Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Física Gleb Wataghin

Instrumentação para Ensino - F 809
Relatório Final

Efeito Branly (Branly's coherer)

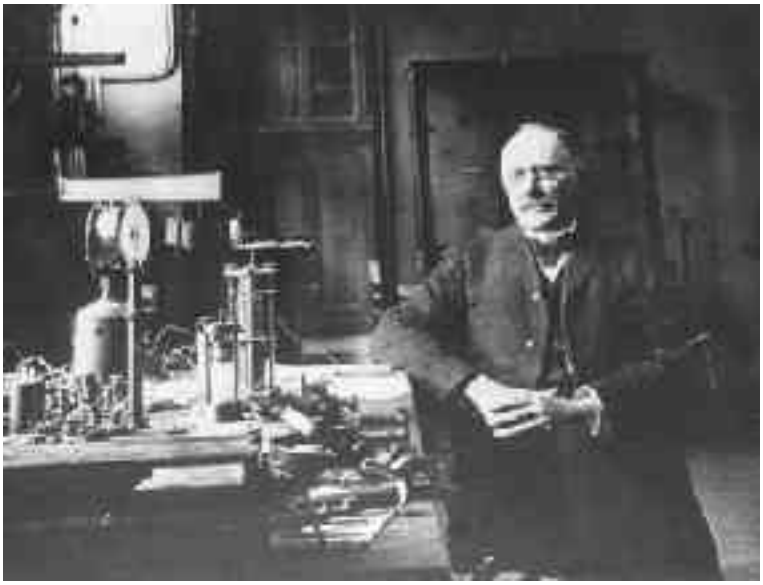
***Aluna*: Martha Camargo Vasconcelos Pereira (RA 009416)**
martha.fisica@gmail.com

***Orientador*: Prof. Mário Noboru Tamashiro**
mtamash@ifi.unicamp.br

***Coordenador da disciplina*: Prof. J. J. Lunazzi**

INTRODUÇÃO

Sinopse: *Em 1890 Eugène Édouard Désiré Branly descobriu que uma faísca pode mudar o estado eletrônico de um amontoado de grânulos metálicos. A resistência elétrica do amontoado de grânulos, que é inicialmente alta, cai várias ordens de magnitude assim que uma onda eletromagnética é produzida em sua vizinhança. Este foi o passo inicial do telégrafo sem fio e das telecomunicações.*



Branly em seu laboratório, provavelmente em meados de 1900.

Eugène Édouard Désiré Branly iniciou seus estudos na área de condutores metálicos em 1890, sendo impelido a isso após observar a estranha mudança da resistência de filmes metálicos finos quando expostos a faíscas elétricas. Para tanto, construiu um aparato ao qual seria dado mais tarde o nome de coesor

(*coherer*, em inglês). O experimento compunha-se de um tubo de ebonite (um tipo de borracha mais dura), contendo limalha de ferro, conectado às duas extremidades a um circuito. Entre essas duas extremidades, colocou-se uma diferença de potencial, e pôde-se observar que, nesse instante, as limalhas ofereciam grande resistência à passagem de corrente. Mas, produzindo-se uma faísca nas vizinhanças do circuito, a resistência das limalhas era diminuída, da ordem de milhões de ohms para centenas de ohms. Provocando pequenas perturbações mecânicas, as limalhas voltavam a apresentar a resistência grande.

Àquela época, apesar de a ação da faísca ter um alcance em seu laboratório de até vinte metros, Branly nunca sonhou com a possibilidade de transmitir sinais dessa forma. Ele estava mais preocupado com estabelecer um paralelo entre a Medicina e a Física (obteve seu título de médico em 1882, e se interessava por eletroterapia), e ia oferecer ao mundo médico uma interpretação da condução nervosa baseada no modelo da condutividade dos tubos granulares.[1]

A figura mostra o primeiro "receptor" feito pelo próprio Branly. O coesor está à esquerda da figura. Está conectado em série com a bateria e um galvanômetro. Inicialmente, o indicador fica na posição vertical (indicando que não há passagem de corrente elétrica). Depois de uma perturbação eletromagnética, a agulha desvia à esquerda ou à direita (mostrando que agora há uma corrente elétrica). Após um choque mecânico no coesor, o galvanômetro retorna ao zero.

O coesor levou a transmissão à distância para fora do laboratório, e tornou possíveis as comunicações a longas distâncias. Em 1894, esse simples aparato foi empregado por Sir Oliver Joseph Lodge (que cunhou o termo “coesor”) em suas pesquisas e formou uma importante parte do bem-sucedido sistema de telegrafia sem fio de Marconi. Naquele mesmo ano, T. Calzecchi-Onesti fez experimentos envolvendo o comportamento de pós metálicos sob a ação de várias forças eletromotivas, e observou um aumento considerável da condutividade desses pós abrindo e fechando sucessivamente um circuito contendo uma espira condutora e um tubo com filamentos.[2]

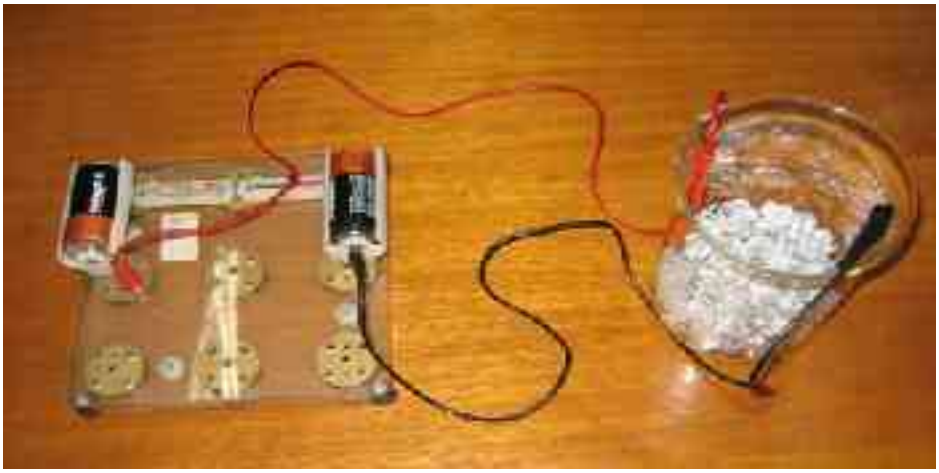
O coesor tornava assim possível a recepção sem fio de sinais elétricos a distâncias bem maiores do que os experimentos de Hertz, sendo assim o primeiro responsável pela telegrafia sem fio. Em 1888, Heinrich Hertz gerou ondas elétricas utilizando-se de uma haste com um pequeno espaçamento que a dividia em dois, que ficou conhecida como a simples antena de dipolo. Aplicando-se alta tensão entre as duas metades, centelhas atravessavam o pequeno espaçamento gerando violentas oscilações de alta freqüência na região em torno do centelhamento. Hertz provou que estas ondas viajam no ar, ao captá-las com um circuito semelhante colocado a curta distância. O russo Alexander Popov foi o primeiro a utilizar-se de uma antena para recepção das ondas eletromagnéticas, além de desenvolver o coesor, com um pequeno motor capaz de remexer o dispositivo promovendo a descoesão das limalhas de ferro, fazendo-as retornar à situação original. Guglielmo Marconi utilizou-se de todas essas informações e experiências prévias para desenvolver o primeiro rádio da História. Paralelamente

a Marconi, um padre e engenheiro brasileiro, Roberto Landell de Moura, se serviu de mecanismos como a pilha, o arco voltaico, a campainha, o eletroímã e o manipulador de telégrafo Morse, entre outras tantas descobertas antes dele, para construir seu primeiro transmissor de ondas. Os inventos de Landell de Moura e Marconi tinham princípios diferentes. Enquanto Marconi trabalhou com a radiotelegrafia (transmissão de sinais de código morse sem fio), Landell de Moura experimentou a radiofonia (transmissão de sinais de voz), unindo transmissores de ondas luminosas e eletromagnéticas.

CONSTRUÇÃO DO EXPERIMENTO[3]

Foi montado um esquema simples que demonstra a existência do efeito. Num béquer foram colocados dois contatos metálicos, um de cada lado, e entre eles várias bolinhas de papel alumínio amassado (com cerca de 2 cm de diâmetro). Conectado aos contatos, há um circuito montado num protoboard, constituído de duas pilhas de 1,5V e um diodo LED, que acende se houver corrente elétrica passando no sistema.

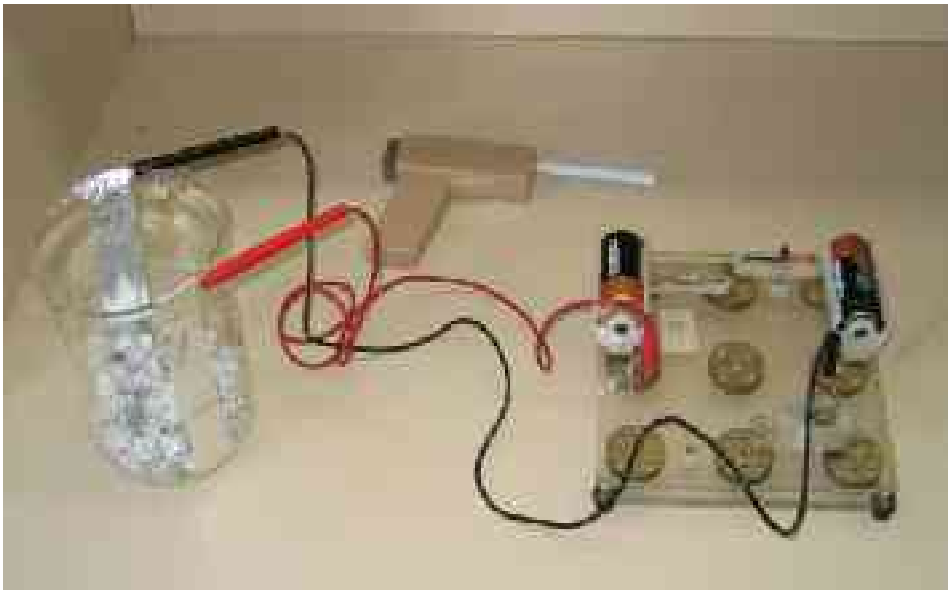
Montado esse esquema, foi testada primeiramente a parte eletrônica apenas, sem interferência do béquer contendo as bolinhas de alumínio. No começo, apesar de o circuito estar montado corretamente, o diodo não acendia, devido à existência de uma camada de óxido nos suportes das pilhas. Após limpá-los cuidadosamente com palhas de aço, e retirar os contatos com alicate para tirar o excesso de óxido, foi possível fazer passar corrente no circuito.



Corrigido este problema, partiu-se para a verificação do efeito Branly. Colocando os contatos dentro do béquer com as bolinhas de alumínio, uma pequena corrente apenas foi detectada, mostrando que havia uma certa resistência entre as bolinhas (que pode ser justificada pelo fato de haver bastante ar entre elas), mas quando apertamos o Magiclick® nas proximidades do béquer, o diodo atingia grande luminosidade, mostrando que a resistência no pacote de grânulos diminuía de alguma forma.

No entanto, o experimento ainda não estava a contento, pois o diodo acendia, ainda que fracamente, apenas com os grânulos dentro do béquer, sem estímulo externo algum. Além disso, apenas as ondas eletromagnéticas geradas na vizinhança mais próxima do sistema pareciam provocar uma alteração no seu comportamento, dando margem a uma interpretação de que algum fenômeno de contato poderia ser responsável pelo efeito, e não ondas eletromagnéticas. Se fosse disparado o Magiclick® embaixo da mesa, por exemplo, não se via ocorrer o fenômeno.

Assim, foram melhorados os contatos metálicos, de forma que as duas pequenas hastes não ficassem em contato direto com o meio granular. Em vez disso, os contatos foram presos fora do béquer através de duas tiras de folha de papel alumínio que, por sua vez, estão em contato com os grânulos, como ilustrado na figura abaixo:



Foi constatado também um pequeno problema com o Magiclick®, que tinha a parte interior (na qual deveria ser produzida a faísca desencadeante do fenômeno) pintada, atrapalhando a produção das faíscas, e fazendo com que o experimento funcionasse apenas em cerca de vinte por cento das vezes que era posto a funcionar. Com o auxílio de um estilete e uma tesoura afiada, foi feita uma raspagem no aparelho, e conseguiu-se assim uma melhora significativa das faíscas produzidas.

Feitas essas modificações, partimos para o experimento novamente, seguindo à risca o seguinte procedimento (um exemplo dos procedimentos pode ser visto no vídeo em anexo):

1) monta-se o esquema, e verifica-se que não há passagem de corrente elétrica pelo diodo;
2) após a certificação de que a resistência do meio granular é grande o suficiente para impedir a passagem de corrente sem estímulos externos, aperta-se uma vez o Magiclick® nas redondezas do sistema. Às vezes o circuito não passa a conduzir com apenas um disparo do Magiclick®; nesse caso, é necessário repetir o disparo;
3) verifica-se o acendimento imediato do diodo;
4) com uma pequena régua, batemos levemente na mesa de suporte para o experimento, procedimento que representa o distúrbio mecânico que restaura o sistema à sua condição inicial, até que o diodo se apague. É necessário bater a régua na mesa de uma a três vezes apenas;
5) recomeça-se o processo a partir do passo dois.

Desta vez conseguimos resultado muito superior ao encontrado anteriormente. O fenômeno pôde ser observado mesmo quando colocamos o Magiclick® embaixo da mesa, apontando diretamente para o béquer contendo as

bolinhas de alumínio. A direcionalidade do fenômeno indica que a causa do efeito Branly tem, aparentemente, um caráter corpuscular e consegue atravessar alguns centímetros de madeira.

Além disso, após encontrar uma boa disposição das bolinhas no béquer, de forma que apenas uma pequena batida com a régua na mesa faça o sistema retornar ao estado resistivo, a faísca é bem-sucedida em noventa por cento das as vezes em que a disparamos, porcentagem muito maior do que a de vinte por cento antes dos aperfeiçoamentos efetuados na montagem e disposição das peças componentes.

Uma das variáveis testadas no experimento foi o diâmetro das bolinhas. Foram usadas também bolinhas com a metade do diâmetro (cerca de 1 cm), em um copo menor, tipo americano. Essa configuração permitiu igualmente a realização satisfatória do experimento, mostrando que o tamanho das bolinhas não influi na fluidez do experimento.

Outra variável testada no experimento foi a distância máxima com que se conseguiu fazer o efeito observável. Esse quesito se mostrou limitante, pois ao disparar a faísca com o Magiclick® de uma distância maior que 20 cm, o efeito deixa de ocorrer. Isso pode ser explicado pela intensidade da onda eletromagnética produzida, que é devida a uma faísca pequena, feita por um aparelho simples, de fácil aquisição. Diferentemente do experimento original e de suas versões posteriores feitas em laboratório, nas quais esse campo foi gerado por bobinas que poderiam fabricar ondas muito mais potentes e de maior alcance.

PÚBLICO DIRECIONADO

O experimento é de simples verificação, podendo ser útil para públicos de todos os níveis escolares. Se apresentado para Ensino Fundamental, uma vez que não há ainda conhecimento do aluno para poder explicar-lhe o fenômeno propriamente dito, o apelo será, naturalmente, de mostrar que a ciência, principalmente à época da descoberta de Branly, se embasava em fatos experimentais, e a partir deles, parte-se para um modelo matemático adequado, usando rígidos critérios científicos. O interesse do aluno fundamental se desperta no momento que vê um estímulo externo mudando radicalmente a condição de um sistema, ainda que isso se dê apenas pelo acender e apagar de uma pequena luz emitida pelo diodo.

Ao Ensino Médio, pode-se iniciar uma explicação simples, falando em circuitos eletrônicos e meios resistivos, e mostrando que esses componentes podem ser modificados por um estímulo externo, tal qual uma onda eletromagnética, que provém de um simples acendedor de fogão. Isso certamente há de instigar as mentes mais curiosas, ainda mais quando lhes é dito que isso é vastamente utilizado para as telecomunicações, mas que o efeito de fato ainda não é compreendido totalmente, mesmo após mais de cem anos. O aluno deste nível já tem capacidade e discernimento para questionar sobre os aspectos físicos do sistema, e pensar em soluções para o problema.

Ao aluno de Ensino Superior, são inúmeras as possibilidades de exploração, podendo o experimento ser utilizado como forma de aproximar o

aluno a um efeito tão interessante e utilizado, mas pouco conhecido nos meios acadêmicos; pode ter analisados os vários fatores que influenciam na quantidade de resistência e de corrente que compõem o circuito, por meio de tabelas e gráficos, num processo de trabalho semi-empírico; pode ser utilizado em História da Ciência, recompondo o coesor que Branly montou, como seus sucessores o utilizaram para iniciar uma nova era de comunicações a distância, e quais as dificuldades que se encontram para explicar fenômeno tão interessante e utilizado, mas de causas desconhecidas (este inclusive foi mote para um projeto desta mesma disciplina, e está relacionado na referência 5 dos textos auxiliares).

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O FENÔMENO[4]

O Efeito Branly é conhecido há mais de cem anos pela comunidade científica, e ainda assim não há um consenso sobre as causas que levam ao fenômeno. Isso pode se dever ao fato de o efeito ter sido esquecido por muitas décadas, por conta de outras descobertas na área, vindo a ser retomado apenas nos anos sessenta.

Desde então, algumas hipóteses foram levantadas para explicá-lo. Ainda que a ciência esclareça como um circuito eletromagnético pode produzir e receber ondas eletromagnéticas, a dificuldade permanece, uma vez considerada a surpreendente alta sensibilidade do sistema a perturbações elétricas e mecânicas.

Sir Oliver Joseph Lodge teorizou que os grânulos metálicos estariam ligados pela ação das tensões que são induzidas pelas ondas eletromagnéticas. Os grânulos agiriam como dipolos e atrairiam uns aos outros por forças eletrostáticas, induzido-os a continuarem juntos, como numa cadeia condutora. Um choque seria o suficiente para quebrar essa cadeia frágil e fazer a resistência voltar ao seu valor usual. Branly não acreditava nessa hipótese, e então fez experimentos nos quais os grânulos ficavam imersos em resina ou em cera (dielétricos), de forma que a movimentação deles não fosse necessária para explicar o fenômeno. O efeito aconteceu igualmente, e essa hipótese foi descartada. Branly achava que as propriedades do dielétrico entre os grânulos eram parte importante da explicação.

Várias propostas foram feitas mais tarde. Em comum, todas elas supõem que a onda eletromagnética excita os elétrons das últimas camadas dos grânulos.

Uma delas prevê que esses elétrons livres têm energia suficiente para romper a camada oxidada que existe entre os grânulos.

Outra teoria prevê o tunelamento destes portadores de carga através da junção metal-óxido-metal.

Há ainda uma que assume que, inicialmente, poucos elétrons fluam entre os grânulos. Ao fluirem, estes elétrons criam uma corrente e, devido ao efeito Joule, dissipam calor; este calor liberado “solda” os grânulos, fazendo com que o meio não se comporte mais como um aglomerado de grânulos, mas sim como um fio condutor.

Existe ainda uma tentativa de explicar o fenômeno através de um processo global de percolação no meio granular. Neste caso, considera-se o elétron como uma partícula clássica, executando um passeio aleatório (random walk) entre os grânulos. Neste processo, o elétron se movimenta entre eles e é estabelecida então uma corrente entre os contatos.

O objetivo maior de se fazer esse interessante experimento é, portanto, trazer à tona um dos muitos problemas em Física que não foram completamente esclarecidos, incentivando aqueles que se interessarem pelo assunto a propor novas teorias, até que se chegue a um resultado satisfatório. É também mostrar àqueles que não têm ainda intimidade com a Física, que ela é uma ciência presente no cotidiano, fundamental para o desenvolvimento da tecnologia, e sem cujo aprofundado estudo não teríamos tantas comodidades como temos hoje. Que não se deixem assustar por muitas fórmulas, aparentemente incompreensíveis, e compreendam seu sentido real, que é ajudar a expressar e entender a natureza.

LISTA DE MATERIAIS UTILIZADOS

- béquer de um litro;
- copo tipo americano de 150 ml;
- dois contatos metálicos;
- tiras de papel alumínio;
- protoboard;
- 2 pilhas de 1,5V cada;
- diodo LED;
- bolinhas de papel alumínio;
- emissor de faíscas (ondas eletromagnéticas) Magiclick ®.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer Éric de Castro e Andrade, que ajudou na explicação das teorias propostas para o entendimento dos fenômenos, o apoio de Juliana Miyoshi, que montou e configurou o experimento juntamente com a autora, de forma que esse ficasse a contento, e também deixo meu agradecimento a David Dobrigkeit Chinellato, que ajudou a formatar e ajustar os relatórios, para que coubessem na descrição exigida pelo coordenador da disciplina.

REFERÊNCIAS

Textos principais

1) http://en.wikipedia.org/wiki/Edouard_Branly

2) http://chem.ch.huji.ac.il/~eugeniik/history/branly.html

3) Eric Falcon and Bernard Castaing. *Electrical Conductivity in granular media and Branly's coherer: A simple experiment*. Am. J. Phys., **73**, 302 (2005).

4) S. Dorbolo, M. Ausloos, and N. Vandewalle. *Reexamination of the Branly Effect*. Phys. Rev. E **67**, 040302(R) (2003).

Textos auxiliares

1) http://paginas.terra.com.br/arte/landell_de_moura/ressoa.htm

2) http://inventabrasilnet.t5.com.br/lande.htm

3) http://www.rlandell.hpg.ig.com.br/des_func_circ_landell.htm

4) http://www.bn.com.br/radios-antigos/radio.htm

5) http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2005/IgorA_Kleinke_RF1.pdf

6) http://en.wikipedia.org/wiki/Oliver_Lodge

7) http://en.wikipedia.org/wiki/Coherer