

MUSEU VIRTUAL DE CIÊNCIAS

VOLUME 2:
HISTÓRIA DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

BRUNA MESQUITA THIAGO
RENATO MASSAHARU HASSUNUMA
PATRÍCIA CARVALHO GARCIA
MICHELE JANEZITZ ACORCI-VALÉRIO
MARJORIE DE ASSIS GOLIM
SANDRA HELOÍSA NUNES MESSIAS

canal6 editora



MUSEU VIRTUAL DE CIÊNCIAS

**VOLUME 2:
HISTÓRIA DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA**

Bruna Mesquita Thiago

Aluna de Graduação do Curso de Biomedicina da
Universidade Paulista - UNIP, Câmpus Bauru

Renato Massaharu Hassunuma

Professor Titular do Curso de Biomedicina da
Universidade Paulista - UNIP, Câmpus Bauru

Patrícia Carvalho Garcia

Coordenadora Auxiliar do Curso de Biomedicina da
Universidade Paulista - UNIP, Câmpus Bauru

Prof.^a Dr.^a Michele Janegitz Acorci-Valério

Professora Titular do Curso de Biomedicina da
Universidade Paulista - UNIP, Câmpus Bauru

Prof.^a Dr.^a Marjorie de Assis Golim

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP
Câmpus Botucatu

Sandra Heloísa Nunes Messias

Coordenadora Geral do Curso de Biomedicina da
Universidade Paulista - UNIP

1^a Edição / 2023

Bauru, SP

canal6 editora

CONSELHO EDITORIAL

BIOMÉDICA ESP.^ª EMILY THALIA TEIXEIRA DA SILVA

Especialista em Inovações Diagnósticas e Terapêuticas: subárea Biologia Molecular
pelo Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, Câmpus Botucatu.

ENF. ESP. FÁBIO APARECIDO DA SILVA

Especialista em Enfermagem em UTI Neonatal, Ginecologia e Obstetrícia pela
Faculdade de São Marcos – FACSM

CAPA E DESIGN

PROF. DR. RENATO MASSAHARU HASSUNUMA

Catalogação na Publicação (CIP)
(BENITEZ Catalogação Ass. Editorial, MS, Brasil)

M974 Museu virtual de ciências : história da ressonância magnética : volume 2
[livro eletrônico] / Bruno Mesquita Thiago...[et al]. – 1.ed. – Bauru, SP :
Canal 6 Editora, 2023. – (Museu virtual de ciências ; 2)
PDF.

Outros autores : Renato Massaharu Hassunuma, Patrícia Carvalho
Garcia, Michele Janegitz Acorci-Valério, Marjorie de Assis Golim, Sandra
Heloísa Nunes Messias.

Bibliografia.

ISBN 978-85-7917-598-5

DOI 10.52050/9788579175985

1. Imagem de ressonância magnética. 2. Ressonância magnética –
Equipamentos analíticos. 3. Ressonância – História. 4. Ressonância
magnética – Técnicas e equipamentos. I. Hassunuma, Renato Massaharu.
II. Garcia, Patrícia Carvalho III. Acorci-Valério, Michele Janegitz. IV. Marjorie
de Assis Golim IV. Messias, Sandra Heloísa Nunes. V. Série

01-2023/08

CDD: 616.07548

Índice para catálogo sistemático:

I. Ressonância magnética : Técnicas : Ciências médicas 616.07548

Bibliotecária : Aline Grazielle Benitez CRB-1/3129

AGRADECIMENTOS

Pelas valiosas correções e contribuições na revisão deste material, agradecemos a BIOMÉDICA ESP.^a EMILY THALIA TEIXEIRA DA SILVA e o ENF. ESP. FÁBIO APARECIDO DA SILVA.

BRUNA MESQUITA THIAGO
PROF. DR. RENATO MASSAHARU HASSUNUMA
PROF.^a DR.^a PATRÍCIA CARVALHO GARCIA
PROF.^a DR.^a MICHELE JANEGITZ ACORCI-VALÉRIO
PROF.^a DR.^a MARJORIE DE ASSIS GOLIM
PROF.^a DR.^a SANDRA HELOÍSA NUNES MESSIAS

APRESENTAÇÃO

Este livro é parte dos resultados do Projeto de Iniciação Científica A História dos Exames por Imagem: Produção de quatro livros digitais para o ensino de Imagenologia, desenvolvido pelos alunos Bruna Mesquita Thiago e Thiago Sônego do Curso de Biomedicina da Universidade Paulista - UNIP, Câmpus Bauru, sob orientação do Prof. Dr. Renato Massaharu Hassunuma, professor titular do Curso de Biomedicina da UNIP - Bauru.

Esta obra também é uma produção científica do GP15 - Grupo de Pesquisa em Informática em Saúde. Para mais informações sobre esta publicação e outras do GP15, acesse o Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil Lattes/CNPq, disponível no link: <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/5285181734512763>.

BRUNA MESQUITA THIAGO
PROF. DR. RENATO MASSAHARU HASSUNUMA
PROF.^ª DR.^ª PATRÍCIA CARVALHO GARCIA
PROF.^ª DR.^ª MICHELE JANEGITZ ACORCI-VALÉRIO
PROF.^ª DR.^ª MARJORIE DE ASSIS GOLIM
PROF.^ª DR.^ª SANDRA HELOÍSA NUNES MESSIAS

OLÁ, SEJAM BEM VINDOS AO MUSEU VIRTUAL DE CIÊNCIAS!

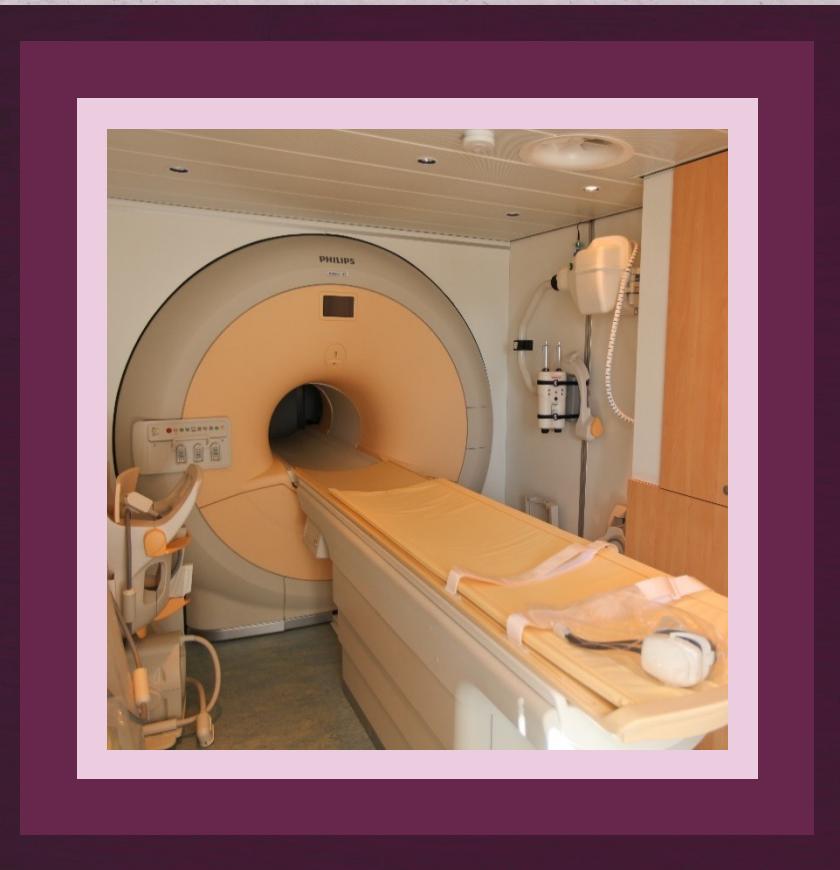
NESTE SEGUNDO PASSEIO, IREMOS CONHECER AS PRINCIPAIS DESCOBERTAS DA HISTÓRIA DO EQUIPAMENTO DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA.

NESTES QUADROS, VOCÊS IRÃO ENCONTRAR ALGUNS DESENHOS E FOTOGRAFIAS.

6

**AQUI, LOGO ABAIXO DAS FIGURAS,
VOCÊS ENCONTRARÃO AS LEGENDAS DAS FIGURAS.**

Neste quadro inferior, vocês encontrarão um breve texto com informações sobre as principais descobertas que fizeram parte da história da ressonância magnética.



FIGURAS 1 E 2
MODELOS DE EQUIPAMENTOS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Neste passeio virtual, iremos conhecer as principais descobertas relacionadas aos equipamentos de ressonância magnética, que vocês podem observar nas Figuras 1 e 2.

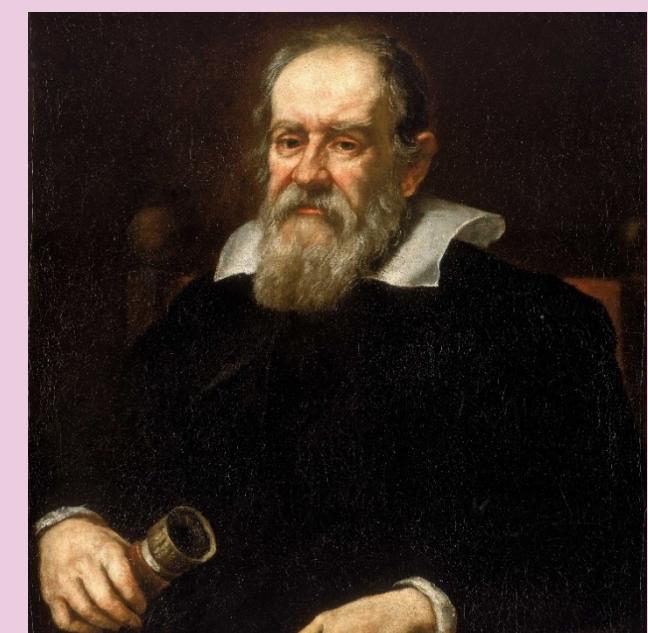


FIGURA 3
GALILEO GALILEI

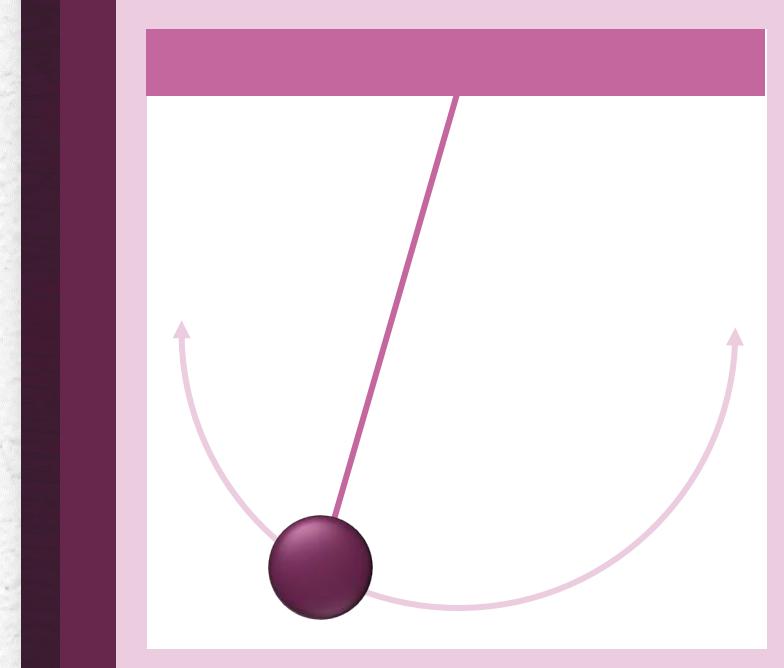


FIGURA 4
PÊNDULO

Esta história começa em 1602, quando o astrônomo, físico e engenheiro italiano, Galileo di Vincenzo Bonaulti de Galilei (Figura 3) (Galileo, 2021), descobriu o fenômeno físico denominado ressonância, a partir de suas pesquisas com pêndulos (Figura 4) (Buchanan, 2019; Pendulum, 2021).

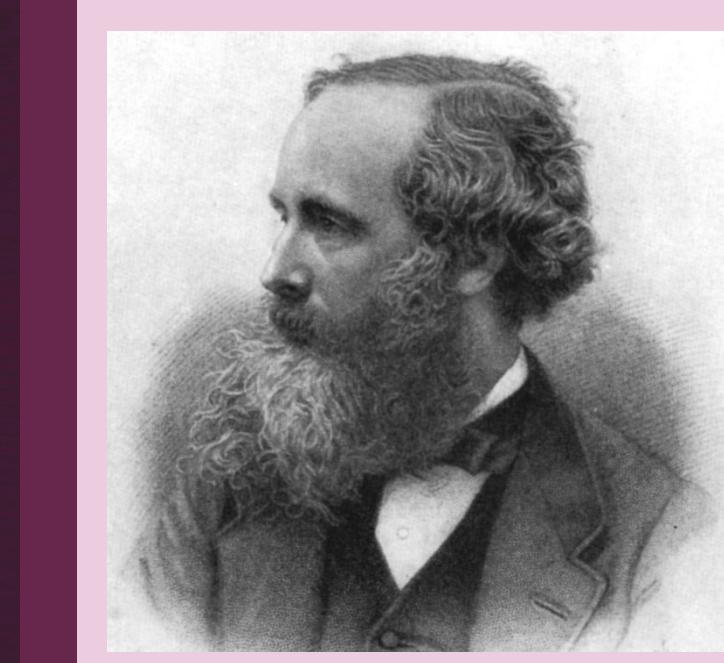


FIGURA 5
JAMES CLERK MAXWELL



FIGURA 6
CAPA DO LIVRO DE JAMES MAXWELL

Em 1873, o cientista escocês, James Clerk Maxwell (Figura 5) (James, 2021), publicou o livro intitulado “Um tratado sobre eletricidade e magnetismo” (Figura 6), onde apresentou várias equações matemáticas relacionadas ao estudo de campos elétricos e magnéticos (A treatise, 2021) muito importantes para as descobertas posteriores relacionadas à ressonância magnética.

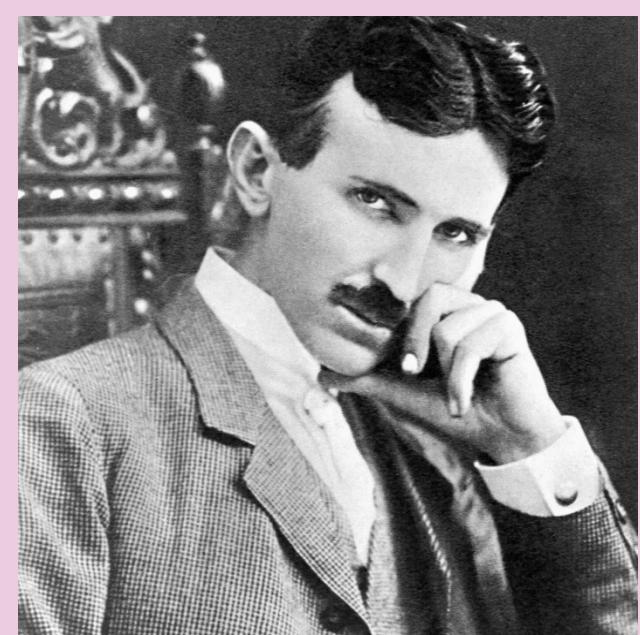


FIGURA 7
NIKOLA TESLA

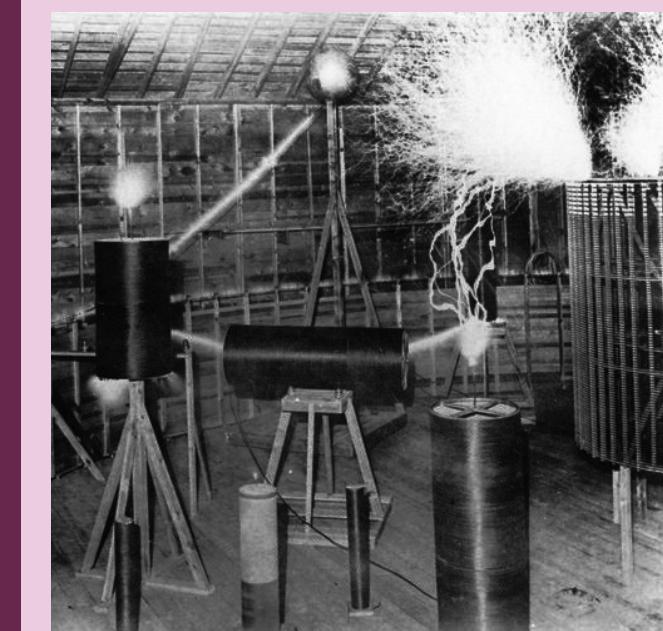


FIGURA 8
EXPERIMENTO DE NIKOLA TESLA

Em 1882, o inventor e engenheiro sérvio, Nikola Tesla (Figura 7), realizou vários experimentos baseados no fenômeno de ressonância (Figura 8) até descobrir o campo elétrico rotativo, um conceito que foi fundamental para o desenvolvimento do equipamento de ressonância magnética (Kirsch, 2014).

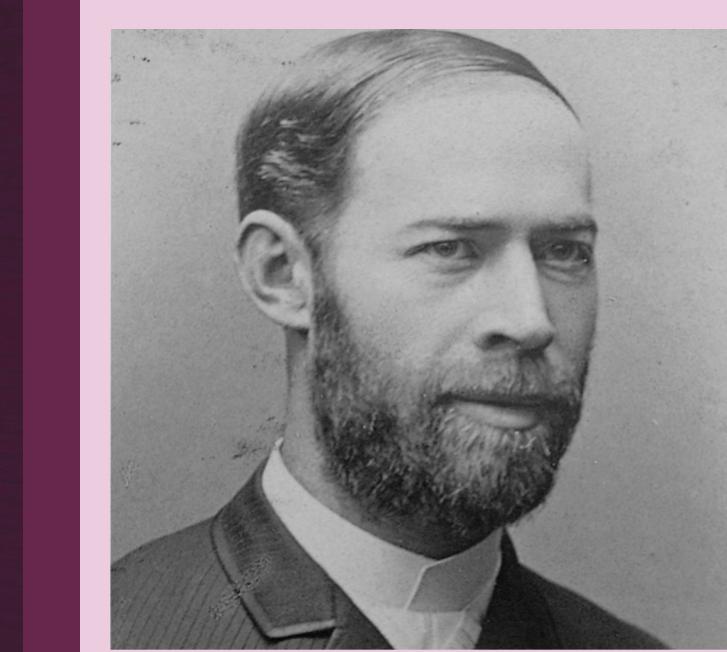
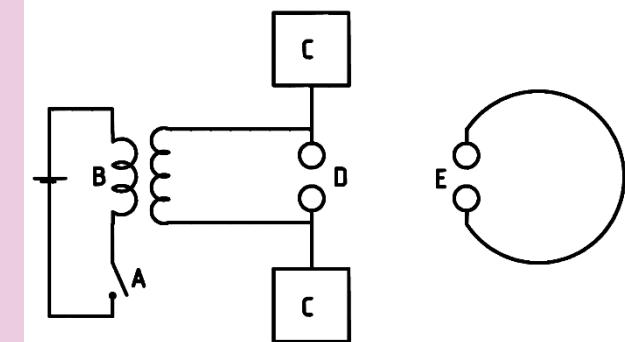


FIGURA 9
HEINRICH RUDOLF HERTZ



A = interruptor,
B = transformador,
C = placa de metal,
D = centelha,
E = receptor

FIGURA 10
ESBOÇO DO EXPERIMENTO DE HERTZ

Em 1888, o físico alemão, Heinrich Rudolf Hertz (Figura 9) (Heinrich, 2021) realizou um experimento que comprovou a existência das ondas eletromagnéticas (Figura 10). Hertz comprovou o que foi prevido por James Clerk Maxwell (ver Figura 5) em 1873 por meio de equações matemáticas (Süsskind, 1988).



FIGURA 11
JOSEPH LARMOR

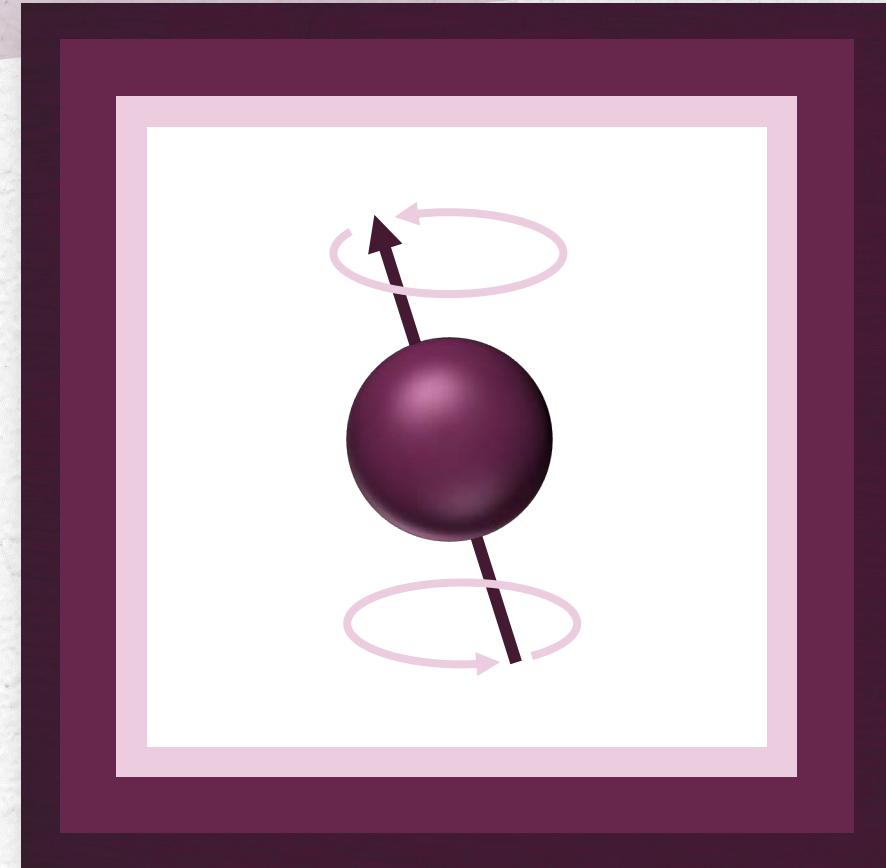


FIGURA 12
PRECESSÃO EM CAMPO MAGNÉTICO

Em 1897, o físico e matemático irlandês, Joseph Larmor (Figura 11) (Joseph, 2021), conceituou a frequência de precessão, que se refere à taxa em que uma partícula carregada oscila em uma órbita circular ao redor de um eixo, quando submetida a um determinado campo magnético, realizando um movimento semelhante ao de um pião (Figura 12) (Larmor, 2021; Warwick, 1993).

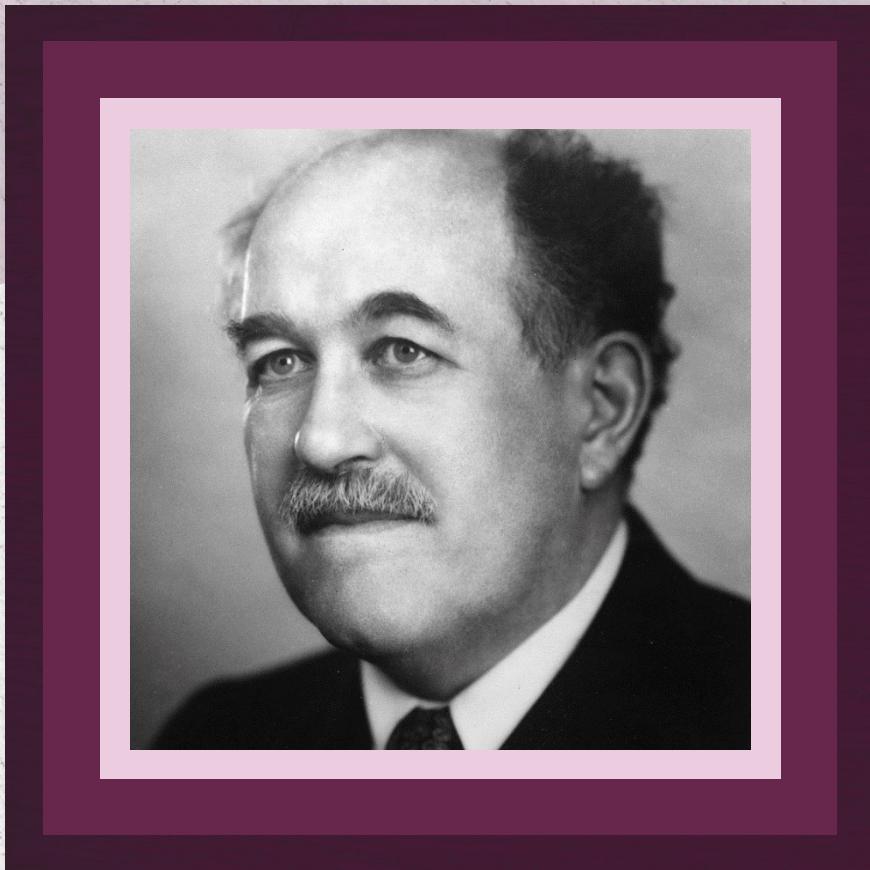


FIGURA 13
OTTO STERN

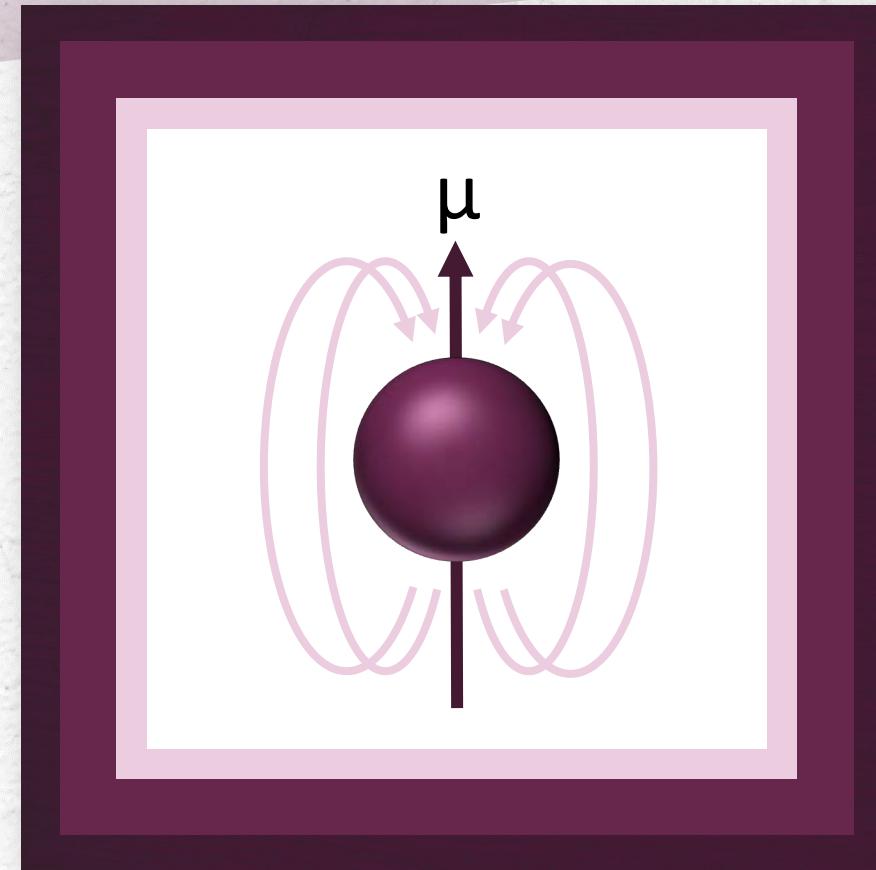


FIGURA 14
MOMENTO MAGNÉTICO

Em 1897, o físico polonês Otto Stern (Figura 13) (Otto, 2021) e o físico nuclear alemão Immanuel Estermann (Immanuel, 2021) determinaram o momento magnético (μ) de um próton (seta reta na Figura 14) (Rigden, 1983), que corresponde à força magnética capaz de produzir um campo magnético ao seu redor (setas curvas na Figura 14) (Hage, Iwasaki, 2009; Magnetic, 2021).



FIGURA 15
WOLFGANG ERNST PAULI

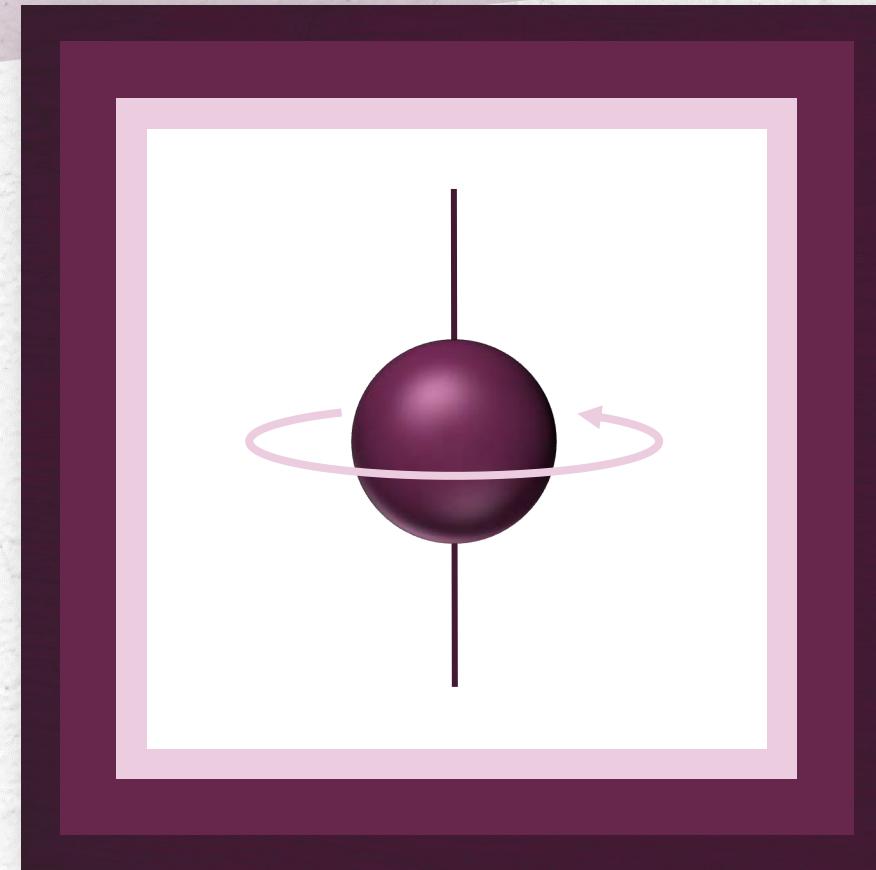


FIGURA 16
SPIN

Em 1938, o físico teórico austríaco Wolfgang Ernst Pauli (Figura 15) (Wolfgang, 2021) foi o primeiro cientista a propor a existência do *spin* (seta na Figura 16) (Spin, 2021). O *spin*, também conhecido como momento angular corresponde a um movimento rotacional do núcleo ao redor de seu próprio eixo (linha na Figura 16) (Hage, Iwasaki, 2009).



FIGURA 17
ISIDOR ISAAC RABI



FIGURA 18
MEDALHA DO PRÊMIO NOBEL

Em 1938, o físico americano Isidor Isaac Rabi (Figura 17) (Isidor, 2021) desenvolveu um método para medir o momento magnético (μ) de um núcleo (Rabi, Zacharias, Millman, Kusch, 1938), sendo a primeira observação de ressonância magnética nuclear (Shampo, Kyle, Steensma, 2012). Por esta descoberta, ele recebeu o prêmio Nobel de Física em 1944 (Figura 18) (Isidor, 2021).

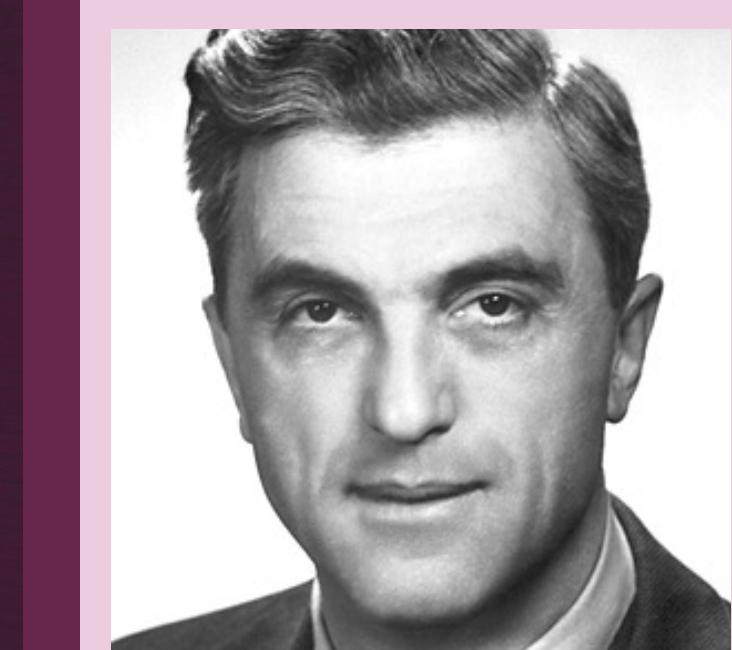


FIGURA 19
FELIX BLOCH

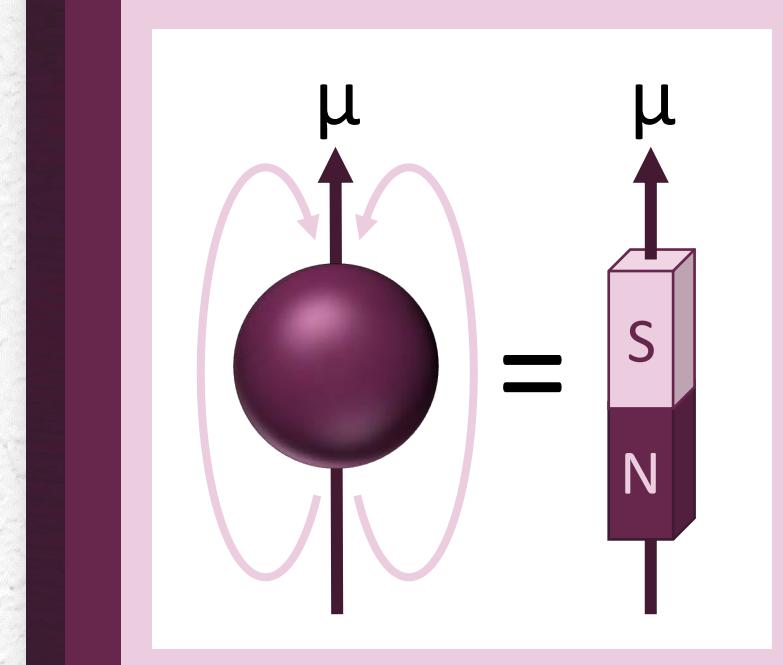


FIGURA 20
NÚCLEO COMO UM IMÃ

Em 1946, o físico suíço Felix Bloch (Figura 19) (Felix, 2021), por medição de ressonância magnética nuclear, observou que o núcleo de um átomo pode se comportar como um pequeno ímã (Figura 20), devido ao campo magnético e um momento magnético (μ) criados pelo seu movimento de rotação (Bloch, 1946; Vassilios, Cameron, Prasad, Gatehouse, 2018).



FIGURA 21
EDWARD MILLS PURCELL



FIGURA 22
MEDALHA DO PRÊMIO NOBEL

Em 1946, o físico americano Edward Mills Purcell (Figura 21) (Edward, 2021), realizando uma pesquisa independente de Felix Bloch (Figura 19), também conseguiu desenvolver um método preciso para medição da ressonância magnética nuclear. Por suas descobertas, os dois cientistas dividiram o Prêmio Nobel de Física (Figura 22) em 1952 (Forder, Pohost, 2003).



FIGURA 23
LOGO DA IEC

$$T = \frac{N \cdot S}{C \cdot m}$$

FIGURA 24
FÓRMULA DO TESLA

Em 1956, a Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC) (Figura 23) introduziu o Tesla (T) ao Sistema Internacional de Unidades (SI), em homenagem a Nikola Tesla (Figura 7) (Roguin, 2004). Mede o fluxo magnético do campo elétrico, a partir de uma força de 1 newton (N) em uma partícula com carga de 1 coulomb (C) e velocidade de 1 metro por segundo (m/s) (Tesla, 2020).



FIGURA 25
PAUL CHRISTIAN LAUTERBUR

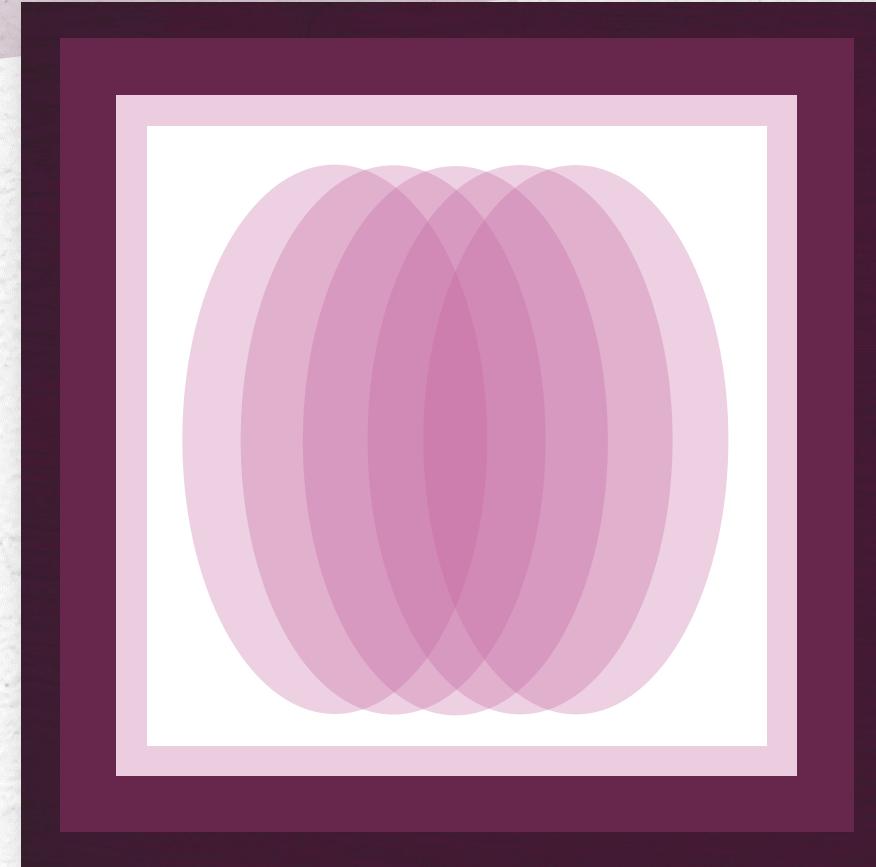


FIGURA 26
REPRESENTAÇÃO DE UM GRADIENTE

Em 1973, o químico americano Paul Christian Lauterbur (primeiro à direita na Figura 26) (Paul, 2021) obteve imagens de órgãos do corpo humano não visualizáveis pelos métodos existentes até então, a partir da utilização de gradientes (Figura 27) em um campo magnético (Lauterbur, 1973). Por suas descobertas, recebeu o Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina em 2003 (Figura 26).

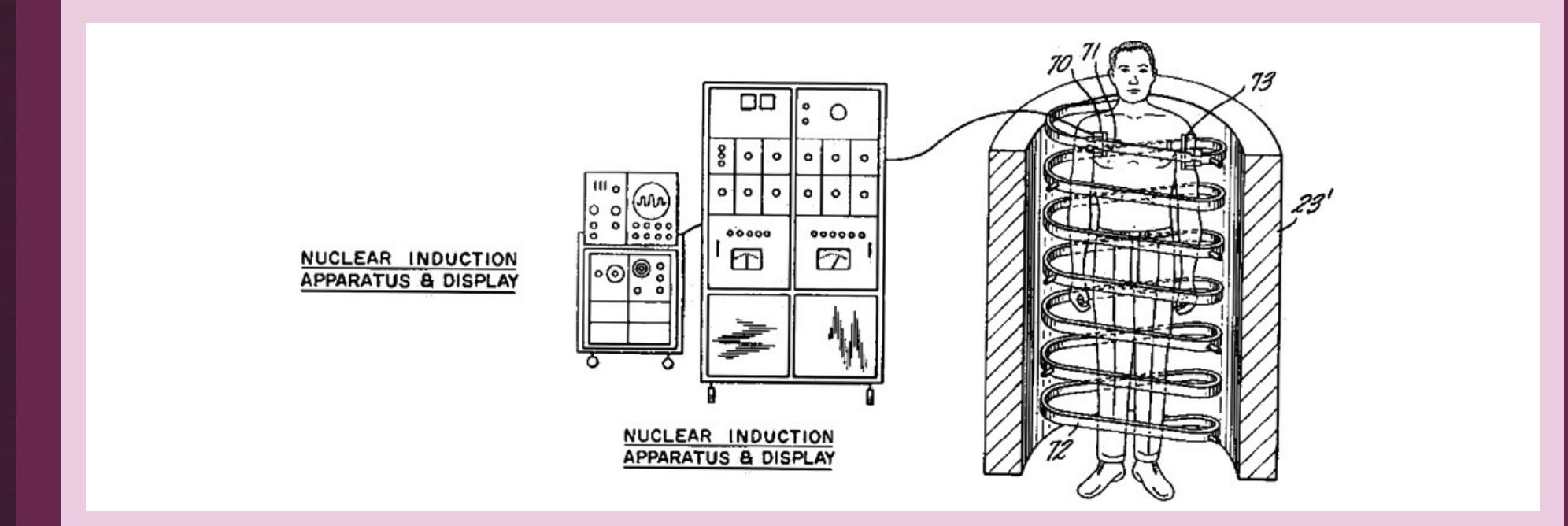


FIGURA 27
EQUIPAMENTO DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA DESENVOLVIDA POR RAYMOND VAHAN DAMADIAN

Em 1977, o médico americano Raymond Vahan Damadian (Raymond, 2021) publicou a primeira imagem de ressonância magnética de corpo humano inteiro (Macchia, Termine, Buchen, 2007). Damadian é considerado o inventor do equipamento de ressonância magnética, pois obteve a patente de sua invenção em 1974 (Figura 25) (Raymond, 2021).

Ano	Vencedor	Área	Descoberta ou invenção
1943	Otto Stern	Física	Descoberta do momento magnético do próton
1944	Isidor Isaac Rabi	Física	Invenção de um método para registrar propriedades magnéticas de núcleos atômicos
1952	Felix Bloch e Edward Mills Purcell	Física	Invenção de um método para medição de ressonância magnética nuclear
2003	Paul Christian Lauterbur e Peter Mansfield	Fisiologia ou Medicina	Estudos sobre utilização dos exames de ressonância magnética em seres humanos

QUADRO 1
VENCEDORES DE PRÊMIOS NOBEL

No Quadro 1, estão apresentados os vencedores de Prêmios Nobel relacionados à história da ressonância magnética. Também encontram-se no quadro: o ano da premiação, a área de premiação e a descoberta ou invenção premiada.

GOSTOU DO PASSEIO?

**É PROVÁVEL QUE VOCÊ TENHA FICADO COM ALGUMAS DÚVIDAS
A RESPEITO DA IMPORTÂNCIA DESTAS DESCOBERTAS NA
CRIAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA.**

**MAS NÃO SE PREOCUPE,
ESSA FOI APENAS UMA BREVE INTRODUÇÃO!**

Para aprender mais sobre o equipamento de ressonância magnética sugerimos a leitura de livros, artigos e sites apresentados nas referências deste livro. Esperamos que tenha gostado desse passeio e nos vemos no próximo! Até breve!

Créditos das Imagens

Textura de parede da capa, contracapa e demais páginas do livro - Fonte: White textured wall close up. [acesso 2021 fev 27]. Disponível em: <https://www.photos-public-domain.com/2018/07/12/white-textured-wall-close-up/>. Figura registrada em domínio público.

Figura 1 - Modelos de equipamentos de ressonância magnética. Fonte: File:US Navy 111006-O-KK908-026 An MRI machine is set up at the Role 3 Medical Facility at Joint Operating Base, Bastion, Afghanistan.jpg. 2011 Oct 05 [acesso 2021 mar 27]. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:US_Navy_111006-O-KK908-026_An_MRI_machine_is_set_up_at_the_Role_3_Medical_Facility_at_Joint_Operating_Base,_Bastion,_Afghanistan.jpg. Figura registrada em domínio público.

Figura 2 - Modelos de equipamentos de ressonância magnética. Fonte: File:Bron - CERMEP - Scanner Biograph mMR (MR-PET).jpg. 2019 Sep 27 [acesso 2021 mar 27]. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bron_-_CERMEP_-_Scanner_Biograph_mMR_\(MR-PET\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bron_-_CERMEP_-_Scanner_Biograph_mMR_(MR-PET).jpg). Figura registrada em domínio público.

Figura 3 - Galileo Galilei. Fonte: Sustermans J. Portrait of Galileo Galilei. File:Justus Sustermans - Portrait of Galileo Galilei, 1636.jpg. ca. 1640 [acesso 2021 mar 27]. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Justus_Sustermans_-_Portrait_of_Galileo_Galilei,_1636.jpg. Figura registrada em domínio público.

Figura 4 - Pêndulo. Fonte: Autores, 2021.

Figura 5 - James Clerk Maxwell. Fonte: File:ETH-BIB-Maxwell, James Clerk (1831-1879)-Portrait-Portr 05525.tif. ca. 1865 [acesso 2021 mar 27]. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ETH-BIB-Maxwell,_James_Clerk_\(1831-1879\)-Portrait-Portr_05525.tif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ETH-BIB-Maxwell,_James_Clerk_(1831-1879)-Portrait-Portr_05525.tif). Figura registrada em domínio público.

Figura 6 - Capa do livro de James Maxwell. Fonte: Maxwell JC. Template: A Treatise on Electricity and Magnetism Volume 1. 1873 [acesso 2021 mar 27]. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/Template:A_Treatise_on_Electricity_and_Magnetism_Volume_1. Figura registrada em domínio público.

Figura 7 - Nikola Tesla. Fonte: File:N.Tesla.JPG. ca. 1896 [acesso 2021 mar 27]. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:N.Tesla.JPG>. Figura registrada em domínio público.

Figura 8 - Experimento de Nikola Tesla. Fonte: Tesla N. File:Tesla Colorado Springs lab-resonance between coils.jpg. 1900 Jun [acesso 2021 mar 27]. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tesla_Colorado_Springs_lab-resonance_between_coils.jpg. Figura registrada em domínio público.

Figura 9 - Heinrich Rudolf Hertz. Fonte: Krewaldt R. File:HEINRICH HERTZ.JPG. ca. 1890 [acesso 2021 mar 27]. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HEINRICH_HERTZ.JPG. Figura registrada em domínio público.

Figura 10 - Esboço do experimento de Hertz. Fonte: Modificado de: File:Hertz m.png. 2014 Jul 19 [acesso 2021 mar 27]. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hertz_m.png. Figura registrada em domínio público.

Figura 11 - Joseph Larmor. Fonte: File:Joseph Larmor.jpeg. ca. 1920 [acesso 2021 mar 27]. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Joseph_Larmor.jpeg. Figura registrada em domínio público.

Figura 12 - Precessão em campo magnético. Fonte: Autores, 2021.

Figura 13 - Otto Stern. Fonte: File:Otto Stern 1950s.jpg. ca. 1950 [acesso 2021 abr 21]. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Otto_Stern_1950s.jpg. Figura registrada em domínio público.

Figura 14 - Momento magnético. Fonte: Autores, 2021.

Figura 15 - Wolfgang Ernst Pauli. Nobel Foundation. File:Pauli.jpg. 1945 [acesso 2021 mai 08]. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pauli.jpg>. Figura registrada em domínio público.

Figura 16 - Spin. Fonte: Autores, 2021.

Figura 17 - Isidor Isaac Rabi. File:II Rabi.jpg. 1944 [acesso 2021 mai 08]. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:II_Rabi.jpg. Figura registrada em domínio público.

Figura 18 - Medalha do prêmio Nobel. Fonte: Skarpmoen N. File:Nobels fredspris, medalje - no-nb digifoto 20160310 00042 NB NS NM 10016+ 00049 NB NS NM 10023 contrast.jpg. 2016 Mar 11 [acesso 2021 jun 07]. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nobels_fredspris,_medalje_-_no-nb_digifoto_20160310_00042_NB_NS_NM_10016%2B_00049_NB_NS_NM_10023_contrast.jpg. Figura registrada em domínio público.

Figura 19 - Felix Bloch. File:Bloch.jpg. 1952 [acesso 2021 jun 02]. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bloch.jpg>. Figura registrada em domínio público.

Figura 20 - Núcleo como um imã. Fonte: Autores, 2021.

Figura 21 - Edward Mills Purcell. File:Edward Mills Purcell.jpg. 1952 [acesso 2021 jun 07]. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edward_Mills_Purcell.jpg. Figura registrada em domínio público.

Figura 22 - Medalha do prêmio Nobel. Fonte: Skarpmoen N. File:Nobels fredspris, medalje - no-nb digifoto 20160310 00042 NB NS NM 10016+ 00049 NB NS NM 10023 contrast.jpg. 2016 Mar 11 [acesso 2021 jun 07]. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nobels_fredspris,_medalje_-_no-nb_digifoto_20160310_00042_NB_NS_NM_10016%2B_00049_NB_NS_NM_10023_contrast.jpg. Figura registrada em domínio público.

Figura 23 - Logo da IEC. Fonte: File:International Electrotechnical Commission Logo.svg. 2014 Oct 22 [acesso 2021 jun 28]. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:International_Electrotechnical_Commission_Logo.svg. Figura registrada em domínio público.

Figura 24 - Fórmula do Tesla. Fonte: Autores, 2021.

Figura 25 - Paul Christian Lauterbur. Fonte: Hager T. File:Bush6NobelLaureates.jpg. 2003 Nov 17 [acesso 2021 jul 23]. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bush6NobelLaureates.jpg>. Figura registrada em domínio público.

Figura 26 - Representação de um gradiente. Fonte: Autores, 2021.

Figura 27 - Equipamento de ressonância magnética desenvolvida por Raymond Vahan Damadian. Fonte: File:Damadian invention.jpg. 1974 [acesso 2021 jul 01]. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Damadian_invention.jpg. Figura registrada em domínio público.

Quadro 1 - Vencedores de Prêmios Nobel.

The Nobel Prize. The Nobel Prize in Physics 1943. 2021 [acesso 2021 nov 17]. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1943/summary/>.

The Nobel Prize. The Nobel Prize in Physics 1944. 2021 [acesso 2021 nov 17]. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1944/summary/>.

The Nobel Prize. The Nobel Prize in Physics 1952. 2021 [acesso 2021 nov 17]. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1952/summary/>.

The Nobel Prize. The Nobel Prize in Physics 2003. 2021 [acesso 2021 nov 17]. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2003/summary/>.

Referências

A treatise on electricity and magnetism [Internet]. 2021 Apr 15 [acesso em 2021 mai 08]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/A_Treatise_on_Electricity_and_Magnetism.

Bloch F. Nuclear induction. *Phys Rev* [Internet]. 1946 Oct 01 [2021 jun 02];70(7-8):460-74. Disponível em: <https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRev.70.460>.

Buchanan M. Going into resonance. *Nat Phys* [Internet]. 2019 [2021 mar 27];15:203. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41567-019-0458-z>.

Damadian R. Tumor detection by nuclear magnetic resonance. *Science* [Internet]. 1971 Mar 19 [2021 jul 01];171(3976):1151-3. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5544870/>.

Edward Mills Purcell [Internet]. 2021 May 05 [acesso em 2021 jun 07]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Edward_Mills_Purcell.

Felix Bloch [Internet]. 2021 May 20 [acesso em 2021 jun 02]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Felix_Bloch.

Forder JR, Pohost GM. Cardiovascular nuclear magnetic resonance: basic and clinical applications. *J Clin Invest* [Internet]. 2003 [acesso 2021 jun 07];111(11):1630-9. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC156119/>

Galileo Galilei [Internet]. 2021 Mar 08 [acesso em 2021 mar 27]. Disponível em:
https://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_Galilei.

Hage MCFNS, Iwasaki M. Imagem por ressonância magnética: princípios básicos. Ciência Rural [Internet]. 2009 [acesso 2021 mai 08];39(4):1275-83. Disponível em:
https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000400051.

Heinrich Hertz [Internet]. 2021 Mar 20 [acesso em 2021 mar 27]. Disponível em:
https://en.wikipedia.org/wiki/Heinrich_Hertz.

IEC. Who we are [Internet]. 2021 [acesso em 2021 jun 28]. Disponível em: <https://www.iec.ch/who-we-are>.

Immanuel Estermann [Internet]. 2021 Jan 08 [acesso em 2021 abr 21]. Disponível em:
https://de.wikipedia.org/wiki/Immanuel_Estermann.

Isidor Isaac Rabi [Internet]. 2021 Apr 22 [acesso em 2021 mai 08]. Disponível em:
https://en.wikipedia.org/wiki/Isidor_Isaac_Rabi.

Joseph Larmor [Internet]. 2021 Feb 28 [acesso em 2021 mar 27]. Disponível em:
https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Larmor.

Kirsch CFE. Advances in magnetic resonance imaging of the skull base. Int Arch Otorhinolaryngol [Internet]. 2014 [acesso 2021 mar 27];18(Suppl 2):127-35. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-48642014000500127&lng=en.

Larmor precession [Internet]. 2021 Mar 17 [acesso em 2021 mar 27]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Larmor_precession.

Lauterbur PC. Image formation by induced local interactions. Examples employing nuclear magnetic resonance. 1973. Clin Orthop Relat Res [Internet]. 1989 Jul [acesso 2021 jul 23];244:3-6. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/242190a0>.

Macchia RJ, Termine JE, Buchen CD. Raymond V. Damadian, M.D.: magnetic resonance imaging and the controversy of the 2003 Nobel Prize in Physiology or Medicine. J Urol [Internet]. 2007 Sep [acesso 2021 Jul 23];178(3 Pt 1):783-5. Disponível em: <https://www.auajournals.org/doi/10.1016/j.juro.2007.05.019>.

Magnetic moment [Internet]. 2021 Apr 10 [acesso em 2021 abr 21]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_moment.

Otto Stern [Internet]. 2021 Jun 06 [acesso em 2021 abr 21]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Otto_Stern.

Paul Lauterbur [Internet]. 2021 Jan 07 [acesso em 2021 jul 23]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Paul_Lauterbur.

Pendulum [Internet]. 2021 Mar 12 [acesso em 2021 mar 27]. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Pendulum>.

Rabi II, Zacharias JR, Millman S, Kusch P. A new method of measuring nuclear magnetic moment. *Phys Rev* [Internet]. 1938 [acesso 2021 mai 08];53(4):318. Disponível em: <https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRev.53.318>.

Raymond Damadian [Internet]. 2021 Jun 14 [acesso em 2021 jul 01]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Raymond_Damadian.

Rigden JS. Molecular beam experiments on the hydrogens during the 1930s. *Hist Stud Nat Sci* [Internet]. 1983 [acesso 2021 abr 21];13(2):335-73. Disponível em: <https://online.ucpress.edu/hsns/article-abstract/13/2/335/47616/Molecular-Beam-Experiments-on-the-Hydrogens-during?redirectedFrom=fulltext>.

Roguin A. Nikola Tesla: the man behind the magnetic field unit. *J Magn Reson Imaging* [Internet]. 2004 Mar [2021 jun 28];19(3):369-74. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jmri.20002>.

Shampo MA, Kyle RA, Steensma DP. Isidor Rabi-1944 Nobel laureate in physics. *Mayo Clin Proc*. 2012;87(2):e11. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3498002/>.

Spin (physics) [Internet]. 2021 Apr 30 [acesso em 2021 mai 08]. Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Spin_\(physics\)#History](https://en.wikipedia.org/wiki/Spin_(physics)#History).

Süsskind C. Heinrich Hertz and the discovery of electromagnetic-wave propagation. *Endeavour* [Internet]. 1988 [acesso 2021 mar 27];12(2):84-5. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0160932788900865>.

Tesla (unidade) [Internet]. 2020 mai 01 [acesso em 2021 jul 23]. Disponível em:
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Tesla_\(unidade\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Tesla_(unidade)).

Vassiliou VS, Cameron D, Prasad SK, Gatehouse PD. Magnetic resonance imaging: Physics basics for the cardiologist. *JRSM Cardiovasc Dis.* 2018 [acesso 2021 jun 02];7(Jan-Dec):1-9. Disponível em:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6093143/>.

Warwick A. Frequency, theorem and formula: remembering Joseph Larmor in electromagnetic theory. *Notes Rec R Soc Lond* [Internet]. 1993 [acesso 2021 mar 27];47:49-60. Disponível em:
<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsnr.1993.0005>.

Wolfgang Pauli [Internet]. 2021 May 06 [acesso em 2021 mai 08]. Disponível em:
https://en.wikipedia.org/wiki/Wolfgang_Pauli.

**SEJA BEM-VINDO, AO
MUSEU VIRTUAL DE CIÊNCIAS!!!**

**NESTA COLEÇÃO, EM CADA VOLUME
SÃO APRESENTADAS ALGUMAS
DAS PRINCIPAIS DESCOBERTAS
CIENTÍFICAS.**

**NESTE SEGUNDO VOLUME, IREMOS
ESTUDAR A DESCOBERTA E A
EVOLUÇÃO DO EQUIPAMENTO DE
RESSONÂNCIA MAGNÉTICA.**

