contagens de eventos a partir do detetor GM. Cada medida individual pode ser expressa como o número N de eventos detectados pelo detetorGM num intervalo de tempo ΔT configurável na aplicação. A aquisição de um número M (configurável) de medidas experimentais pode decorrer em modo automático ou manual:

automático registo sequencial de M medidas, sem qualquer intervenção do utilizador, que resulta numa tabela de valores (t, \bar{N}) , adquirida ao longo de $\Delta t_{\text{automatico}} \sim M \times \Delta T$; manual cada uma das M medidas é iniciada pelo utilizador através do teclado; este modo é normalmente utilizado quando é necessário reconfigurar a disposição espacial da experiência entre medidas (medidas de atenuação com a distância, ou na caracterização angular da emissão de radiação).

efeito do zero o software permite registar a actividade ambiente, e subtraí-la de forma automática do registo de medições posteriores. Nesta actividade sugerimos que guarde os dados sem esta opção activada e que reserve este tipo de tratamento para uma fase posterior de análise de dados.

- Grave os dados adquiridos em suporte digital para posterior análise! Para tal:
 - utilize o menu apropriado do programa (file > store)
 - indique o caminho para gravação
 - **[muito importante]** escolha a opção de gravação ASCII; se não o fizer os dados serão gravados num formato proprietário da PHYWE e só poderão ser abertos dentro da aplicação DOS.
 - no final da sessão, copie os dados para a *pendrive*, não se esquecendo de ejectar a *pendrive* antes de encerrar o WindowsME.

4.1. Medida da actividade ambiente

Nesta secção do trabalho irá determinar o valor da actividade ambiente no posto de trabalho, e adquirir medidas que lhe permitirão caracterizar posteriormente a distribuição estatística das medidas.

Material

- Detetor Geiger-Muller
- Placa metálica e suportes magnéticos para detetor
- Interface Cobra e computador
- software VMWare > WindowsMe > COBRA > RADIO1

Procedimento

1. Realize a medida experimental da actividade ambiente:
 - a) tendo o cuidado de afastar as fontes radioativas do detetor.
 - b) configurar adequadamente a medida experimental. é necessário configurar
 - i. o tempo ΔT de aquisição por medida (o tempo activo de contagem do GeigerMuller por medida). Sugere-se um tempo $\Delta T \approx 10$ s para o tempo activo, mas tem a liberdade de utilizar outro(s) valor(es) que permita(m) apresentar uma estimativa de actividade mais fiável.
 - ii. o número n de medidas pretendidas
 - c) Guarde os dados: o nome do ficheiro não pode ter mais de 8 caracteres, adopte uma boa mnemónica para diferenciar os diferentes ficheiros que irá gerar.
2. Das medidas experimentais fixe uma estimativa, ainda que grosseira, da actividade defundo, para poder analisar em contexto os resultados dos estudos seguintes.

3. Atendendo à variabilidade das medidas obtidas, consegue estimar quais os valores prováveis que obterias se voltasse a repetir a medida, realizando a medida $n + 1$ do conjunto?

4.2. Estatística da Medida de Actividade, a partir da fonte Ra^{226}

Irás caracterizar a estatística das emissões da fonte, através da obtenção do histograma de contagens obtido para conjuntos de medida de diferentes dimensões.

Material

- Fonte radioativa Ra^{226}
- Detetor Geiger-Muller com protecção
- Placa metálica e suportes magnéticos
- Interface Cobra e computador com software VMWare > WindowsMe > COBRA > RADIO1

Procedimento

1. Coloque o suporte da fonte ^{226}Ra no suporte magnético de modo a que a saída da fonte esteja próxima do detetor, sem lhe tocar.
2. Deverá colocar o detetor a alguns milímetros da fonte de modo e configurar o tempo de medida ΔT de modo a obter um número de contagens médio superior a 50.
 - a) Configure o sistema em modo automático de aquisição de medidas para a realização de 100 medidas. Adquira e guarde os dados.
 - b) Repita com números de medições maiores, sem alterar a posição da fonte e do detetor. Note que a aplicação não permite guardar mais de 1000 medidas. Para contornar esta limitação, note também que se não alterar a configuração da fonte e do detetor, cada grupo de medidas constitui uma experiência independente, pelo que poderá agrupar vários grupos (por ex. com $n = 100, 200$ e 500 medições) de modo a obter podemos fazer combinações para obter 100, 200, 300, 500, 600 e 700).

Reajuste a posição da fonte de forma a que o número de contagens seja agora pequeno (<10). Repita os dois passos anteriores, para obter conjuntos de medidas que lhe permitam fazer os histogramas correspondentes a contagens de baixa actividade.

4.3. Caracterização da emissão da fonte ^{226}Ra

Pretende aqui estimar-se a variação da actividade (ou do número de contagens) com a distância entre a fonte e o detetor. Dos dados obtidos será possível obter o alcance das partículas α na sua propagação no ar, bem como a actividade total da fonte ^{226}Ra .

Material

- Fonte radioativa Ra^{226}
- Detetor Geiger-Muller com protecção
- Suportes magnéticos
- Régua
- Interface Cobra e computador com software VMWare > WindowsMe > COBRA > RADIO1

Procedimento

1. Adquira a actividade no Geiger-Muller, para distâncias fonte-detector ao longo de 30 mm, com intervalo de 1 mm.
 - a) configure o software de aquisição para modo *manually controlled*, com tempos de medida $\Delta t \sim 10s$, e para 30 medidas (30 valores de distância).
 - b) aproxime a fonte tanto quanto possível do detector (protegido!).
 - c) inicie as medidas.
2. Siga as indicações do RADIO1
 - a) adquira as medidas para a posição actual.
 - b) varie a distância entre o detetor e a fonte, de acordo com o intervalo introduzido no programa.
 - c) repita a aquisição.
3. No fim das medidas (após 30 determinações) grave os seus dados para posterior análise.
4. A partir da posição final (~ 30 mm) continue a realizar mais medidas, agora com intervalos de 1 cm, até que o número de contagens se aproxime dos níveis da radiação ambiente. Guarde os dados.
5. estime o alcance a partir de ajuste de regressão linear à porção inicial do gráfico, onde a taxa de contagens se reduz significativamente. Note que as radiações β e γ são também contadas.

4.4. Estudo decaimento radioactivo

Material

- Gerador de isótopos ^{238}U - ^{234}Pa
- Detetor Geiger-Muller
- Placa metálica e suportes magnéticos para detetor
- Interface Cobra e computador com software VMWare > WindowsMe > COBRA > RADIO1

Procedimento

1. Nesta parte utilizará apenas o gerador de isótopos e o detetor, devidamente montado no suporte magnético, e sem proteção. **COM O MÁXIMO CUIDADO**, retire a proteção de plástico do detetor.

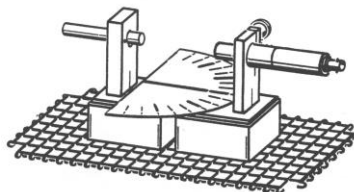
CUIDADO! Quando trabalhar com o detetor destapado NÃO toque na proteção frontal, que é extremamente frágil. Pode danificar irremediavelmente o detetor!

2. Sugere-se que active a detecção automática antes de manusear a fonte radioactiva, de forma a poder ficar com um registo total das várias fases do procedimento. Para tal, prepare a aquisição automática de forma a que possa medir a variação temporal das contagens, com contagens durante pelo menos uns 15mins, e intervalo temporal de medida Δt adequado; atenda ao tempo de semi-vida do protactínio na escolha de Δt . Inicie as medidas automáticas.
3. Coloque cuidadosamente o frasco do gerador de isótopos diante do detetor, sem o agitar. Observe a separação entre os líquidos. Registe a radiação devida ao decaimento da substância mãe (^{238}U) que deverá ser tomada em conta como radiação “ambiente”.
4. Agite a preparação durante alguns segundos e coloque-a de novo diante do detetor, na mesma posição.
5. Registe pelo menos 5mins de contagens. Se tiver de parar a aquisição pode usar a tecla ESC, que não perderá os resultados já adquiridos.
6. Grave os dados, tendo o cuidado de atribuir um novo nome ao ficheiro a gravar.
7. Após a aquisição, **COM O MÁXIMO CUIDADO**, volte a colocar a proteção de plástico do detetor.
8. Estime o tempo de semi-vida a partir dos dados adquiridos.

4.5. outros estudos possíveis

4.5.1. Determinação da dependência angular da radiação emitida pela fonte

Para distâncias entre a fonte e o detetor superiores à distância de paragem das partículas α , o contador regista apenas a presença de partículas β e γ . Nesta parte do trabalho estabelecerá algumas das características destas partículas.

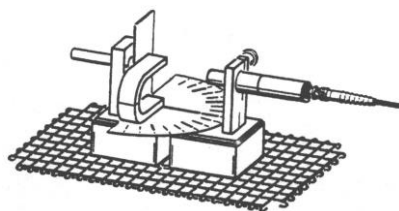


1. Comece por montar o transferidor semicircular no suporte onde está montada a fonte, de acordo com a figura. Identifique a escala.
2. Meça a intensidade de radiação para diferentes ângulos, entre -60° e $+60^\circ$.

3. Para a aquisição dos dados em sequência terá que “enganar” o programa de aquisição, que apenas possibilita uma variável independente correspondente a uma distância.
4. Medindo a intervalos de 10° terá que indicar 13 medidas (programando de 1 a 13 mm, como se medisse de 1 em 1 mm). Utilize um tempo de contagem de 30 s, pelo menos.
5. Neste caso é conveniente também registrar manualmente os dados.
6. Como anteriormente, grave os dados, tendo o cuidado de atribuir um novo nome ao ficheiro a gravar. Escolha a opção gravação ASCII.
7. Represente a dependência da taxa de contagens em função do ângulo, de preferência em gráfico polar.

4.5.2. Efeito dum campo magnético sobre a radiação emitida pela fonte

Coloque o magnete em ferradura sobre a placa transferidor, alinhando as extremidades com a marca de ângulo zero, como na figura. O polo norte é o vermelho, o polo sul é o verde.



1. Coloque o polo norte para cima.
2. Como antes, meça a intensidade de radiação para diferentes ângulos, entre -60° e $+60^\circ$. Medindo a intervalos de 10° terá que indicar 13 medidas (programando de 1 a 13 mm, como se medisse de 1 em 1 mm). Utilize um tempo de contagem de 30 s, pelo menos.
É conveniente também registrar manualmente os dados.
3. Como anteriormente, grave os dados, tendo o cuidado de atribuir um novo nome ao ficheiro a gravar. Escolha a opção de gravação ASCII.
4. Represente a dependência da taxa de contagens em função do ângulo, de preferência em gráfico polar.
5. Coloque o polo norte para baixo
6. Repita as medidas para diferentes ângulos, entre -60° e $+60^\circ$, a intervalos de 10° . Utilize um tempo de contagem de 30 s, pelo menos.
7. Como anteriormente, grave os dados, tendo o cuidado de atribuir um novo nome ao ficheiro a gravar. Escolha a opção de gravação ASCII.
8. Represente a dependência da taxa de contagens em função do ângulo, de preferência em gráfico polar.

O que conclui quanto às características da radiação medida?

4.5.3. Observação da radiação γ

1. Mantenha o magnete em ferradura sobre a placa transferidor, com as extremidades alinhadas. Coloque o polo norte para cima.
2. Coloque uma placa de alumínio junto à abertura da fonte radioativa.
3. Como antes, meça a intensidade de radiação para diferentes ângulos, entre -60° e $+60^\circ$. Medindo a intervalos de 10° terá que indicar 13 medidas (programando de 1 a 13 mm, como se medisse de 1 em 1 mm). Utilize um tempo de contagem de 30 s, pelo menos.
4. Como anteriormente, grave os dados, tendo o cuidado de atribuir um novo nome ao ficheiro a gravar. Escolha a opção de gravação ASCII.
5. Represente a dependência da taxa de contagens em função do ângulo, de preferência em gráfico polar.

4.5.4. Variação da intensidade da radiação γ com a distância à fonte

1. Retire o magnete e a placa transferidor. Mantenha a placa de alumínio que utilizou anteriormente. Coloque o detetor a cerca de 3 cm da fonte.
2. Neste caso irá variar a distância entre a fonte e o detetor, para estudar a dependência da intensidade da radiação γ com a distância.
3. Como a radiação γ é fracamente atenuada no ar e a fonte pode ser considerada aproximadamente pontual, é de esperar uma dependência com o inverso do quadrado da distância (Porquê ?)
4. Deverá variar a distância pelo menos ao longo de 15cm, com intervalo 1 cm.
5. Utilize um tempo de contagem de 30 segundos, por exemplo.
6. Comece por medir novamente o valor de zero, correspondente à radiação ambiente.
7. Repita as instruções anteriores para medida de zero, com $t = 500$ s.
8. Introduza os parâmetros convenientes para a programação das medidas em função da distância. Atente ao valor inicial a considerar (preferência não inferior a 3 cm).
9. Varie a distância entre o detetor e a fonte, de acordo com o intervalo introduzido no programa.
10. Estime a taxa de emissão total da fonte.

5. Questões para reflexão posterior

1. Determine qual a distribuição de probabilidades mais adequada (e os seus parâmetros) para caracterizar a radiação ambiente no laboratório 017 do DFA.
2. A partir das medidas da Actividade da fonte ^{226}Ra em função da distância fonte - detector, e tendo em consideração a discussão na secção 2.4.3, estime o alcance das partículas α e a actividade total da fonte, com as respectivas incertezas.
3. Caracterize os histogramas das medidas de actividade da fonte ^{226}Ra , ajustando os dados, individualmente e/ou agrupados, tanto para medidas de actividade maior (distribuição gaussiana) e menor (distribuição de Poisson).
4. Tente uma resposta para as seguintes questões:
 - a repetição de medidas conduz a resultados diferentes?
 - a média dum conjunto de medidas é também uma variável aleatória?
 - maior tempo de amostragem, melhora a convergência do valor médio para um valor limite, designado por valor esperado?
 - o número de impulsos contados num dado intervalo de tempo seguem uma distribuição de Poisson?
 - número de contagens for suficientemente elevado, a distribuição obtida pode ser aproximada por uma distribuição gaussiana, com valor médio M e desvio padrão $\sigma = \sqrt{M}$.
 - na estatística de Poisson qual a relevância da probabilidade de uma contagem de zero ?
 - porque é que a actividade da fonte de Rádio tem uma incerteza não simétrica (+0%/-50%)?

A. Software COBRA

A.1. RADIO1

Nas instruções a seguir, os comandos do programa estão indicados por <...>.

Algumas das funcionalidades oferecidas pelo software podem ser realizadas à posteriori no software ou ferramenta de sua eleição.

O programa é, em primeira instância, apenas fundamental para a realização e armazenamento das medidas experimentais.

A.1.1. Configurar medidas

1. Para fazer a medição da radiação de fundo, faça este sequência de comandos

<measure>, <zero effect>

<measure>, Time interval 10s <OK> (pode utilizar outro valor, quanto maior, mais fiável é esta medição)

A.1.2. Medida do zero

1. Na configuração de medida de radiação de fundo, faça este sequência de comandos:

<measure>, <zero effect>

<measure>, Time interval 10s <OK>

2. O valor correspondente à radiação de fundo fica guardado até ser substituído por outro, ou sair da aplicação. Aconselhamos a que este valor seja registado no logbook para corrigir os dados na eventualidade de se esquecer de acionar a opção de subtração de zero.

A.1.3. Gravação de dados

Para tratamento posterior deverá gravar os dados no disco duro, utilizando para tal o menu apropriado do programa:

<file>, <store>

Indique o caminho para gravação

Escolha a opção de gravação ASCII. Se não o fizer os dados serão gravados num formato proprietário da Leybold e só poderão ser abertos de dentro da aplicação.

No final da sessão, ainda dentro do Windows milénio, copie os dados para a pendrive. (não se esqueça de ejectar a Pendrive antes de encerrar o Windows Milenium.

Para tratamento com programas de aplicação gráfica, deverá posteriormente retirar as linhas iniciais do ficheiro, utilizando um editor de texto, de modo a ficar apenas com listagens de duas colunas X,Y.

1. Parameter adjustments (<measure> <parameters>)


Type of measurements: automatic Measuring

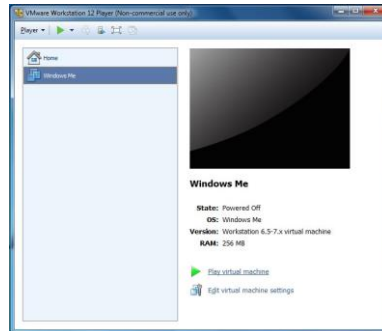
sequence: zero effect: subtract measuring time 15s

number of measurements 25 (pelo menos)

A.2. Software COBRA

Para iniciar o software siga os seguintes passos:

- Após iniciar o computador arranque o aplicativo VMware Workstation (atalho no ambiente de trabalho ) irá aparecer o ecrã seguinte:



‘click’ no botão “Play virtual machine” depois de verificar que está selecionado “Windows Me”.

- irá aparecer a janela de arranque do Windows Milenium

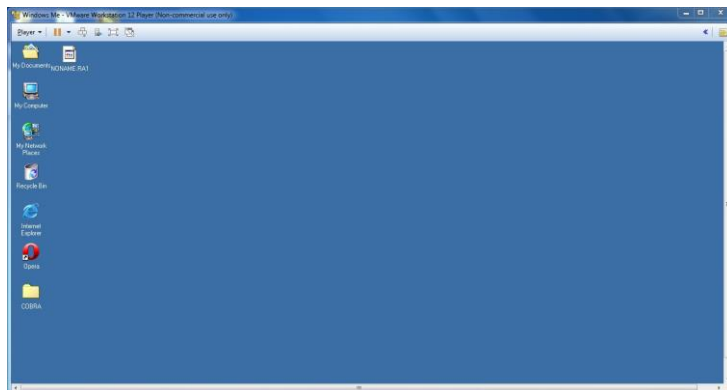


Após o arranque aparecerá o pedido de password branco.

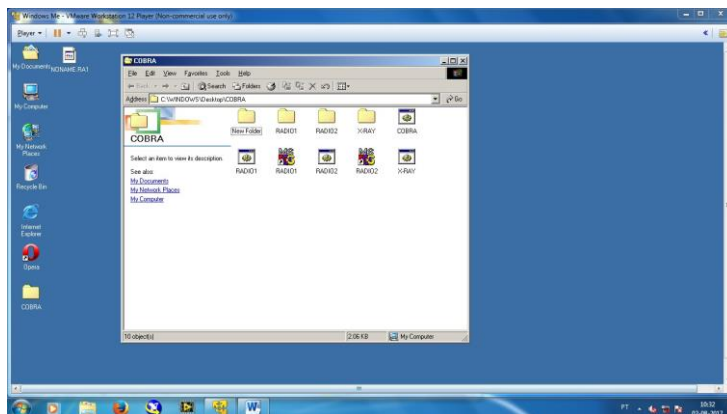


, que deverá deixar em

- Na janela da aplicação irá aparecer o Desktop do Windows Me, semelhante á figura seguinte



- Abra a pasta COBRA (figura seguinte) e utilize o aplicativo RADIO .



- Ao encerrar as aplicações RADIO1 aparece uma janela de DOS que pode fechar sem problemas.

A.2.1. Transferência de dados MS-DOS > *drive* USB

- A passagem de dados de dentro da máquina virtual para o exterior deve ser feita utilizando uma *pen-drive*, de capacidade inferior a 2 Gbyte.
- No arranque do sistema Me deve aparecer uma mensagem indicando que foi desconectada do sistema operativo do computador. Antes de sair da máquina virtual não se esqueça de ejetar a pen de dentro do sistema operativo virtual.

A.2.2. Encerramento

- No final da utilização da interface, faça o “shutdown” do sistema ME antes de fechar a máquina virtual.

NOTA IMPORTANTE: A configuração da máquina virtual é demorada, e pode obrigar a uma interrupção da utilização desta experiência durante algumas aulas. A deteção de algum estudante com a página de configuração da interface aberta, levará a uma ação disciplinar. Se algum estudante desejar saber mais sobre esta máquina virtual é encorajado contactar com o técnico do DFA, Pedro Cruz.