



Heinrich Hertz e as Ondas (I) *Heinrich Hertz and the Waves (I)*

Moisés Piedade,
Investigador INESC

As equações de James Maxwell, apresentadas em 1864, relacionam de forma integrada as várias descobertas da eletrostática e do eletromagnetismo. Com a inclusão, feita também por Maxwell, de uma nova equação que mostra que a corrente de deslocamento nos dielétricos também produz campo magnético, concluiu-se que os sinais elétricos se propagavam como ondas, nos fios e no vácuo. Esta conclusão teórica entusiasmou muitos cientistas, mas faltava a sua comprovação experimental.

The equations of James Maxwell, presented in 1864, relate in an integrated way the various discoveries of electrostatics and electromagnetism. With the inclusion, also done by Maxwell, of a new equation that shows that the displacement current in dielectrics also produces magnetic field, it was verified that the electrical signals propagated, in wires and in vacuum, as waves. This theoretical conclusion excited many scientists, despite the lack of experimental evidence.

O primeiro emissor e detetor de rádio

Para o desenvolvimento da investigação nas ondas eletromagnéticas foi fundamental a bobina de indução. Esta foi inventada por Nicholas Callan em 1836, tendo sido aperfeiçoada por outros investigadores, nomeadamente por Heinrich Rumkorff, que a patenteou em 1851. Rumkorff tornou-se mundialmente conhecido pelas faíscas elétricas gigantes que criava e, em 1858, recebeu das mãos de Napoleão III o primeiro "Volta Prize" pelas suas contribuições na eletrotécnica. O arco elétrico, ou faísca elétrica, tem um comportamento de resistência incremental negativa (depois da disrupção do ar, quando a tensão baixa e a corrente aumenta). Este funcionamento potencia a geração de oscilações amortecidas em circuitos elétricos, tendo constituído até 1916 a principal fonte potente de rádio frequência.

The first radio transmitter and detector

The induction coil was fundamental for the development of electromagnetic wave research; it was invented by Nicholas Callan in 1836 and improved by other researchers, namely Heinrich Rumkorff, who patented it in 1851. Rumkorff became world-renowned for the giant electric sparks he created and, in 1858, received from Napoleon III the first "Volta Prize" for his contributions to electrical engineering. The electric arc, or electric spark, has a negative incremental resistance behavior (after the disruption of the air, when the voltage drops and the current increases). This operation enhances the generation of damped oscillations in electrical circuits, which until 1916 was the main powerful source of radio frequency.

Em 1879, o anglo-estadunidense David Hughes fez as primeiras experiências com ondas eletromagnéticas. Hughes foi o inventor do microfone de carbono em 1878 e fez transmissão de sinais à distância de 450 metros, usando um mecanismo de relojoaria que periodicamente interrompia a corrente numa bobina de indução, gerando uma faísca elétrica. Ouvia num auscultador a perturbação resultante desta faísca, detetada num microfone de carbono colocado à distância. Hughes apresentou estes resultados na Academia de Ciências de Londres, em 1879, mas os cientistas presentes consideraram que eram fenómenos de indução eletromagnética, o que não convenceu Hughes.

In 1879, the Anglo-American David Hughes did the first experiments with electromagnetic waves. Hughes was the inventor of the carbon microphone in 1878 and made signal transmission at a distance of 450 meters; he used a clock mechanism, which periodically interrupted the current in an induction coil, generating an electric spark. The disturbance resulting from this spark was heard in a headphone and detected in a carbon microphone placed in the vicinity. Hughes presented these results at the London Academy of Sciences in 1879, but the scientists there considered them to be phenomena of electromagnetic induction, which did not convince Hughes.



Em 1883, na presença de William Thomson (Lord Kelvin), G. Fitzgerald, um crente na teoria de James Maxwell, apresentou um método teórico para gerar ondas eletromagnéticas com o comprimento de onda de 2 metros (150 MHz).

In 1883, in the presence of William Thomson (Lord Kelvin), G. Fitzgerald, who believed in James Maxwell's theory, presented a theoretical method for generating electromagnetic waves with a wavelength of 2 meters (150 MHz).

Hermann Helmholtz, professor na universidade de Berlim desde 1871, autor de muitas inovações, entre as quais o ressonador acústico, o princípio da conservação da energia e as bobinas de Helmholtz, para criar um campo quase uniforme no seu interior, foi dos primeiros cientistas alemães a dar crédito aos trabalhos de Faraday e de Maxwell.

Hermann Helmholtz was one of the first German scientists to give credit to the works of Faraday and Maxwell. He was a professor at Berlin University since 1871 and author of many innovations, including the acoustic resonator, the principle of energy conservation, and the Helmholtz coils to create an almost uniform field inside.

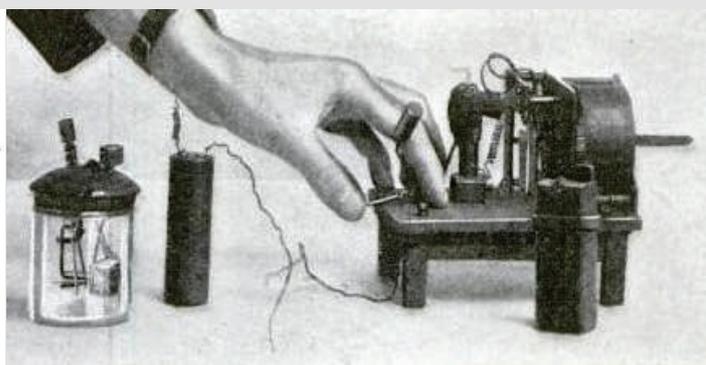
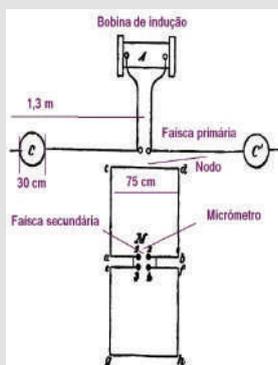
Heinrich Hertz foi educado com uma formação polivalente, nomeadamente na área da fabricação experimental de objetos, que lhe viria a ser extremamente útil nas suas engenhosas experiências. Foi para Berlim estudar engenharia, mas ao fim de um ano desistiu e formou-se em física, tendo aperfeiçoado muito os seus conhecimentos de matemática avançada e de física. Em 1879, Hertz, com 22 anos, aceitou uma bolsa do Instituto de Física de Berlim, sob orientação de Hermann Helmholtz, para procurar a relação existente entre a polarização dielétrica de vários materiais isoladores e as forças eletromagnéticas. Hertz teve acesso aos laboratórios de Helmholtz, onde desenvolveria a sua atividade e o trabalho de doutoramento, que terminou em 1880, na

Universidade de Berlim. Manteve-se nesta escola até 1883, como pós-doc e assistente de Helmholtz. Foi professor de física na Universidade de Kiel até 1885, ano em que se tornou professor na Universidade de Karlsruhe. Em 1889, depois das suas maiores descobertas, tornou-se professor de física na Universidade de Bona.

Heinrich Hertz was educated with a multi-purpose background, namely in the area of experimental object manufacture, which would be extremely useful to him in his ingenious experiments. He went to Berlin to study engineering, but after a year he gave up and graduated in physics, having greatly improved his knowledge of advanced mathematics and physics. In 1879, when he was 22, he took a grant at the Berlin Institute of Physics, under the guidance of Hermann Helmholtz; he looked for the relationship between the dielectric polarization of various insulator materials and the electromagnetic forces. Hertz had access to Helmholtz's laboratories, where he developed his activity and his doctoral work, which he finished in 1880 at the University of Berlin. He stayed there till 1883 as a post-doctor and Helmholtz's assistant. He taught physics at the University of Kiel till 1885, when he became a professor at the University of Karlsruhe. In 1889, after his greatest discoveries, he became a professor of physics at the University of Bonn.

A geração de oscilações de rádio frequência

Em 1886, em Karlsruhe, Hertz usava as bobinas espirais acopladas de Peter Riess em demonstrações nas suas aulas de física. Estas bobinas correspondiam a 2 anéis metálicos abertos, com igual diâmetro, terminados em pequenas esferas metálicas, cuja distância podia ser ajustada por um parafuso micrométrico. Hertz verificou que era relativamente fácil gerar uma faísca num anel (primário) à custa de uma bobina de indução e observar uma réplica no outro anel (secundário), supostamente por efeito de indução eletromagnética. Hertz concluiu rapidamente que não se tratava de um efeito de indução, uma vez que o afastamento



progressivo dos dois anéis não seguia a lei de decréscimo da indução eletromagnética. Chegou a notar faíscas com o anel secundário colocado a 12 m do anel primário. Além do mais, notou a existência de nodos de potencial nulo no anel recetor e verificou que a colocação de dielétricos junto das esferas do anel secundário podia aumentar ou diminuir o tamanho da faísca mas não tinha qualquer efeito junto do nodo. Através da medida da separação entre as esferas do anel secundário, pode assim calcular-se a diferença de potencial, recorrendo às leis experimentais de Friederch Paschen sobre a disrupção dielétrica. Nessa altura, Hertz só dispunha deste instrumento para determinar diferenças de potencial elevadas e detetar a presença das "futuras" ondas de rádio. Este foi o detetor de ondas de rádio usado em todas as suas experiências.

The generation of radio frequency oscillations

In 1886, in Karlsruhe, Hertz used Peter Riess' coupled spiral coils in demonstrations in his physics classes. These coils corresponded to 2 open metallic rings of equal diameter, finished in small metallic balls, whose distance could be adjusted by a micrometric screw. Hertz found that it was relatively easy to generate a spark in one ring (primary) at the expense of an induction coil and observe a replica in the other ring (secondary), supposedly due to the effect of electromagnetic induction. Hertz quickly concluded that it was not an induction effect, since the progressive distance between the two rings did not follow the law of electromagnetic induction decrease. He even noticed sparks with the secondary ring placed 12 m from the primary ring. Furthermore, he noticed the existence of null potential nodes in the receiving ring and verified that the inclusion of dielectrics near the spheres of the secondary ring could increase or decrease the size of the spark, but had no effect near the node. By measuring the separation between the balls of the secondary ring, the potential difference can thus be calculated using the experimental laws of Friederch Paschen related to the dielectric disruption. At that time, Hertz only had this instrument to determine high potential

differences and to detect the presence of the "future" radio waves. This was the radio wave detector used in all his experiments.

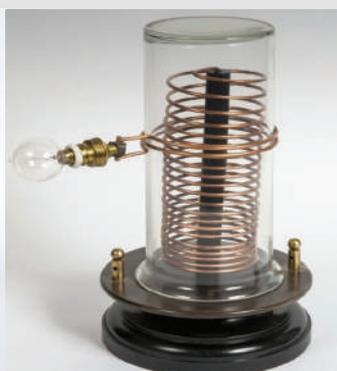
Apesar de desconhecer o método proposto anteriormente por G. Fitzgerald para gerar perturbações eletromagnéticas, Hertz usou um método semelhante e produziu oscilações eletromagnéticas com frequências muito elevadas (até cerca de 1,3 GHz). Teve sempre de adaptar o seu detetor de oscilações ao comprimento de onda a usar, de modo a este ser ressonante.

Although he did not know the method previously proposed by G. Fitzgerald to generate electromagnetic disturbances, Hertz used a similar method and produced electromagnetic oscillations with very high frequencies (up to about 1.3 GHz). He had to keep adapting his oscillation detector to the wavelength to be used, in order to make it resonant.

Hertz fez meticolosas experiências com materiais condutores e isoladores que mostraram que ambos os materiais poderiam influenciar a existência, ou não, de máximos e mínimos de potencial e de correntes ao longo dos condutores. As observações concordaram em pleno com a teoria de Maxwell, que previa a existência de uma propagação por ondas. Foi deste modo comprovada a teoria por via experimental.

Hertz meticulously experimented with conductive and insulating materials that showed that both materials could influence the existence, or not, of potential or current maxima and minima along the conductors. The observations fully agreed with Maxwell's theory, which predicted the existence of wave propagation. The theory was thus experimentally evidenced.

Uma experiência fundamental realizada por Hertz foi a da ressonância de circuitos eletricamente separados, que não podia ser simplesmente explicada como um fenómeno de indução eletromagnética. Pode encontrar-se uma réplica no Museu Faraday.



A fundamental experiment performed by Hertz was the resonance of electrically separated circuits, which could not be simply explained as an electromagnetic induction phenomenon. A replica can be found in the IST Faraday Museum.

Nos 2 condutores elétricos com 1,3 m de comprimento, Hertz pôde deslizar 2 esferas metálicas e observar as condições de afastamento das esferas, de modo a que a faísca primária originasse uma faísca secundária com amplitude máxima. Verificou que as presenças de objetos metálicos ou dielétricos não tinham qualquer efeito junto dos nodos mas tinham um efeito muito pronunciado na vizinhança do micrómetro de Riess. Este facto fez supor que o condutor não era equipotencial e que localizados ao longo do seu comprimento havia máximos e mínimos de potencial.

In the 2 electric conductors with 1.3 m length, Hertz was able to slide 2 metallic balls and observe the distance conditions of the balls, so that the primary spark originated a secondary spark with maximum amplitude. He verified that the presence of metallic or dielectric objects had no effect near the nodes but had a very pronounced effect in the vicinity of the Riess micrometer. This led to the assumption that the conductor was not equipotential and that there were potential maxima and minima located along its length.

Hertz tirou três conclusões fundamentais das observações efetuadas: 1- As alterações na polarização de dielétricos produzem campos magnéticos equivalentes aos produzidos por

correntes nos condutores; 2- Os dielétricos podem ser polarizados, quer por forças eletrostáticas, quer por forças eletromagnéticas; 3 – O ar e o espaço livre comportam-se como dielétricos normais. Estas três observações experimentais eram previstas na teoria de Maxwell e foram importantes nas futuras experiências de Hertz.

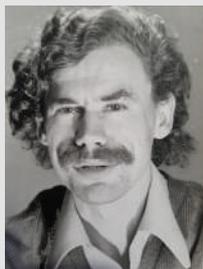
Hertz drew three fundamental conclusions from his observations: 1- Changes in dielectric polarization give rise to magnetic fields equivalent to those produced by currents in conductors; 2- Dielectrics can be polarized either by electrostatic or electromagnetic forces; 3- Air and free space behave as normal dielectrics. These three experimental observations were predicted in Maxwell's theory and were important in Hertz's future experiments.

Para verificar se a luz emitida pela faísca elétrica tinha influência nas oscilações, Hertz realizou experiências que lhe permitiram descobrir o efeito fotoelétrico, em 1887. Este efeito já tinha sido observado por Alexandre Bequerel em 1839, mas só foi esclarecido em 1905 por Albert Einstein (prémio Nobel da Física).

To verify whether the light emitted by the electric spark had an influence on oscillations, Hertz conducted experiments that allowed him to discover the photoelectric effect in 1887. This effect had already been observed by Alexandre Bequerel in 1839, but was only clarified in 1905 by Albert Einstein (Nobel Prize in Physics).

(Continua no próximo Faraday News)
(To be continued in the next issue)





Heinrich Hertz e as Ondas II

Heinrich Hertz and the Waves II

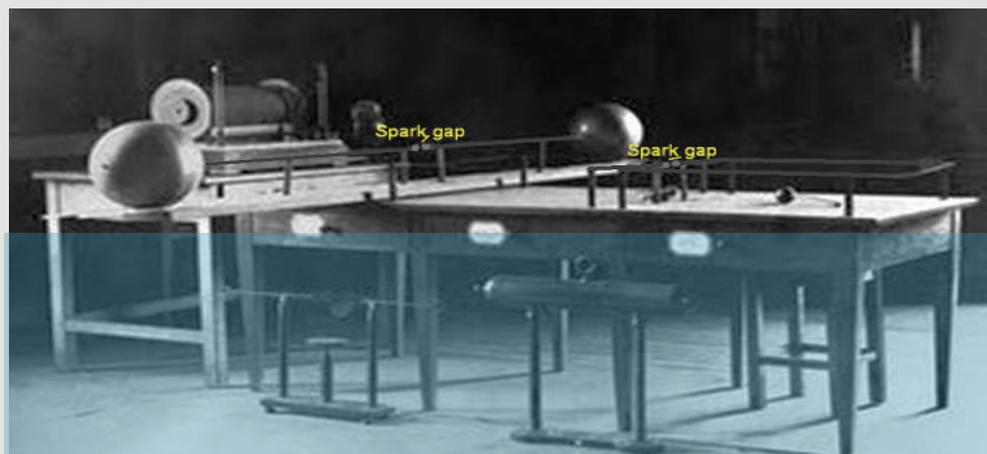
Hertz nas suas observações fez várias experiências com um emissor de ondas baseado nas propriedades do arco elétrico: como refere nos seus artigos, faíscas geradas num pequeno espaço entre esferas ("spark gap") do circuito primário originavam também faíscas no "spark gap" do detetor de ondas no circuito secundário. Verificou que com a incidência sobre as esferas de luz ultravioleta, obtida por separação do espectro de luz normal através de um prisma, a dimensão das faíscas se alterava, embora não ocorresse esse fenómeno com luz de outros comprimentos de onda. Hertz descobriu, assim, que a luz ultravioleta facilitava o mecanismo de geração de faíscas; hoje sabe-se que a luz ultravioleta consegue arrancar eletrões aos metais e isso facilita o início da disrupção elétrica do ar e a geração da faísca elétrica.

In his observations, Hertz made several experiments with a wave emitter based on the properties of an abrupt electrical discharge: as mentioned in his articles, electric sparks generated in a small space between spheres ("spark gap") of the primary circuit also originate sparks in the "spark gap" of the wave detector in the secondary circuit. He verified that with the incidence of ultraviolet light, obtained by separating the spectrum of normal light through a prism, on the spheres, the size of the sparks changed, although this phenomenon did not occur with light of other wavelengths. Hertz thus discovered that ultraviolet light facilitated the mechanism of spark generation; today it is known that ultraviolet light is able to extract electrons from metals and this facilitates the beginning of the electrical disruption of the air and the generation of the electrical spark.

Hertz tinha assim descoberto o efeito fotoelétrico, que foi confirmado, mais tarde, em 1905, por uma teoria desenvolvida por Einstein, quando este tinha apenas 26 anos. Einstein, o pai da Teoria da Relatividade, haveria de ser Prémio Nobel em 1922, ainda com 43 anos, essencialmente pelo seu trabalho no efeito fotoelétrico, como esclareceu o Júri do Nobel da Física desse ano "for his work on theoretical physics, especially for his discovery of the law of the photoelectric effect".

Hertz had thus discovered the photoelectric effect, which was later confirmed in 1905 by a theory developed by Einstein, when Einstein was only 26 years old. Einstein, the father of the Theory of Relativity, was awarded the Nobel Prize in 1922, essentially for his work on the photoelectric effect, as the Nobel Jury of the Physics Prize of that year clarified: "for his work on theoretical physics, especially for his discovery of the law of the photoelectric effect".

Com o sistema de esferas deslizantes sobre o condutor central, Hertz conseguiu obter posições que maximizavam a amplitude das faíscas obtidas no circuito secundário (detetor), ou seja, colocava os dois circuitos em condições de ressonância na mesma frequência. Afastando o detetor do circuito primário e mudando a sua orientação, Hertz conseguiu detetar comportamentos diferentes do detetor, concluindo que havia dois tipos de campos radiados: um que se atenuava com d^3 , junto ao emissor, e outro, ortogonal, que se atenuava com d^2 , nas regiões mais afastadas. Hoje sabemos que se trata do campo próximo e do campo distante que um radiador eletromagnético sempre gera.



With the sliding ball system on the central conductor, Hertz was able to determine positions that maximized the spark amplitude obtained in the secondary circuit (detector), i.e., he reached the resonance conditions at the same frequency in both circuits. By moving the detector away from the primary circuit and changing its orientation, Hertz was able to detect different behaviors of the detector, concluding that there were two types of radiated fields: one that attenuated with d^3 , next to the emitter, and the other, orthogonal, that attenuated with d^2 , in the farthest regions. Today we know that this is the near and the far fields that an electromagnetic radiator always generates.

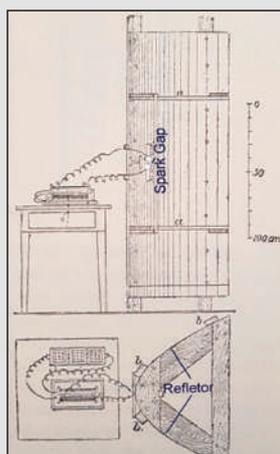
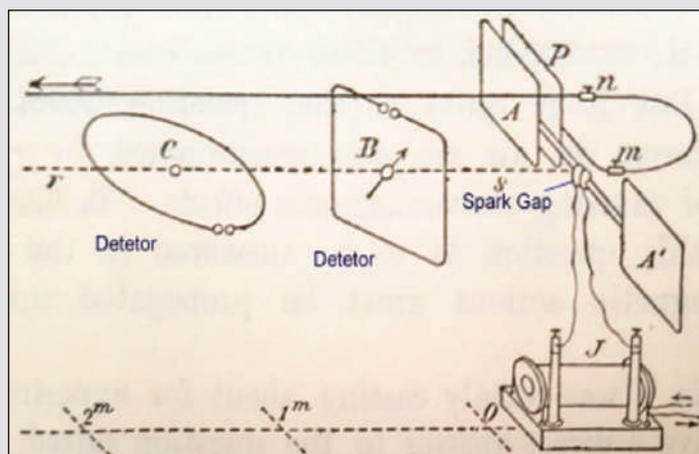
Hertz fez uma experiência que viria a ser fundamental para chegar à conclusão da existência das ondas eletromagnéticas. Colocou uma placa metálica com cerca de 4 m por 2 m na parede do laboratório, a cerca de 12 m do emissor. Se houvesse ondas, elas refletir-se-iam na chapa metálica e iriam interferir com as novas ondas que caminhavam para a parede. E assim foi. Detetou a sobreposição dos dois tipos de ondas com a detecção de máximos e mínimos de energia, manifestada na dimensão das faíscas do detetor em diferentes locais da sala. Mediu a distância, cerca de 4,2 m, entre máximos. Como conhecia a frequência do sinal (140 MHz), tendo em conta o valor do comprimento de onda λ -dado por metade do valor da distância entre máximos - estimou uma velocidade de propagação de cerca de 300 000 km/s, tal como aconteceria com a luz coerente. Foi aqui que verdadeiramente confirmou a teoria de James Maxwell.

Hertz made an experiment that was fundamental to demonstrate the existence of electromagnetic waves. He placed a metal plate of about 4 m by 2 m on the wall of the laboratory, 12 m away from the emitter. If there were waves, they would reflect on the metal plate and would interfere with the new waves that walked towards the wall. And so it was. It detected the overlapping of the two types of waves with the detection of maximum and minimum energy, manifested in the size of the detector sparks at

different locations in the room. It measured the distance, about 4.2 m, between maximums. Knowing the signal frequency (140 MHz), and taking into account the wavelength value, given by half of the distance between maximums, Hertz estimated the propagation velocity of about 300 000 km/s, as would be the case with coherent light. With that, James Maxwell's theory was confirmed.

Numa outra experiência, Hertz procurou determinar a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas num condutor. Colocou a placa P por detrás da placa A ligada a um condutor retilíneo e verificou que neste condutor (às vezes com extremidade ligada à Terra, outras sem nada ligado - em vazio) também havia máximos consecutivos detetados pelos seus detetores em diferentes posições do fio. Mediu a distância entre dois máximos consecutivos e, para sua surpresa, detetou uma distância menor ($2,8m=2 \lambda$) da que era observada nas ondas no ar, o que só poderia ser explicado por uma velocidade de propagação no fio menor do que a velocidade no ar. Calculou esta velocidade e obteve o valor de cerca de 200 000 km/s, tendo verificado que o seu valor não variava muito com: (i) o tipo de fio usado, inclusivamente com a utilização de materiais magnéticos; (ii) o diâmetro do fio. Hertz provou deste modo que para altas frequências o facto de o fio ser magnético não tinha importância.

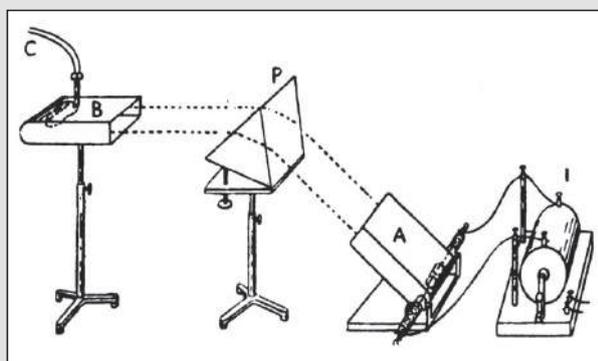
In another experiment, Hertz sought to determine the speed at which electromagnetic waves spread in a conductor. He placed the P-plate behind the A-plate connected to a rectilinear conductor and found that in this conductor (sometimes with an end connected to the earth, others with nothing connected - in vacuum) there were also consecutive maximums detected by his detectors in different positions of the wire. He measured the distance between two consecutive maxima and, to his surprise, detected a smaller distance ($2.8m=2 \lambda$) than the one observed in the air, which could only be explained by a speed of propagation in the wire lower than the speed in the



air. He calculated this speed and obtained the value of about 200 000 km/s. He found that this speed did not vary much with: (i) the type of wire used, including the use of magnetic materials; (ii) the diameter of the wire. Hertz thus proved that for high frequencies the fact that the wire was magnetic was irrelevant.

Entusiasmado com este resultado, Hertz verificou que o campo radiado pelo fio também interferia com o campo radiado pelas placas A A', mas que neste caso os máximos do campo total estavam espacialmente mais afastados (cerca de 7,5 m). Verificou que teria de ser assim devido à sobreposição de ondas de comprimentos de onda diferentes. Nesta experiência Hertz confirmou o ponto de vista de Faraday que admitia que os campos tinham existência própria e não eram uma propriedade dos objetos. Conclusão que tinha sido contestada por muitos cientistas.

Enthusiastic about this result, Hertz found that the field radiated by the wire also interfered with the field radiated by the A A' plates, but that in this case the maximums of the total field were spatially further apart (about 7.5 m). He found that this would be a consequence of the overlapping related to waves of different wavelengths. In this experiment Hertz confirmed Faraday's interpretation that admits that fields had their own existence and were not a property of objects. A conclusion that had been contested by many scientists.



Em 1888, Hertz estudou e fez experiências realçando a existência de diversos tipos de polarização das ondas eletromagnéticas e os efeitos da transmissão, da difração, da reflexão e da refração destas ondas em diferentes materiais. Hertz construiu refletores parabólicos de madeira mas com metais refletores para ver se as ondas se podiam concentrar, como acontece com a luz num espelho parabólico. Construiu prismas gigantes de cera para ver se estes também

refratavam as ondas tal como o prisma de vidro faz com a luz. Hertz conseguiu, assim, provar experimentalmente que o comportamento das ondas eletromagnéticas era análogo ao da luz.

In 1888, Hertz studied and made experiments that emphasized the existence of various types of polarization in electromagnetic waves and the effects of transmission, diffraction, reflection and refraction of these waves in different materials. Hertz built parabolic reflectors made of wood but with reflective metals to see if the waves would concentrate, as it happens with light in a parabolic mirror. He built giant wax prisms to see if these also refracted the waves just like the glass prism does with light. Hertz was able to experimentally prove that the behavior of electromagnetic waves was analogous to that of light.

O Professor Ambrose Fleming, inventor do díodo de vácuo, repetiu estas experiências descritas por Hertz e obteve as mesmas conclusões: as ondas eletromagnéticas comportam-se como a luz.

Professor Ambrose Fleming, inventor of the vacuum diode, repeated these experiments described by Hertz and reached to the same conclusions: electromagnetic waves behave like light.

Nos seus últimos trabalhos Hertz desenvolveu a teoria dos fenómenos eletromagnéticos para corpos em movimento, sujeito a algumas hipóteses limitativas, mas este assunto só viria a ser completamente resolvido, mais tarde, por Einstein.

In his latest works, Hertz developed the theory of electromagnetic phenomena for bodies in motion, subject to some limiting hypotheses, but this subject would only be completely resolved later, by Einstein.

Depois de estabelecer a ligação entre eletricidade e magnetismo uns anos antes, Faraday convicto de que na natureza estava tudo ligado, procurou também descobrir a ligação existente com a gravidade. Fez muitas experiências eletromecânicas mas não dispunha de instrumentos que permitissem tirar alguma conclusão sobre a existência dessa ligação.

After establishing the connection between electricity and magnetism a few years earlier, Faraday, convinced that in nature everything was connected, also tried to discover the connection with gravity. He did many electromechanical experiments, but he had no tools at his disposal to draw any conclusions about the existence of this connection.

A gravidade está relacionada com interações de matéria entre massas macroscópicas, enquanto o eletromagnetismo está relacionado com o movimento de partículas de carga extremamente pequenas. Hoje em dia está confirmado que há ondas gravitacionais que têm comprimentos de onda gigantesco (com espectro mais significativo na gama de comprimentos de onda de 10^9 km a 10^{21} km) e aceita-se que a distância mínima no universo é o comprimento de Planck (cerca de $1,6 \times 10^{-35}$ m). Mas está ainda por descobrir se existe uma relação mensurável, entre domínios de dimensões tão diferentes como os associados ao campo gravítico e ao campo eletromagnético, muito embora haja várias teorias a estabelecer esta ligação.

Gravity is related to matter interactions between macroscopic masses, while electromagnetism is related to the movement of extremely small charged particles. Today it is confirmed that there are gravitational waves that have gigantic wavelengths (with the most significant spectrum in the wavelength range of 10^9 km to 10^{21} km) and it is accepted that the minimum distance in the universe is the Planck's (about 1.6×10^{-35} m). But it remains to be seen whether there is a measurable relationship between domains of such different dimensions as those associated with the gravitational field and the electromagnetic field. Although there are several theories to establish this link.

Relativamente às ondas eletromagnéticas, Hertz descrevia, muitas vezes, aos seus alunos e também a outros cientistas, as propriedades muito interessantes das ondas eletromagnéticas que tinha descoberto. Quase sempre os seus interlocutores perguntavam: "para que serve isto tudo?". Ao que Hertz invariavelmente respondia, "I do not think that the radio waves that I have discovered will have any practical application". Aqui está uma ideia em que Hertz estava completamente errado. Morreu em 1894, com apenas 37 anos, sem poder apreciar o impacto que os seus trabalhos tiveram no desenvolvimento das radiocomunicações que nessa altura estavam a iniciar-se.

Regarding electromagnetic waves, Hertz often described the very interesting properties of the electromagnetic waves he had discovered, to his students and also to other scientists. Very often his interlocutors asked: "What is all this for?". To which Hertz invariably replied, "I do not think that the radio waves that I have discovered will have any practical application". Here's an idea where Hertz was completely wrong. He died in 1894 at the age of 37, unable to appreciate the impact his work had on the development of the radio communications that were just beginning.

No Museu Faraday pode encontrar a experiência de Hertz e a sua aplicação num recetor de rádio constituído por uma antena dipolo de Hertz e um detetor de rádio baseado no coesor de Branly, bastante mais sensível do que o anel de Hertz. Este recetor é uma réplica do que permitiu a Marconi fazer a primeira comunicação transatlântica de sinais de rádio.

At the Faraday Museum you can find Hertz's experience and its application in a radio receiver consisting of a Hertz dipole antenna and a radio detector based on Branly's cohesor, much more sensitive than the Hertz's ring. This receiver is a replica of what enabled Marconi to make the first transatlantic communication of radio signals.

Este trabalho foi baseado no livro de Heinrich Hertz "Electric Waves, publicado em 1893 pela Macmillan and Company e que foi exatamente reproduzido pela editora Dover Publications Inc. em 1962.

This work was based on Heinrich Hertz's book "Electric Waves," published in 1893 by Macmillan and Company and exactly reproduced by Dover Publications Inc. in 1962.



Recetor de Marconi