### Ensino Médio

### Decaimento radioativo

Meia-vida, decaimento radioativo

**Disciplinas/Áreas do Conhecimento:**

Física moderna, radioatividade, meia-vida.

## **Competência(s) / Objetivo(s) de Aprendizagem**

Compreender o conceito de decaimento radioativo;

Compreender o conceito de meia-vida;

Simulador o decaimento radioativo de alguns átomos naturalmente instáveis utilizando moedas e utilizando um simulador java.

## **Conteúdos:**

Radioatividade;

Física moderna.

## **Palavras Chave:**

* Física moderna; radioatividade; meia-vida, decaimento radioativo.

## **Para Organizar o seu Trabalho e Saber Mais**

1. Vídeo “Método de datação por carbono 14” (10:32), disponível em <https://youtu.be/UEAVXW-ZH-M>
2. Vídeo com exemplo de aplicação do conceito de meia-vida, “Meia vida e decaimento radioativo” (03:35), disponível em <https://youtu.be/OqliwLKvFW0>
3. Simulador de decaimento radiativo, “Decaimento beta”, disponível em <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/beta-decay>
4. Radioatividade: texto didático em formato pdf para embasar o professor: <http://www.if.ufrgs.br/~marcia/FN_aula2.pdf>
5. Decaimento radioativo: texto didático de apoio ao professor tratando das diferentes formas de decaimento radioativo: <http://hpc.ct.utfpr.edu.br/~charlie/docs/PPGEB/IMEDNUC/MedNuc_Aula_02.pdf>
6. Roteiro de experimentação “Decaimento radioativo.docx”, disponível em Arquivos para download

**Proposta de Trabalho**

## **1ª Etapa - Início de Conversa**

A física moderna há muito já faz parte do currículo de física do ensino médio, no entanto ela raramente entra “de fato” no currículo. Temas como a radioatividade, decaimento radioativo e reações nucleares acabam sendo trabalhados pela química ou simplesmente são esquecidos. No entanto, esses temas são fundamentais na Física, pois fazem parte da Física Moderna e estão presentes no cotidiano das pessoas de maneira direta ou indireta.

Nesta atividade vamos estudar o conceito de decaimento radioativo e meia-vida, temas que, como dissemos acima, são muitas vezes tratados na química embora sejam temas da física moderna. Esperamos que ao final da atividade o aluno compreenda o conceito de decaimento radioativo, o conceito de meia-vida e suas aplicações no cotidiano e para a compreensão do próprio modelo atômico.

Nessa primeira etapa o professor deve apresentar o tema de estudo, “Decaimento radioativo e meia-vida”, e estimular um debate rápido sobre o que os alunos pensam sobre o tema. Algumas perguntas podem orientar esse debate e ajudar em uma diagnose dos conhecimentos prévios dos alunos:

1. Você se lembra do modelo atômico? O que há no núcleo do átomo?
2. Será que todos os átomos são estáveis, isto é, nunca mudam espontaneamente?
3. Você sabe o que é radioatividade? Já ouviu falar em decaimento radioativo?
4. Como é possível saber a idade de uma múmia?
5. Já ouviu falar em “meia-vida”? Faz ideia do isso significa?

A partir das respostas dos alunos o professor pode ir elencando temas para tratar conjuntamente durante a atividade, bem como pode recuperar um repertório de conhecimentos prévios dos alunos sobre outros temas relacionados (radioatividade na medicina, bombas atômicas, perigos da radioatividade, etc.) que poderão ajudar em analogias e contextualizações durante a aula. Uma boa ideia consiste em anotar na lousa as dúvidas que surgirem e, ao final, fotografar a lousa para registrar essas dúvidas. Parte delas podem também ser dúvidas do próprio professor e poderão se transformar em objeto para pesquisas na internet ou na biblioteca da escola.

É importante que nesse momento os alunos tenham a palavra e que as suas dúvidas sejam anotadas e não respondidas. O objetivo é despertar a curiosidade, o interesse e diagnosticar o que os alunos já sabem e o que precisam saber ou aperfeiçoar.

## **2ª Etapa: Definindo e caracterizando decaimento radioativo e a meia-vida**

A radioatividade foi descoberta em 1896 por Henri Becquerel, todavia, foi o casal Pierre e Marie Curie que se dedicou ao seu estudo. Radioatividade é um fenômeno natural que consiste na emissão espontânea de partículas ou radiação eletromagnética por determinados elementos químicos.

A radioatividade se origina no núcleo dos átomos e ocorre quando esses núcleos modificam-se. Alguns elementos químicos possuem núcleos que se modificam espontaneamente, emitindo radiação eletromagnética ou partículas alfa (2 prótons + 2 nêutrons) ou beta (1 elétron) e outras (neutrinos, pósitrons, etc.). Em outros casos o núcleo é criado artificialmente e torna-se instável, emitindo radiação para decair para outros núcleos mais estáveis. Na verdade todos os núcleos atômicos tendem a emitir radiação e decair para outros núcleos mais estáveis, até chegarmos ao hidrogênio 1H, que é o núcleo mais simples (contém apenas um próton). O próprio hidrogênio 1H também decai espontaneamente, mas o tempo que isso demora é, em média, 1036 anos (ou seja, muitos bilhões de bilhões de bilhões de vezes a idade atual do universo!).

Há três tipos de decaimentos radioativos nomeados conforme o tipo de radiação emitida:

* Alfa (α) - ocorre quando são emitidas partículas alfa. Partículas alfa são partículas pesadas de carga positiva, formadas por 2 prótons e 2 nêutrons. A sua radioatividade pode ser impedida por uma folha de papel.
* Beta (β) - ocorre quando são emitidas partículas de carga negativa, os elétrons. A sua radioatividade - superior à das partículas alfa - pode penetrar uma folha de papel, mas não uma placa de metal.
* Gama (γ) - ocorre quando são emitidas ondas eletromagnéticas de altíssima frequência e que não possuem massa, os raios gama. A sua forte capacidade de penetração faz com que a sua radioatividade passe tanto pelo papel como pelo metal.

Quando um átomo emite alguma dessas radiações dizemos que o elemento químico sofreu um decaimento radioativo. A palavra decaimento se deve ao fato do núcleo diminuir seu número atômico.

O isótopo do carbono de número atômico 14 (14C), por exemplo, pode decair emitindo um elétron e transformando-se no elemento químico nitrogênio-14 (14N). Observe que o 14C é um isótopo do carbono estável (12C), assim como o nitrogênio-14 é um isótopo do nitrogênio-13 (o mais comum). Para entender porque o carbono-14 se desintegra espontaneamente formando o nitrogênio-14 precisamos saber antes que o carbono-14 forma-se a partir do próprio nitrogênio-14 nas camadas mais altas da atmosfera devido à colisão de raios cósmicos com as moléculas aí presentes. Assim, o nitrogênio-14 dá origem ao carbono-14 que, por sua vez, é instável e tende a se desintegrar dando origem novamente ao nitrogênio-14.

Formação do carbono-14: **14N7 + 1n0 --> 14C6 + 1H1**

Decaimento do carbono-14: **14C6 --> 14N7 + e-**

Assim como o isótopo carbono-14 pode decair espontaneamente, muitos outros elementos químicos também têm essa propriedade. A isso chama-se radioatividade natural, ou espontânea.

Os processos de decaimento radioativo são interessantes por muitas razões, pois além de significarem uma “transmutação” da matéria, onde um elemento químico se transforma em outro, isso também se dá de maneira bastante curiosa, pois esses decaimentos obedecem uma regra temporal: o tempo médio em que metade dos átomos de uma certa amostra decaem, formando outro elemento químico, é uma constante para cada tipo de elemento químico! Esse tempo é chamado de **meia-vida**.

No caso do carbono-14, por exemplo, se tomarmos uma amostra de 10 g de carbono-14 hoje, a meia-vida, isto é, o tempo médio em que metade desta amostra (5 g) terá se transformado em nitrogênio-14, é de 5.730 anos! Isso é curioso porque depois de outros 5.730 anos teremos novamente metade da amostra restante (2,5 g), e assim por diante!

Isso pode ser expresso matematicamente por meio de uma equação, também conhecida como equação do decaimento radioativo, que para o caso do carbono-14 tem a forma:



Onde N é o número de átomos de carbono-14 em um tempo t, contado a partir do momento inicial onde se tinha N0 átomos.

Vamos testar esta expressão para o exemplo dado? Tomando N0 = 10 e o tempo de 5730 anos, teremos:











Observe que a expressão vale tanto para o número de átomos quanto para a massa ou o volume da amostra, pois todas essas grandezas são diretamente proporcionais.

A fórmula genérica para o decaimento radioativo é:

, onde TM é o tempo de meia-vida do elemento químico.

A tabela a seguir fornece o tempo de meia-vida de outros elementos químicos:



O decaimento espontâneo do carbono-14 é muito utilizado para a datação de fósseis com idades até cerca de 60.000 anos. Para idades superiores a essa utilizam-se outros meios.

**3º Atividades: Atividade prática**

Nessa etapa o professor deve realizar com os alunos as atividades sugeridas no “Roteiro de experimentação - Decaimento radioativo” (Disponível em Arquivos para download) e explorar o simulador de decaimento beta fornecido na seção “Para Organizar o Seu Trabalho e Saber Mais”.

Os vídeos “Método de datação por carbono 14” e “Meia vida e decaimento radioativo” devem ser apresentados, preferencialmente, antes da atividade prática. Alternativamente esses vídeos também podem ser sugeridos como atividade para casa, seguidos de perguntas para avaliar sua compreensão pelos alunos.

A dinâmica de trabalho para a atividade prática com o simulador deve contar com grupos de 2 alunos por computador (ou mais, apenas se necessário em função do número de computadores disponíveis). A atividade prática feita em sala de aula (sem o uso do simulador) deve ser feita em grupos de 3 ou 4 alunos.

As questões propostas para discussão podem ser estendidas pelo professor, acrescentando outras, e pelos próprios alunos, que devem ser instigados a fazerem perguntas. Tudo aquilo que não puder ser respondido/compreendido durante a discussão pode ser transformado em tema de pesquisa para os alunos.

**4º Atividades: Finalização**

Para a finalização desse roteiro sugerimos que os alunos sejam convidados a criarem outras experimentações, na forma de “analogias”, sobre o “decaimento radioativo” e gerem uma apresentação, que pode ser em vídeo, sobre os experimentos criados. Podem ser utilizadas as mesmas equipes que participaram da atividade prática em classe.

Uma pesquisa sobre a datação de fósseis com carbono-14 também pode ser sugerida. Nesse caso sugere-se que a pesquisa inclua informações sobre a utilidade desse método, sua confiabilidade e, possivelmente, a construção de maquetes, produção de vídeos ou apresentação de slides.

Os textos “Radioatividade” e “Decaimento radioativo”, sugeridos para o professor, também podem ser sugeridos e distribuídos aos alunos, a critério do professor, para estudo e pesquisa.

Plano de aula: Prof. José Carlos Antonio