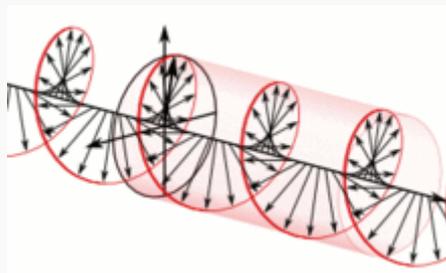


## Texto 2

---

### Eletromagnetismo



Representação do vetor campo elétrico de uma onda eletromagnética circularmente polarizada.

No estudo da Física, o **eletromagnetismo** (AO 1945: electromagnetismo) é o nome da teoria unificada desenvolvida por James Maxwell para explicar a relação entre a eletricidade e o magnetismo. Esta teoria baseia-se no conceito de *campo eletromagnético*.<sup>[1]</sup>

O campo magnético é resultado do movimento de cargas elétricas, ou seja, é resultado de corrente elétrica. O campo magnético pode resultar em uma força eletromagnética quando associada a ímãs.

A variação do fluxo magnético resulta em um campo elétrico (fenômeno conhecido por indução eletromagnética, mecanismo utilizado em geradores elétricos, motores e transformadores de tensão).<sup>[1]</sup> Semelhantemente, a variação de um campo elétrico gera um campo magnético. Devido a essa interdependência entre campo elétrico e campo magnético, faz sentido falar em uma única entidade chamada campo eletromagnético.

## História

---

Desde a Grécia Antiga, fenômenos magnéticos e elétricos são conhecidos. Mas foi somente no início do século XVII que se começaram a formular explicações científicas destes fenômenos.<sup>[2]</sup> Durante estes dois séculos, XVII e XVIII, célebres cientistas como William Gilbert, Otto von Guericke, Stephen Gray, Benjamin Franklin e Alessandro Volta, entre outros, dedicaram-se a investigar estes dois fenômenos separadamente e chegaram a conclusões coerentes com seus experimentos.



Michael Faraday

No início do século XIX, Hans Christian Ørsted obteve evidência empírica da relação entre os fenômenos magnéticos e elétricos. A partir daí, os trabalhos de físicos como André-Marie Ampère, William Sturgeon, Joseph Henry, Georg Simon Ohm, Michael Faraday foram unificados por James Clerk Maxwell em 1861 por meio de equações que descreviam ambos os fenômenos como um só: o fenômeno eletromagnético.<sup>[2]</sup> Esta unificação foi uma das grandes descobertas da física no século XIX.



James Clerk Maxwell.

As chamadas equações de Maxwell demonstravam que os campos elétricos e magnéticos eram manifestações de um só campo eletromagnético. Além disso, descreviam a natureza ondulatória da luz, mostrando-a como uma onda eletromagnética.<sup>[3]</sup>

Com uma teoria única e consistente, que descrevia os dois fenômenos anteriormente julgados distintos, os físicos puderam realizar vários experimentos prodigiosos e inventos úteis, como a lâmpada elétrica (Thomas Alva Edison) ou o gerador de corrente alternada (Nikola Tesla).<sup>[4]</sup> O êxito preditivo da teoria de Maxwell e a busca de uma interpretação coerente das suas implicações foi o que levou Albert Einstein a formular sua teoria da relatividade, que se apoiava em alguns resultados prévios de Hendrik Antoon Lorentz e Henri Poincaré.<sup>[1]</sup>

Na primeira metade do século XX, com o advento da mecânica quântica, o eletromagnetismo teve sua formulação refinada, com o objetivo de adquirir coerência com a nova teoria. Isto se conseguiu na década de 1940, quando se completou a teoria quântica eletromagnética, mais conhecida como eletrodinâmica quântica.

## A força eletromagnética

---

A força que um campo eletromagnético exerce sobre cargas elétricas, chamada força eletromagnética, é uma das quatro forças fundamentais. As outras são: a força nuclear forte (que mantém o núcleo atômico coeso), a força nuclear fraca (que causa certas formas de decaimento radioativo), e a força gravitacional.<sup>[1]</sup> Quaisquer outras forças provêm necessariamente dessas quatro forças fundamentais.

A força eletromagnética tem a ver com praticamente todos os fenômenos físicos que se encontram no cotidiano, com exceção da gravidade. Isso porque as interações entre os átomos são regidas pelo eletromagnetismo, já que são compostos por prótons e elétrons, ou seja, por cargas elétricas. Do mesmo modo as forças eletromagnéticas interferem nas relações intermoleculares, ou seja, entre nós e quaisquer outros objetos. Assim podem-se incluir fenômenos químicos e biológicos como consequência do eletromagnetismo.

Cabe ressaltar que, conforme a eletrodinâmica quântica, a força eletromagnética é resultado da interação de cargas elétricas com fótons.

## O eletromagnetismo clássico



Eletroímã: um exemplo de aplicação da força eletromagnética.

O cientista William Gilbert propôs que a eletricidade e o magnetismo, apesar de ambos causarem efeitos de atração e repulsão, seriam efeitos distintos. Entretanto marinheiros percebiam que raios causavam perturbações nas agulhas das bússolas, mas a ligação entre os raios e a eletricidade ainda não estava traçada até os experimentos que Benjamin Franklin propôs em 1752. Um dos primeiros a descobrir e publicar as relações entre corrente elétrica e o magnetismo foi Romagnosi, que em 1802 afirmou que um fio conectado a uma pilha provocava um desvio na agulha de uma bússola que estivesse próxima. No entanto essa notícia não recebeu o crédito que lhe era devido até que, em 1820, Hans Christian Ørsted montou um experimento similar.

A teoria do eletromagnetismo foi desenvolvida por vários físicos durante o século XIX, culminando finalmente no trabalho de James Clerk Maxwell, o qual unificou as pesquisas anteriores em uma única teoria e descobriu a natureza eletromagnética da luz. No eletromagnetismo clássico, o campo eletromagnético obedece a uma série de equações conhecidas como equações de Maxwell, e a força eletromagnética pela Lei de Lorentz.

Uma das características do eletromagnetismo clássico é a dificuldade em associar com a mecânica clássica, compatível porém com a relatividade especial. Conforme as equações de Maxwell, a velocidade da luz é uma constante, depende apenas da permissividade elétrica e permeabilidade magnética do vácuo. Isso porém viola a invariância de Galileu, a qual já era há muito tempo base da mecânica clássica. Um caminho para reconciliar as duas teorias era assumir a existência de éter luminífero através do qual a luz propagaria. No entanto, os experimentos seguintes falharam em detectar a presença do éter. Em 1905, Albert Einstein resolveu o problema com a teoria da relatividade especial, a qual abandonava as antigas leis da cinemática para seguir as transformações de Lorentz as quais eram compatíveis com o eletromagnetismo clássico.

A teoria da relatividade mostrou também que adotando-se um referencial em movimento em relação a um campo magnético, tem-se então um campo elétrico gerado. Assim como também o contrário era válido, então de fato foi confirmado a relação entre eletricidade e magnetismo. Portanto o termo "eletromagnetismo" estava consolidado.

# Unidades

Sistema Internacional de Unidades para Eletromagnetismo				
Símbolo	Nome da grandeza	Nome da unidade	Unidade	Unidades base
$I$	Corrente elétrica	ampère	A	$A = W/V = C/s$
$q$	Carga elétrica	coulomb	C	$A \cdot s$
$V$	Diferença de potencial ou Potencial elétrico	volt	V	$J/C = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
$R, Z, X$	Resistência elétrica, Impedância, Reatância	ohm	$\Omega$	$V/A = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
$\rho$	Resistividade	ohm metro	$\Omega \cdot m$	$kg \cdot m^3 \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
$P$	Potência elétrica	watt	W	$V \cdot A = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$
$C$	Capacitância	farad	F	$C/V = kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot A^2 \cdot s^4$
$\lambda$	lambda	carga linear ou comprimento de onda		
$\epsilon$	Permissividade	farad por metro	F/m	$kg^{-1} \cdot m^{-3} \cdot A^2 \cdot s^4$
$\chi_e$	Susceptibilidade elétrica	Adimensional	-	-
$G, Y, B$	Condutância, Admitância, Susceptância	siemens	S	$\Omega^{-1} = kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^3 \cdot A^2$
$\sigma$	Condutividade	siemens por metro	S/m	$kg^{-1} \cdot m^{-3} \cdot s^3 \cdot A^2$
$\vec{B}$	Campo magnético, densidade de fluxo magnético, Indução magnética	tesla	T	$Wb/m^2 = kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1} = N \cdot A^{-1} \cdot m^{-1}$
$\Phi_m$	Fluxo magnético	weber	Wb	$V \cdot s = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
$\Phi_e$	Fluxo elétrico	coulomb	C	
$H$	Intensidade magnética	ampère por metro	A/m	$A \cdot m^{-1}$
	Relutância	ampère por weber	A/Wb	$kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^2 \cdot A^2$
$L$	Indutância	henry	H	$Wb/A = V \cdot s/A = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
$\mu$	Permeabilidade	henry por metro	H/m	$kg \cdot m \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
$\chi_m$	Susceptibilidade magnética	Adimensional		
$\chi_m$	Susceptibilidade magnética	Adimensional		
$\tilde{H}$	função de transferência			
$\alpha$	coeficiente de temperatura			
$\epsilon \quad \epsilon'$	força e contra força eletromotriz			
$\varphi$	Fase Inicial			
$\omega$	velocidade angular ou frequência angular			
<b>Outras Unidades para o Eletromagnetismo</b>				
Símbolo	Unidade	Descrição		
$\Omega$	ohm	(unidade SI de resistência)		
$A, B$	Fasor			
$E_{m\acute{a}x}$	rigidez dielétrica			
$eV$	Elétron	elétron-volt (unidade de energia)		

$F$	Farad	(unidade SI de capacidade)		
$f$	Frequência			
$G$	Gauss	(unidade de campo magnético) ou prefixo giga ( $10^9$ )		
$h$	constante de Planck			
$K$	constante dielétrica			
$M$	indutância mútua			
$\vec{m}$	momento magnético			
$R$	função resposta de frequência			
$e$	carga elementar			
$t_C, t_L$	Constantes de Tempo			
$U_e$	energia potencial eletrostática			
$U_g$	energia potencial gravítica			
$T$	período de uma onda harmónica ou temperatura			
$Z$	Impedância			
$k_m$	constante magnética			
$\Delta$	aumento de uma grandeza física			
$\vec{E}$	campo elétrico			
$f_{\text{máx}}$	valor máximo da função sinusoidal			
$A, B, \dots$	pontos no espaço, curvas, superfícies e sólidos			
$k$	constante de Coulomb			
$\vec{\tau}$	torque			
$Hz$	Hertz	hertz (unidade SI de frequência)		
$\bar{f}$		valor médio da função $f$		
$\tilde{f}$		transformada de Laplace da função $f$		
$f', f'' \dots$		derivadas da função $f$ de uma variável		
$\rho$		carga volúmica ou resistividade		

## Referências

- <sup>↑</sup> *Ir para: a b c d* Marco Aurélio da Silva. Eletromagnetismo (em português) R7 Brasil Escola. Visitado em 12 de dezembro de 2012.
- <sup>↑</sup> *Ir para: a b* Rafael Lopez Valverde. Historia del Electromagnetismo (em espanhol). Visitado em 13 de fevereiro de 2008.
- <sup>↑</sup> *Ir para cima* CLERK MAXWELL, James (1873). A Treatise on Electricity and Magnetism (em inglês). Visitado em 20 de novembro de 2007.
- <sup>↑</sup> *Ir para cima* TESLA, Nikola (1856–1943). Obras de Nikola Tesla (em inglês) Wikisource. Visitado em 20 de novembro de 2007