



### TXT:2.2.2.1 A descoberta da radioatividade

No dia 20 de janeiro de 1896, Antoine Henri Becquerel (1852-1908) tomou conhecimento da descoberta dos raios-X por Röntgen. Físico francês da terceira geração da família Becquerel, tinha muito interesse na fosforescência e na fluorescência dos materiais. Ele imaginou se havia uma relação entre raios X e a fluorescência, ou seja, se algumas substâncias fluorescentes poderiam emitir raios X espontaneamente. No dia seguinte começou a fazer testes para verificar se substâncias fluorescentes emitiam raios X.

Depois de descobrir que muitos elementos não produziam qualquer efeito, Becquerel utilizou sulfato de potássio e urânio (sal de urânio conhecido por suas propriedades fosforescente). Cobriu uma chapa fotográfica com duas folhas de papel negro grosso, tão grosso que a chapa não ficou manchada ao ser exposta ao Sol durante um dia inteiro. Colocou sobre o papel uma camada da substância fosforescente e para ativar a fosforescência do sal de urânio, ele expôs tudo ao sol por várias horas. Quando revelou a chapa fotográfica, percebeu a silhueta da substância fosforescente em negro sobre o negativo (figura ao lado). Concluiu que a substância emite radiações capazes de atravessar a folha de papel opaca à luz. Tudo se passava como se o sal de urânio emitisse raios-X.



Em 24 de fevereiro de 1896, Henri Becquerel fez um relatório de sua experiência e apresentou a Academia de ciências em Paris. No entanto, em 2 de março, Becquerel anunciava aos seus pares da academia algo mais extraordinário. Durante a semana havia tentado repetir a experiência, preparando uma nova placa fotográfica enrolada no papel e no sal de urânio. Aconteceu que o tempo havia piorado e ele ficou impossibilitado de realizar a exposição ao Sol. Então guardou o conjunto numa gaveta à espera de melhores dias. Na véspera da sessão da academia, como o tempo permaneceu encoberto, decidiu, mesmo assim, revelar as placas, esperando encontrar o negativo em branco. Para sua surpresa os negativos mostravam uma mancha de grande intensidade. Concluiu que o sal de urânio emitia raios capazes de atravessar o papel preto, quer tivesse sido exposto ou não ao Sol. Sem dúvida, alguma emissão desconhecida estava saindo do sal, atravessando o papel e chegando até a chapa fotográfica. Essas emissões foram chamadas de **raios de Becquerel**.

Pouco tempo depois, em 9 de março de 1896 já descobrira que a radiação emitida pelo sal de urânio não apenas escurecia as chapas fotográficas protegidas, como também ionizava gases (provocam a libertação de elétrons dos átomos, que por esse motivo ficam carregados positivamente), transformando-os em condutores. A partir daí, era possível medir a “atividade” de uma amostra simplesmente medindo a ionização que ela produzia. O instrumento usado para essa medição foi um rústico eletroscópio de lâminas de ouro.



A essa altura, um casal de cientistas iniciava suas investigações sobre a radioatividade em Paris de vários minérios, uma vez que Henri Becquerel focalizou suas pesquisas somente no urânio. Ela, Marya Sklodowska Curie (1867-1934), polonesa e seu marido francês, Pierre Curie (1859-1906).

Após analisar vários compostos de urânio, Marie Curie pôde verificar a constatação de Becquerel, confirmando que a emissão de raios é uma propriedade do elemento urânio e assim, decidiu examinar todos os elementos conhecidos. Descobriu que somente o **tório** emitia raios semelhantes aos do urânio. Nesse ponto, depois de descobrir que o urânio não era o único elemento a emitir radiação espontaneamente, Marie propôs a palavra **radioatividade** para esse fenômeno.

Decidiu, então, analisar todos os minérios naturais, mas para sua surpresa um mineral de urânio (uraninita) era três ou quatro vezes mais radioativo do que se esperava. Concluiu que um elemento extremamente radioativo deveria existir enquanto impureza nesse minério. Depois de um longo e exaustivo trabalho, em julho de 1898, Marie com a ajuda de seu marido Pierre, conseguiram isolar a impureza e perceberam que se tratava de um novo elemento, que designaram de **polônio**, em homenagem ao país de origem de Marie, a Polônia. Ao aprimorar mais os seus métodos de purificação da uraninita, o casal Curie, acabou por encontrar, em setembro desse mesmo ano, um elemento altamente radioativo que recebeu o nome de **rádio**.

Mas apesar de conseguir descobrir mais elementos radioativos, permaneciam dois grandes problemas a serem resolvidos, segundo os Curie. Qual era a origem da energia emitida por esses elementos radioativos? Qual é a natureza das radiações emitidas?

### Questões:

- 1) Qual é o significado da palavra **radioatividade** dada por Marie Curie?
- 2) Qual foi a principal contribuição que os Curie deram para a radioatividade?
- 3) Você sabe qual é a diferença entre um material fluorescente de um fosforescente? Explique
- 4) Se na experiência de Becquerel, ele tivesse colocado entre o filme revelador e o sal de urânio uma placa de chumbo, conseguiria ver alguma mancha? Por quê?

## Aspectos do Campo Eletromagnético

Ao aproximarmos um ímã de um pedaço de certo metal pendurado por um fio, vê que este é “puxado” pelo ímã. Se pegarmos agora um canudinho e atritarmos com uma lã ou papel higiênico, ele ficará carregado eletricamente. Aproximando o canudinho de uma bola de isopor pequena, pendurada por um fio isolante ela será “puxada” pelo canudinho. Vemos assim que a bolinha sente a presença do canudinho, bem como aquele metal sente a presença do ímã, mesmo sem ter contato. Mas como pode um objeto sentir a presença do outro sem haver contato? Como eles não têm olhos, de que forma eles sabem que há outro corpo por perto que os atrai?

Para responder essa questão, utilizamos o conceito de **campo**. Ele surgiu na primeira metade do século XIX para explicar fenômenos parecidos a estes. Nesses fenômenos, temos um **campo elétrico** (associado às cargas do canudinho) e um **campo magnético** (associado ao ímã). Esses campos são semelhantes ao **campo gravitacional** com o qual estamos mais familiarizados. Mas afinal o que são esses campos?

Ele é algo que está ao redor dos corpos, estendendo-se até o infinito, porém sua intensidade diminui com a distância. Podemos entendê-lo como sendo uma “aura”, algo sutil e tênue envolvendo o corpo, que preenche o espaço em volta deles. Para cada um dos campos existe um ente responsável associado a sua presença. No caso do campo elétrico e magnético é a **carga elétrica** e, no caso do gravitacional é a **massa**. Dessa forma, não temos carga elétrica e massa sem campo e vice-versa. Devemos destacar ainda, que o campo existe independente da presença de outras cargas elétricas ou massa nas vizinhanças, podendo ser representado como algo contínuo que se estende até o infinito em todas as direções.

No entanto, o interesse aqui é estudar o campo elétrico e magnético, deixando a discussão do campo gravitacional para outra ocasião. A intensidade do campo elétrico decresce com o aumento da distância em relação à carga, como podemos observar na figura 1. No entanto, essa não é a única maneira que temos para representá-lo. A figura 2 mostra as linhas de campo de uma carga elétrica positiva, representando o campo elétrico dessa carga.

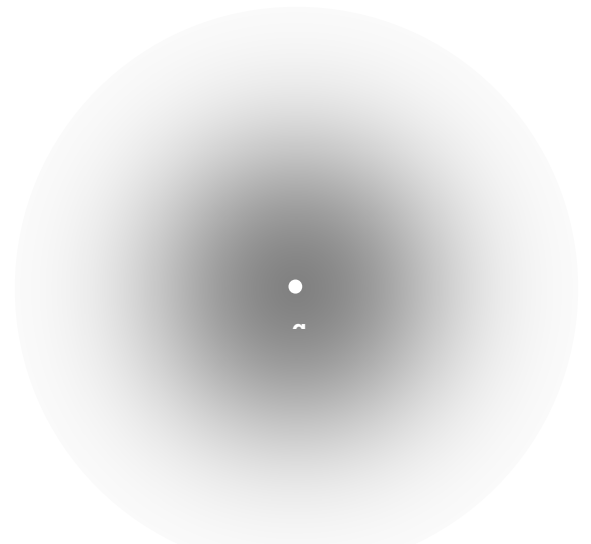
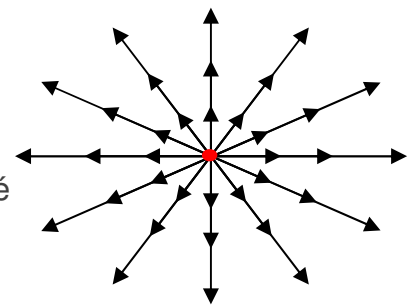


Figura 1: representação do campo elétrico de





No caso do canudinho, devido ao desequilíbrio das cargas elétricas causado pelo atrito com a lã ou papel higiênico, a **ação** desse campo “puxa” a bolinha. Essa ação é conhecida como **força elétrica** ou **interação elétrica**. Assim, é graças ao campo elétrico e magnético que a bolinha sente a presença do canudinho e o metal a presença do ímã.

A maneira como uma carga elétrica comunica ou interage com outras cargas pode ocorrer de duas formas: atração ou repulsão. Isso ocorre devido ao sinal que as cargas elétricas podem ter, isto é, positiva (+) ou negativa (-). Quando as cargas têm o mesmo sinal ocorre à **repulsão** e quando forem de sinais contrários, ocorre a **atração**.

Assim, as cargas elétricas no espaço, sentem a presença do campo uma da outra e interage entre si, como aconteceu com as cargas do canudinho e da bolinha.

Desta forma, podemos dizer que o campo elétrico é algo sutil, tênue, real, que não pode ser visto, nem tocado e envolve a carga elétrica, comunicando a sua presença a outras cargas a sua volta. Dependendo do sinal das cargas elétricas envolvidas, essa comunicação ocasiona uma atração ou a uma repulsão.

Isso tudo pode parecer muito novo ou estranho, mas a interação eletromagnética está presente ostensivamente em nosso cotidiano: nas reações químicas, na luz que recebemos do Sol, na televisão e mais ainda, ela é a responsável pela formação dos aglomerados que constitui a matéria. A matéria da cadeira que você está sentado agora se mantém coesa devido à interação eletromagnética, o mesmo acontecendo com os átomos que formam a água que você bebeu hoje.

Contudo essas são descrições de campos elétricos e magnéticos associados à carga e ímã em repouso. O que aconteceria com esse campo se a carga ou o ímã fossem movimentados? Ele vai junto nesse movimento?



## As ondas eletromagnéticas

Já comentamos que os campos elétrico e magnético estão intimamente relacionados através da carga elétrica. Já sabemos que uma carga elétrica interage com a outra devido aos seus campos elétricos e um ímã interage com um metal ou um outro ímã através de seu campo magnético. Mas como esses dois campos se relacionam?

É mais ou menos assim: quando a carga se movimenta, o seu campo elétrico se movimenta junto, pois ele é indissociável da carga. Ao entrar em movimento, o seu campo elétrico, em qualquer ponto do espaço varia. Porém, quando o campo elétrico sofre essa variação, ele acaba gerando um campo magnético. Com isso, quando uma carga elétrica varia o seu estado de repouso, ela arrasta junto o seu campo elétrico, que por ser variável, induz um campo magnético também variado, que por sua vez, induz um campo elétrico variado e assim por diante.

Essa alternância de campos elétricos e magnéticos variados se propaga por todo o espaço, levando a informação de que a carga elétrica se movimentou ou está em movimento. A propagação dessa informação é o que chamamos de **ondas eletromagnéticas** ou **radiação eletromagnética**, que carregam energia.

As ondas eletromagnéticas têm origem no movimento de uma carga elétrica, que quando acelerada ou desacelerada, faz seu campo elétrico variar que, conseqüentemente gera um campo magnético variado e assim sucessivamente, levando a informação desse movimento aos pontos do espaço. Essa propagação é feita na velocidade da luz  $c^1$ , característica mostrada por J. C. Maxwell (1831-1879), unindo a luz aos fenômenos eletromagnéticos.

Como toda onda, a onda eletromagnética tem a **freqüência** como uma característica bem destacada, por que é através dela, que as ondas eletromagnéticas são classificadas. A unidade de medida da freqüência é o **Hertz – Hz**, em homenagem a Heinrich Rudolph Hertz (1857-1894), a quem é atribuída a descoberta das ondas de rádio. Para cada faixa de freqüência, usamos um termo diferente para descrevê-la. Por exemplo, a freqüência que vai de  $4 \times 10^{14}$  Hz até  $7 \times 10^{14}$  Hz é o que chamamos de luz visível. Já as ondas de rádio estão na faixa de  $10^4$  Hz até  $10^6$  Hz.

A freqüência é a medida das oscilações que a carga elétrica executa por unidade de tempo, isto é, se a freqüência de uma onda eletromagnética é de  $10^5$  Hz, ela oscila 100000 vezes a cada segundo. Esse conceito é bem

<sup>1</sup>

Aproximadamente 300.000 km/s.



parecido com a frequência escolar, que indica quantas vezes os alunos vêm à aula durante um bimestre.

Abaixo a tabela mostra algumas frequências para cada tipo diferente de onda eletromagnética:

f (Hz)	Tipo de onda	Deteção	Exemplos de Fontes
$10^{21}$	raios $\gamma$	cintiladores	materiais radioativos
$10^{19}$	raios X	chapa fotográfica	tubos de raios X
$10^{16}$	ultravioleta	chapa fotográfica	LASER
$7 \times 10^{14}$	luz violeta	olhos	arcos elétricos
$4 \times 10^{14}$	luz vermelha	olhos	arcos elétricos
$10^{13}$	infravermelho	termômetros	Lâmpadas
$10^5$	rádio	circuitos eletrônicos	circuitos eletrônicos

### Questões:

1) Como um ímã percebe a proximidade de outro ímã, mesmo sem haver contato?

2) Quais os tipos de campos estudados e quais os entes responsáveis por eles?



- 3) Como as ondas eletromagnéticas são produzidas?
  
- 4) Quais são as semelhanças e diferenças entre os raios X e a luz visível?
  
- 5) Depois de ter lido e discutido a respeito do campo eletromagnético ou interação eletromagnética e visto a sua importância, faça uma análise de como seria o mundo e o Universo sem essa interação.

### Questões complementares

- 1) Duas cargas  $q_1$  e  $q_2$  sofrem atração a distância através do campo elétrico gerado por elas. O que podemos dizer sobre o sinal dessas cargas? Até onde se estende o campo elétrico de  $q_1$ ? Se de repente  $q_2$  sumisse como ficaria o campo elétrico de  $q_1$ ? Ele sumiria também ou continuaria existindo?
  
- 2) Antes de o canudinho ser atritado, **a)** Existia um campo elétrico nele? **b)** O que aconteceu depois do atrito?
  
- 3) Como uma carga elétrica pode gerar campo magnético ou ondas eletromagnéticas?