

First Congress
*International Society of
Diamagnetic Therapy*

Razonamiento científico
de la diamagnética

FT. Estefanía Torres S.



13th – 14th September 2024
Magna Graecia University -
Catanzaro



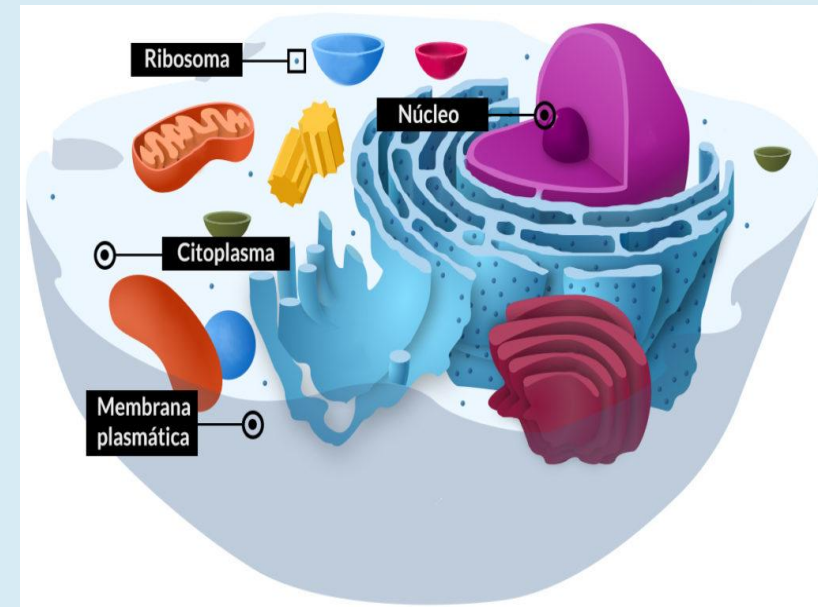
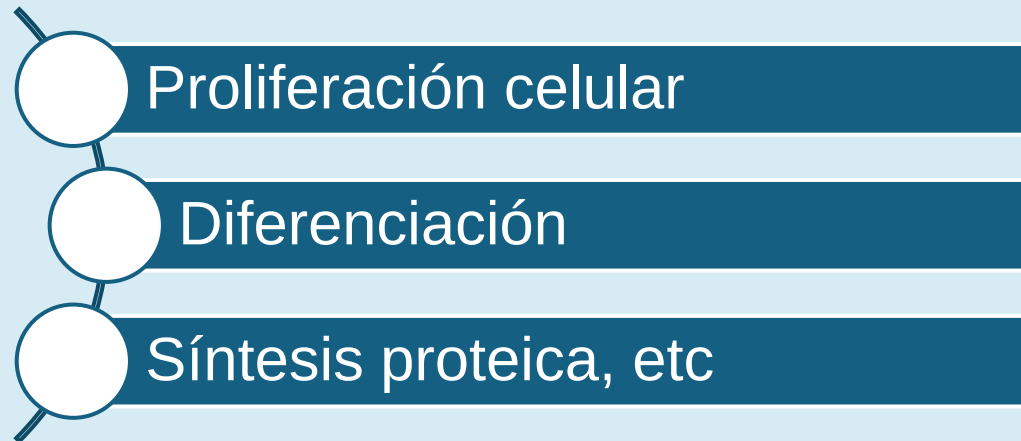
ISDT
International Society of
Diamagnetic Therapy



UMG
Dubium sapientiae initium

Mecanotransducción

- Proceso fisiológico mediante el cual las células perciben y responden a cargas mecánicas que se transmiten a tejidos y órganos, generando respuestas bioquímicas.



CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

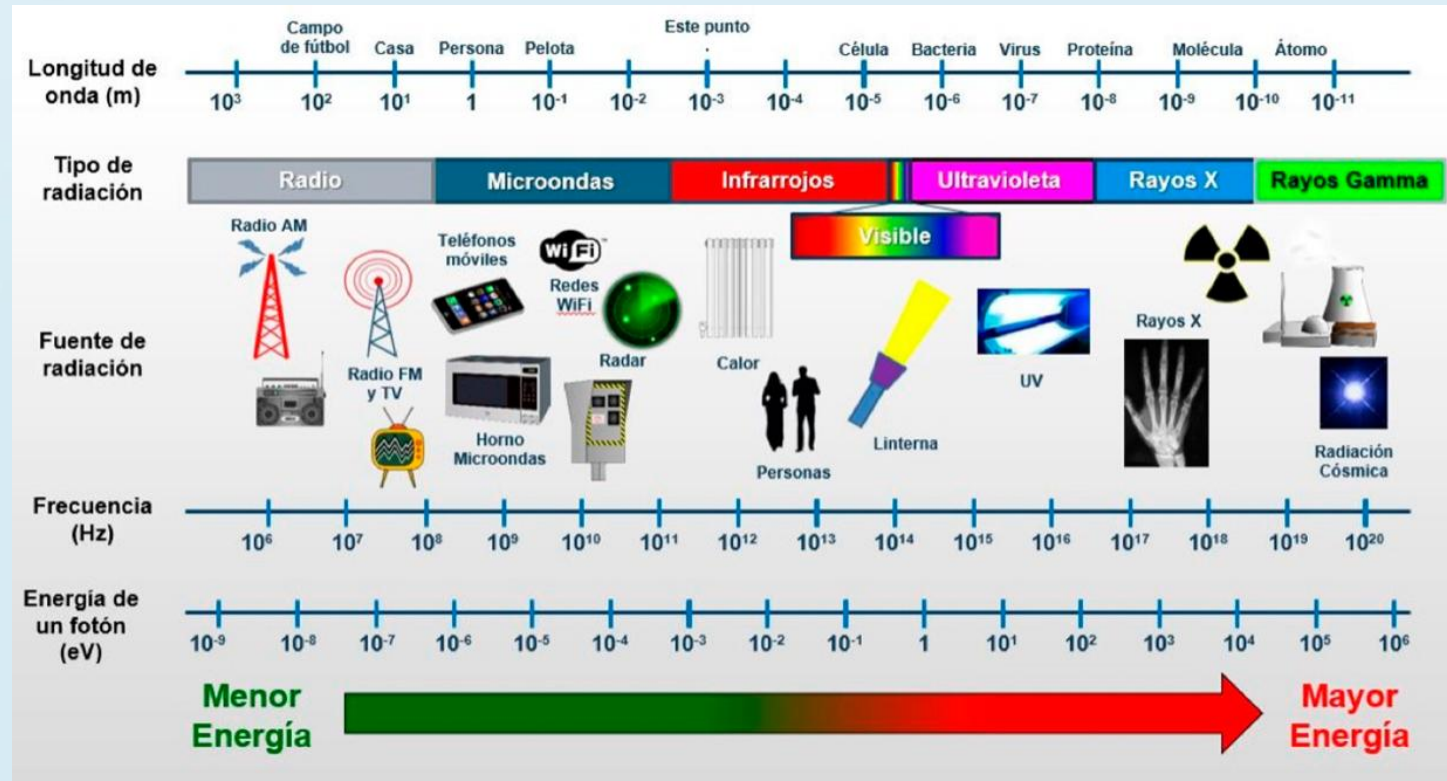
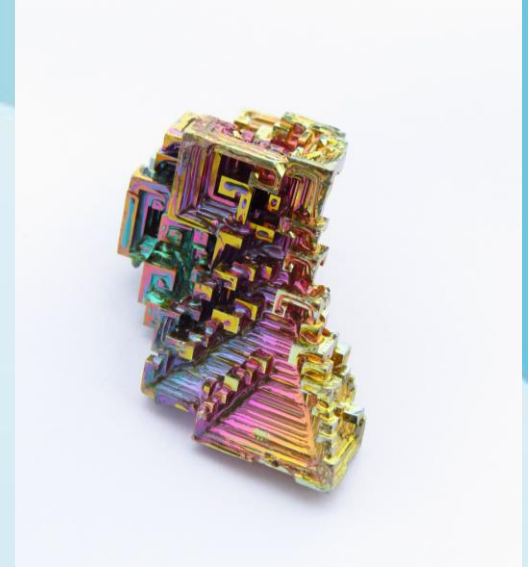


Figura 2. Espectro electromagnético, algunas fuentes de cada tipo de OEM y la relación de la longitud de onda con diferentes objetos o entidades. <https://www.micochesport.com/451408953?i=181358013>

Susceptibilidad magnética (x)

- Susceptibilidad magnética: presenta la medida de un material para ser magnetizado.
- Los átomos y moléculas tradicionalmente se han clasificado como diamagnéticas o paramagnéticas de acuerdo a su respuesta isotrópica a los campos magnéticos uniformes.



- Remote Sensing In Archealogy, 2006, edit by Jay K. Johnson.

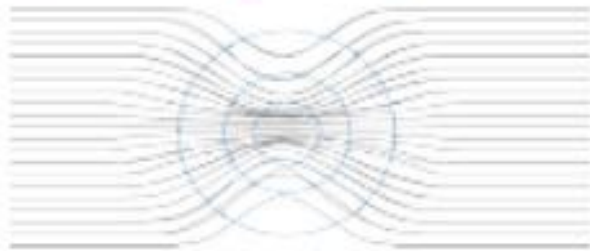
Susceptibilidad magnética

- Proporciona una medida de un material a ser magnetizado.

Paramagnetic Materials	χ	Diamagnetic Materials	χ
Aluminum	2.2×10^{-5}	Bismuth	-1.7×10^{-5}
Calcium	1.4×10^{-5}	Carbon (diamond)	-2.2×10^{-5}
Chromium	3.1×10^{-4}	Copper	-9.7×10^{-6}
Magnesium	1.2×10^{-5}	Lead	-1.8×10^{-5}
Oxygen gas (1 atm)	1.8×10^{-6}	Mercury	-2.8×10^{-5}
Oxygen liquid (90 K)	3.5×10^{-3}	Hydrogen gas (1 atm)	-2.2×10^{-9}
Tungsten	6.8×10^{-5}	Nitrogen gas (1 atm)	-6.7×10^{-9}
Air (1 atm)	3.6×10^{-7}	Water	-9.1×10^{-6}

Respuesta a los campos magnéticos

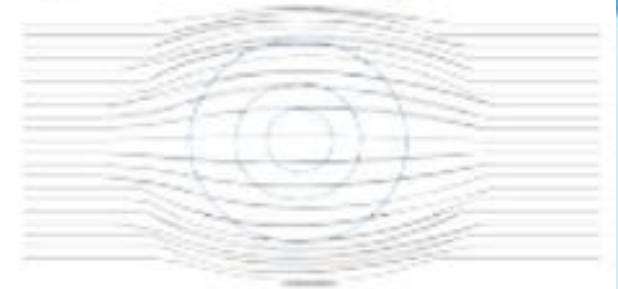
$\mu_r > 0$ ferromagnético



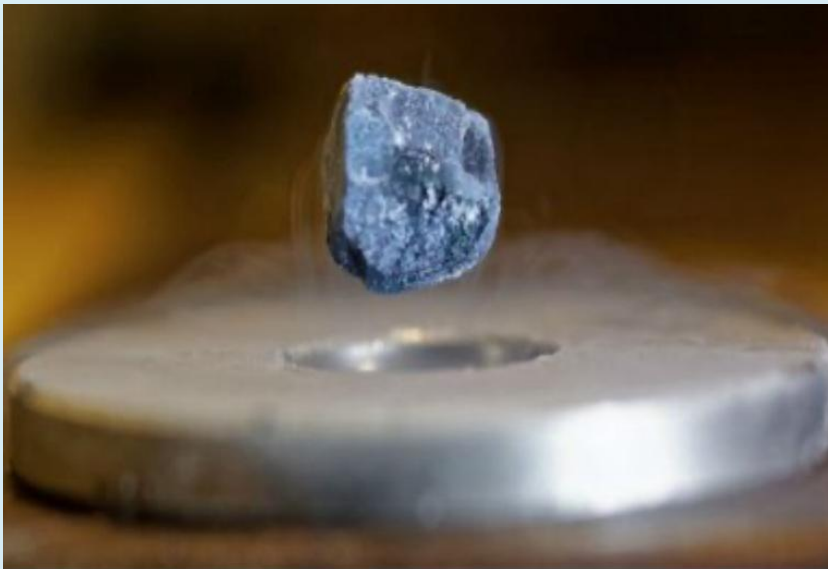
$\mu_r = 0$ paramagnético



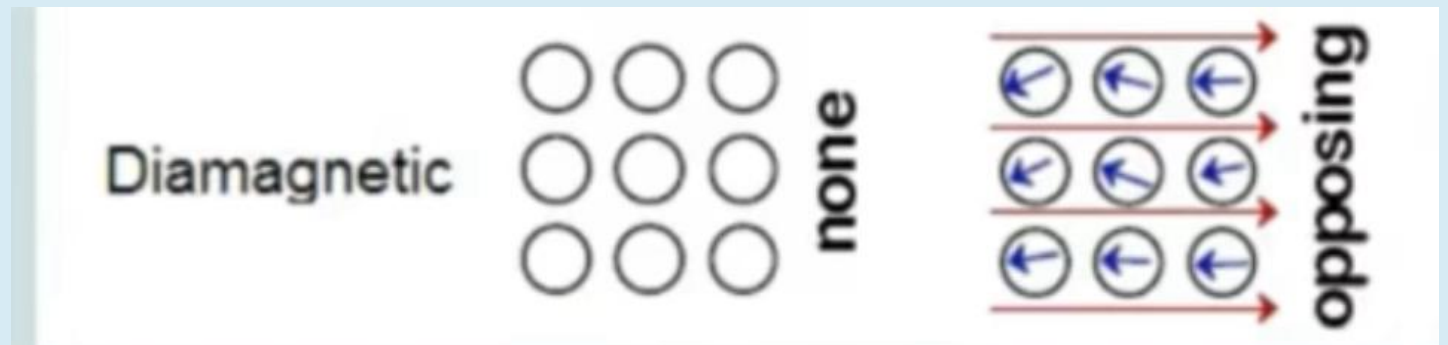
$\mu_r < 0$ diamagnético



Susceptibilidad magnética: diamagnética

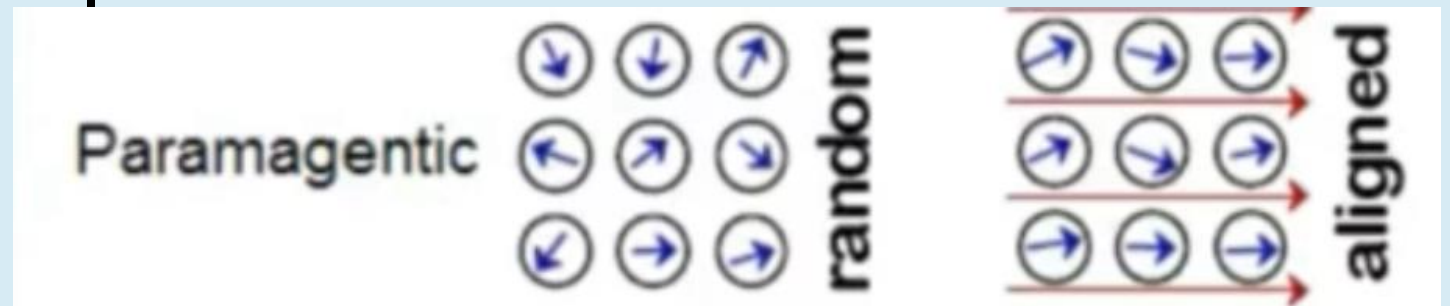


- Si $\chi < 0$, los cuerpos se llaman DIAMAGNÉTICOS y se definen como no magnéticos.
- El campo magnético interno suele ser menor que el campo magnético externo al que es sometido.
- Al ser colocados en un campo no se mueven o se desplazan muy poco buscando el área de menor concentración. Electrones apareados.
- Entre los materiales compatibles señalemos: Oro, Plata, Platino, Titanio, Tántalo, Tungsteno), Materiales Cerámicos, Zirconio, Silicona-nítrido, Plexiglás, Nylon, Teflón, Aluminio.



Susceptibilidad magnética: Paramagnéticos

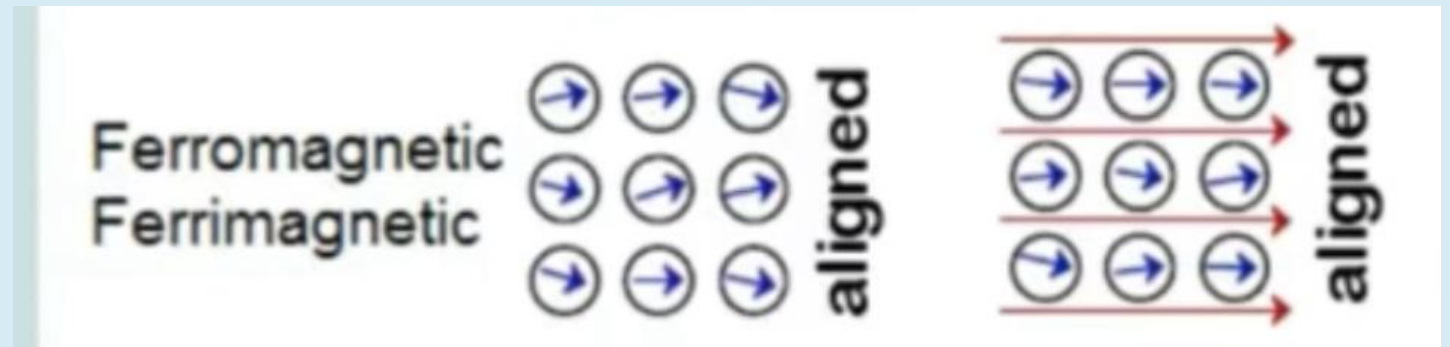
- Si $\chi > 0$, los cuerpos se llaman PARAMAGNÉTICOS.
- El campo interno es mayor al campo externo al que es sometido.
- Atraídos fuertemente al imán y se alinean con el campo magnético.
- Los materiales paramagnéticos poseen electrones no apareados y asimetría de sus órbitas. Ejemplo, los radicales libres y los iones metálicos Cu^{+2} , Mn^{+2} , etc



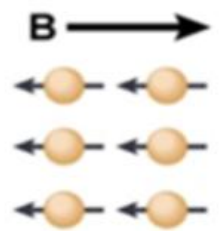
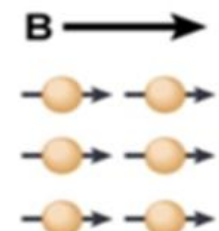
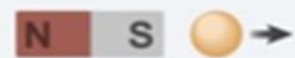
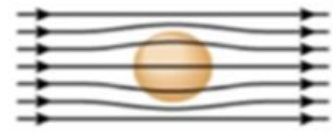
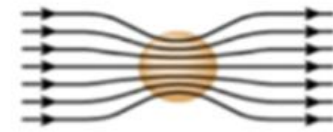
Susceptibilidad magnética: Ferromagnética



- Se incluye dentro de los paramagnéticos y cuenta con una susceptibilidad magnética muy elevada.
- FERROMAGNÉTICAS, se caracterizan por presentar imantación permanente una vez fuera del campo magnético.



Types of magnetism

	Diamagnetic	Paramagnetic
Electron pairing	 No unpaired electrons	 At least one unpaired electron
Spin alignment with magnetic field B	 Anti-parallel	 Parallel
Reaction to magnets	 Very weakly repelled	 Attracted
Effect on magnetic field lines	 Field bends slightly away from the material	 Field bends toward the material



grupo 1

1

1.00794

1312.0

2.20

1

H

Hidrógeno

1s¹

2

6.941

520.2

0.98

3

Li

Litio

1s² 2s¹

3

9.012182

899.5

1.57

4

Be

Berilio

1s² 2s²

2

22.98976

495.8

0.93

11

Na

Sodio

[Ne] 3s¹

2

24.3050

737.7

1.31

12

Mg

Magnesio

[Ne] 3s²

4

39.0983

418.8

0.82

19

K

Potasio

[Ar] 4s¹

4

40.078

589.8

1.00

20

Ca

Calcio

[Ar] 4s²

4

44.95591

633.1

1.36

21

Sc

Escandio

[Ar] 3d¹ 4s²

4

47.867

658.8

1.54

22

Ti

Titanio

[Ar] 3d² 4s²

4

50.9415

650.9

1.63

23

V

Vanadio

[Ar] 3d³ 4s²

4

51.9962

652.9

1.66

24

Cr

Cromo

[Ar] 3d⁵ 4s¹

4

54.93804

717.3

1.55

25

Mn

Manganeso

[Ar] 3d⁵ 4s²

4

55.845

762.5

1.83

26

Fe

Hierro

[Ar] 3d⁶ 4s²

4

58.93319

760.4

1.91

27

Co

Cobalto

[Ar] 3d⁷ 4s²

4

58.6934

737.1

1.88

28

Ni

Níquel

[Ar] 3d⁸ 4s²

4

63.546

745.5

1.90

29

Cu

Cobre

[Ar] 3d¹⁰ 4s¹

4

65.38

906.4

1.65

30

Zn

Zinc

[Ar] 3d¹⁰ 4s²

4

69.723

578.8

1.81

31

Ga

Galio

[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p¹

4

72.64

762.0

2.01

32

Ge

Germanio

[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p²

4

74.92160

947.0

2.18

33

As

Arsénico

[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p³

4

78.96

941.0

2.55

34

Se

Selenio

[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p⁴

4

79.904

1139.9

2.96

35

Br

Bromo

[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p⁵

4

83.798

1350.8

3.00

36

Kr

Kriptón

[Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p⁶

5

85.4678

375.7

0.82

37

Rb

Rubidio

[Kr] 5s¹

5

87.62

549.5

0.95

38

Sr

Estroncio

[Kr] 5s²

5

88.90585

600.0

1.22

39

Y

Itrio

[Kr] 4d¹ 5s²

5

91.224

640.1

1.33

40

Zr

Zirconio

[Kr] 4d² 5s²

5

92.90638

652.1

1.60

41

Nb

Niobio

[Kr] 4d⁴ 5s¹

5

95.96

684.3

2.16

42

Mo

Molibdeno

[Kr] 4d⁵ 5s¹

5

(98)

702.0

1.90

43

Tc

Tecnecio

[Kr] 4d⁵ 5s²

5

101.07

719.7

2.28

44

Ru

Rutenio

[Kr] 4d⁷ 5s¹

5

102.9055

719.7

2.28

45

Rh

Rodio

[Kr] 4d⁸ 5s¹

5

106.42

804.4

2.20

46

Pd

Paladio

[Kr] 4d¹⁰

5

107.8682

731.0

1.93

47

Ag

Plata

[Kr] 4d¹⁰ 5s¹

5

112.441

867.8

1.69

48

Cd

Cadmio

[Kr] 4d¹⁰ 5s²

5

114.818

558.3

1.78

49

In

Indio

[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p¹

5

118.710

708.6

1.96

50

Sn

Estañio

[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p²

5

121.760

834.0

2.05

51

Sb

Antimonio

[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p³

5

127.60

869.3

2.10

52

Te

Telurio

[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p⁴

5

126.9044

1008.4

2.66

53

I

Yodo

[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p⁵

5

131.293

1170.4

2.60

54

Xe

Xenón

[Kr] 4d¹⁰ 5s² 5p⁶

6

132.9054

375.7

0.79

55

Cs

Cesio

[Xe] 6s¹

6

137.327

502.9

0.89

56

Ba

Bario

[Xe] 6s²

6

174.9668

523.5

1.27

71

Lu

Lutecio

[Xe] 4f¹⁴ 5d¹ 6s²

6

178.49

658.5

1.30

72

Hf

Hafnio

[Xe] 4f¹⁴ 5d² 6s²

6

180.9478

761.0

1.50

73

Ta

Tantalio

[Xe] 4f¹⁴ 5d³ 6s²

6

183.84

770.0

2.36

74

W

Wolframio

[Xe] 4f¹⁴ 5d⁴ 6s²

6

186.207

760.0

1.90

75

Re

Renio

[Xe] 4f¹⁴ 5d⁵ 6s²

6

190.23

840.0

2.20

76

Os

Osmio

[Xe] 4f¹⁴ 5d⁶ 6s²

6

192.217

880.0

2.20

77

Ir

Iridio

[Xe] 4f¹⁴ 5d⁷ 6s²

6

195.084

870.0

2.28

78

Pt

Platino

[Xe] 4f¹⁴ 5d⁹ 6s¹

6

196.9665

890.1

2.54

79

Au

Oro

[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s¹

6

200.59

1007.1

2.00

80

Hg

Mercurio

[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s²

6

204.3833

589.4

1.62

81

Tl

Talio

[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p¹

6

207.2

715.6

2.33

82

Pb

Plomo

[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p²

6

208.9804

703.0

2.02

83

Bi

Bismuto

[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p³

6

(210)

812.1

2.00

84

Po

Polonio

[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p⁴

6

(210)

890.0

2.20

85

At

Astato

[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p⁵

6

(220)

1037.0

2.20

86

Rn

Radón

[Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p⁶

7

(223)

380.0

0.70

87

Fr

Francio

[Rn] 7s¹

7

(226)

509.3

0.90

88

Ra

Radio

[Rn] 7s²

7

(262)

470.0

1.03

103

Lr

Laurencio

[Rn] 5f¹⁴ 7s² 7p¹

7

(261)

580.0

1.04

104

Rf

Rutherfordio

[Rn] 5f¹⁴ 7s² 7p²

7

(262)

580.0

1.05

105

Db

Dubnio

[Rn] 5f¹⁴ 7s² 7p² 7d¹

7

(266)

580.0

1.06

106

Sg

Seaborgio

[Rn] 7s² 5f¹⁴ 6d⁴

7

(264)

580.0

1.07

107

Bh

Bohrio

[Rn] 5f¹⁴ 7s² 6d⁵ 7s²

7

(277)

580.0

1.08

108

Hs

Hassio

[Rn] 5f¹⁴ 7s² 6d¹⁰ 7s²

7

(268)

580.0

1.09

109

Mt

Meitnerio

[Rn] 7s² 5f¹⁴ 6d⁷

7

(271)

580.0

1.10

110

Ds

Damstatio

[Rn] 7s² 5f¹⁴ 6d⁸

7

(272)

580.0

1.11

111

Rg

Roentgenio

[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s¹

7

(285)

580.0

1.12

112

Cn

Copernicio

[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s²

7

(284)

580.0

1.13

113

Nh

Nihonio

[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s²

7

(289)

580.0

1.14

114

Fl

Flerovio

[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s²

7

(288)

580.0

1.15

115

Mc

Moscovio

[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s²

7

(292)

580.0

1.16

116

Lv

Livermorio

[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s²

7

(294)

580.0

1.17

117

Ts

Teneso

[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s²

7

(294)

580.0

1.18

118

Og

Oganesson

[Rn] 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7s²

masa atómica

número másico del isótopo más estable

1.ª energía de ionización en kJ/mol

símbolo químico

nombre

configuración electrónica

55.845

762.5

1.83

26

Fe

Hierro

[Ar] 3d⁶ 4s²

número atómico

electronegatividad

estados de oxidación más comunes están en negrita

metales alcalinos

alcalinotérreos

otros metales

metales de transición

lantánidos

actínidos

metaloides

no metales

halógenos

gases nobles

elementos desconocidos

masas de elementos radiactivos entre paréntesis

Bloques de configuración electrónica

Notas

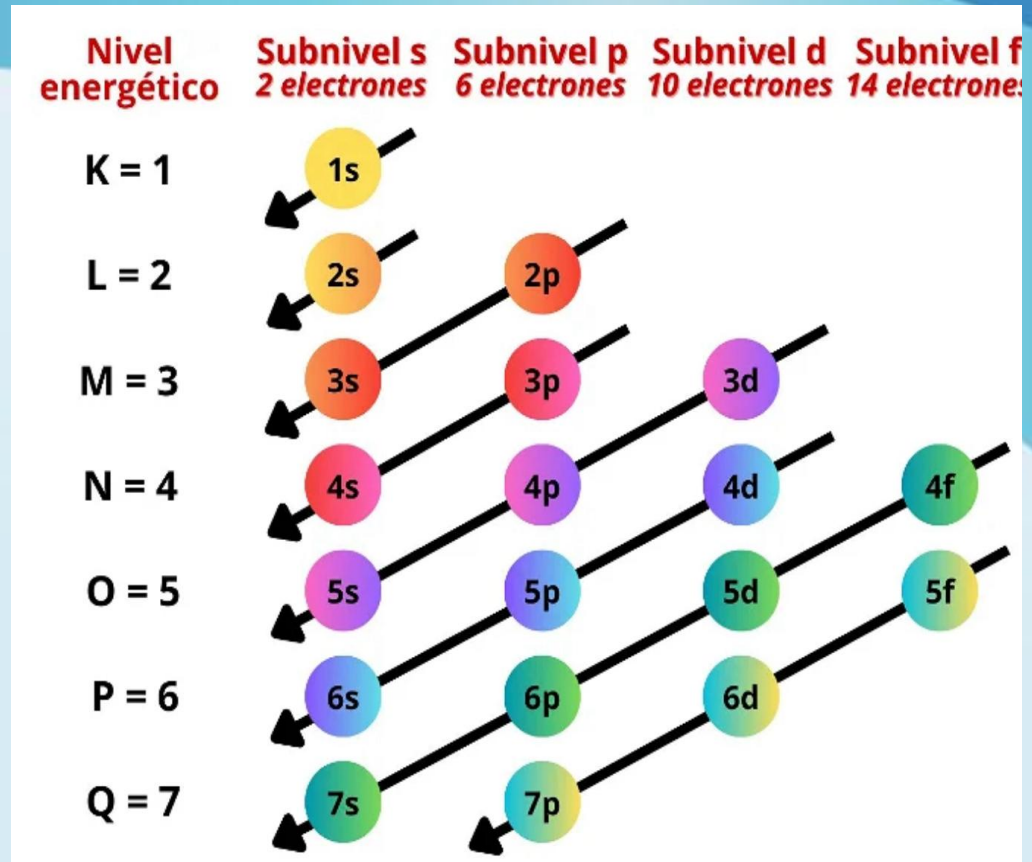
- 1 kJ/mol ≈ 96.485 eV.
- Todos los elementos tienen un estado de oxidación implícito cero.
- Los estados de oxidación de los elementos 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117 y 118 son predicciones.
- Las configuraciones electrónicas de los elementos 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117 y 118 son predicciones.

138.9054 538.1 1.10 57 La Lantano [Xe] 5d ¹ 6s ²	140.116 534.4 1.12 58 Ce Cerio [Xe] 4f ¹ 5d ¹ 6s ²	140.9076 527.0 1.13 59 Pr Praseodimio [Xe] 4f ³ 6s ²	144.242 533.1 1.14 60 Nd Neodimio [Xe] 4f ⁴ 6s ²	(145) 540.0 1.15 61 Pm Prometio [Xe] 4f ⁵ 6s ²	150.36 544.5 1.17 62 Sm Samario [Xe] 4f ⁶ 6s ²	151.964 547.1 1.18 63 Eu Europio [Xe] 4f ⁷ 6s ²	157.25 593.4 1.20 64 Gd Gadolinio [Xe] 4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	158.9253 565.8 1.21 65 Tb Terbio [Xe] 4f ⁹ 6s ²	162.500 573.0 1.22 66 Dy Disprosio [Xe] 4f ¹⁰ 6s ²	164.9303 581.0 1.23 67 Ho Holmio [Xe] 4f ¹¹ 6s ²	167.259 589.3 1.24 68 Er Erbio [Xe] 4f ¹² 6s ²	168.9342 596.7 1.25 69 Tm Tulio [Xe] 4f ¹³ 6s ²	173.054 603.4 1.26 70 Yb Iterbio [Xe] 4f ¹⁴ 6s ²
(227) 499.0 1.10 89 Ac Actinio [Rn] 6d ¹ 7s ²	232.0380 587.0 1.30 90 Th Torio [Rn] 6d ² 7s ²	231.0358 568.0 1.50 91 Pa Protactinio [Rn] 5f ² 6d ¹ 7s ²	238.0289 597.6 1.38 92 U Uranio [Rn] 5f ³ 6d ¹ 7s ²	(237) 604.5 1.36 93 Np Neptunio [Rn] 5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	(244) 584.7 1.28 94 Pu Plutonio [Rn] 5f ⁶ 7s ²	(243) 578.0 1.30 95 Am Americio [Rn] 5f ⁷ 7s ²	(247) 581.0 1.30 96 Cm Curio [Rn] 5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	(247) 601.0 1.30 97 Bk Berkelio [Rn] 5f ⁷ 7s ²	(251) 608.0 1.30 98 Cf Californio [Rn] 5f ¹⁰ 7s ²	(252) 619.0 1.30 99 Es Einsteinio [Rn] 5f ¹¹ 7s ²	(257) 627.0 1.30 100 Fm Fermio [Rn] 5f ¹² 7s ²	(258) 635.0 1.30 101 Md Mendelevio [Rn] 5f ¹³ 7s ²	(259) 642.0 1.30 102 No Nobelio [Rn] 5f ¹⁴ 7s ²

Attribution: 2012rc
 Edit (Translation to Spanish) by The Photographer
 Edit (Updated) by EnderMK
 Original file: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodic_table_large-es.svg

Configuració n electrònica

- Es la forma de organizar los electrones en un átomo.



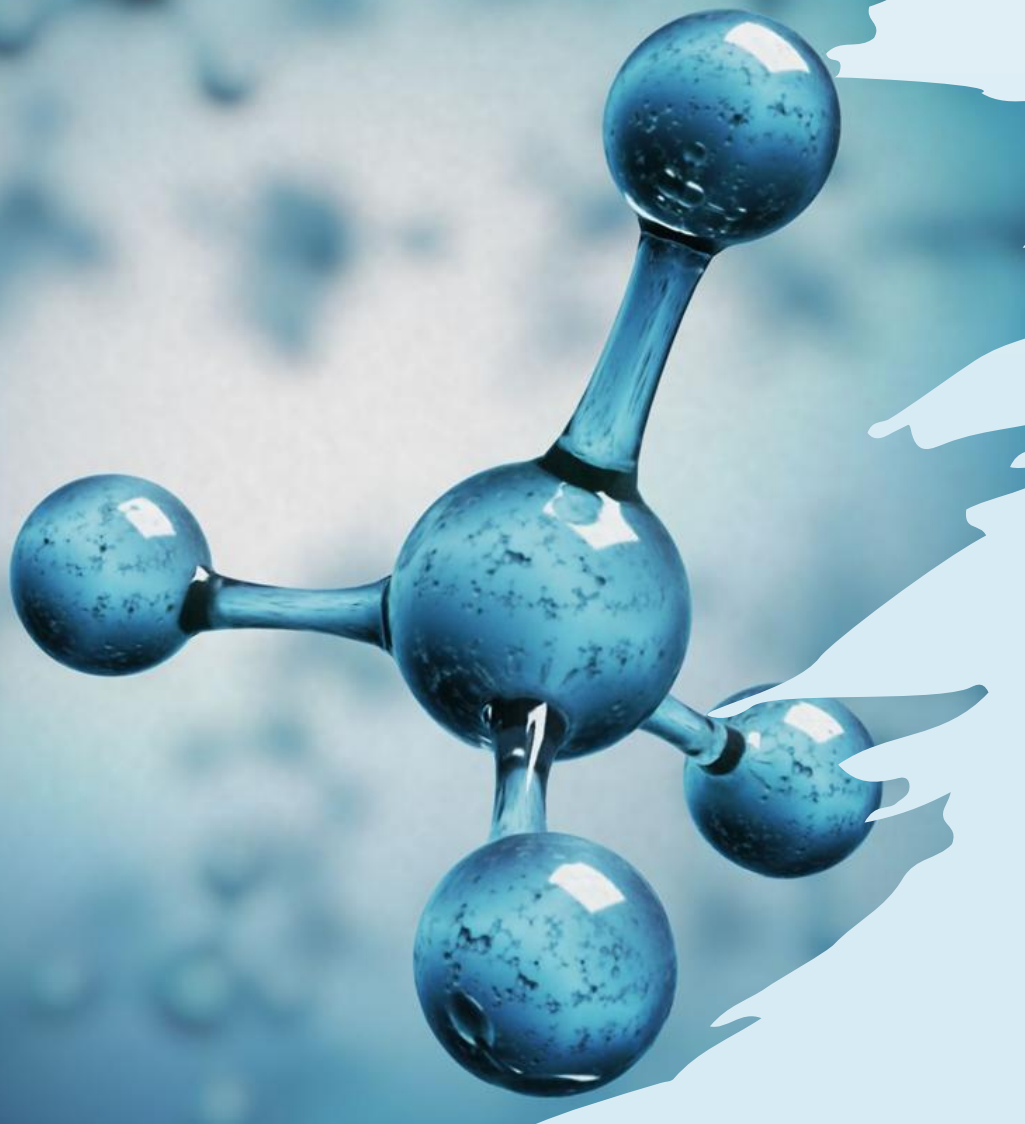
- Zn (Z = 30): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$;
- Helio (z = 2): $1s^2$

DIAMAGNÉTICO

- Hierro (z= 26) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$. FERROMAGNÉTICO

Terapia diamagnética

- La diamagnetoterapia es una técnica innovadora para el tratamiento mediante la aplicación de campos magnéticos. Se basa en la propiedad diamagnética de los tejidos, que les hace rechazar los campos magnéticos.
- Campos magnéticos de ALTA INTENSIDAD y FRECUENCIAS EXTREMADAMENTE BAJAS que inducen corrientes circulantes dentro del cuerpo humano y estas dependerán de que tan intenso sea el campo magnético exterior.
- Es así que corrientes elevadas nos producirá estimulación de nervios y músculos o afectar a otros procesos biológicos.

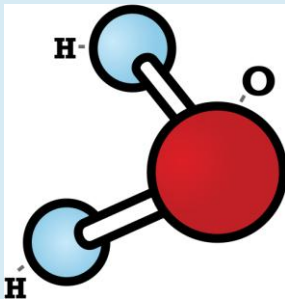


Qué es el diamagnetismo

- Concepto atribuido a Anton Brugmans quien observó en 1778 que el Bismuto era repelido por los campos magnéticos.
- Posteriormente William Whewell sugirió adoptar el término diamagnética para los materiales que se repelían a un campo y paramagnéticos para los que eran atraídos hacia el.
- Ben-Menahem, A. Historical Encyclopedia of Natural and Mathematical Sciences; Springer-Verlag: Berlin, 2009; pp 2244–2246.

Tejidos diamagnéticos

- Iones
- Agua
- Moléculas
- Algunas proteínas



Diamagnetismo

la ley de Lenz 1834

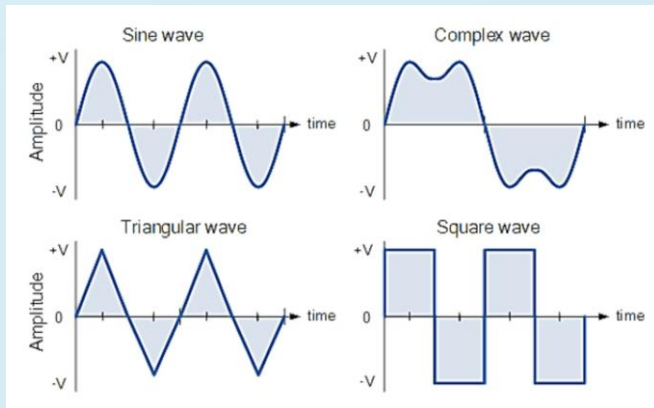
- El efecto se da con los tejidos diamagnéticos que se mueven en contra del flujo del campo magnético de alta intensidad.

Percentage of water in **biological tissues**

Tissue	Water (%)
Lung	83.74
Striated Muscle	79.52
Kidney	79.47
Digestive tract	79,07
Spleen	78,69
Brain, spinal cord, nerve trunks	73.69
Hearth	73,69
Pancreas	73,08
Liver	71,46
Skin	64,86
Adipose tissue	50.09
Skeleton	31.81
Teeth	5
Liquid Tissues	93,33
Remaining Solid Tissues	70,40

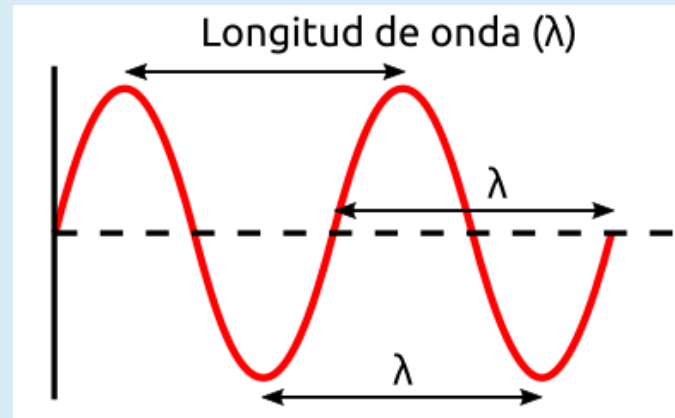
Especificidad del tratamiento modulando

- Formas de onda:

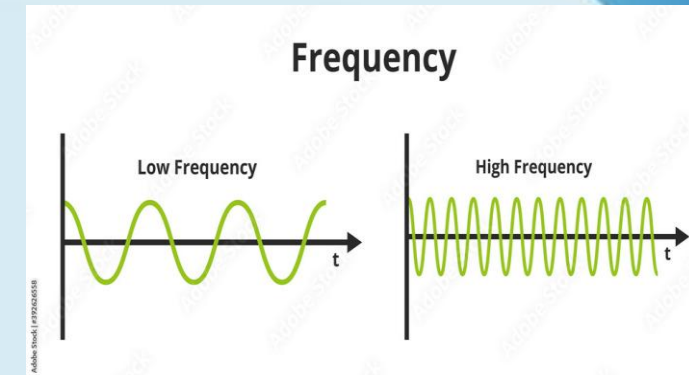


Premi E, Benussi A, La Gatta A, Visconti S, Costa A, Gilberti N, et al. Modulation of long-term potentiation-like cortical plasticity in the healthy brain with low frequency-pulsed electromagnetic fields.

- Longitudes de onda:

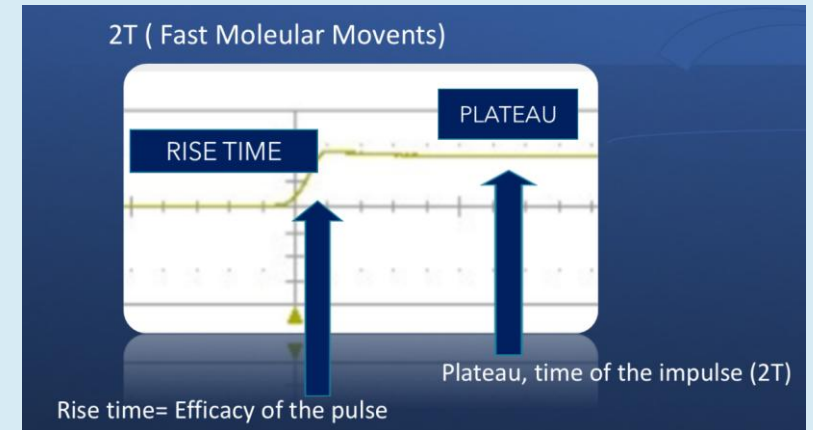
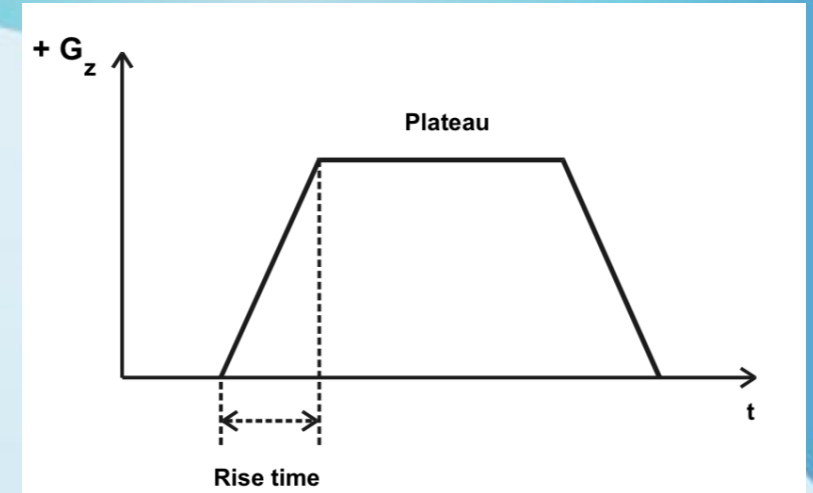


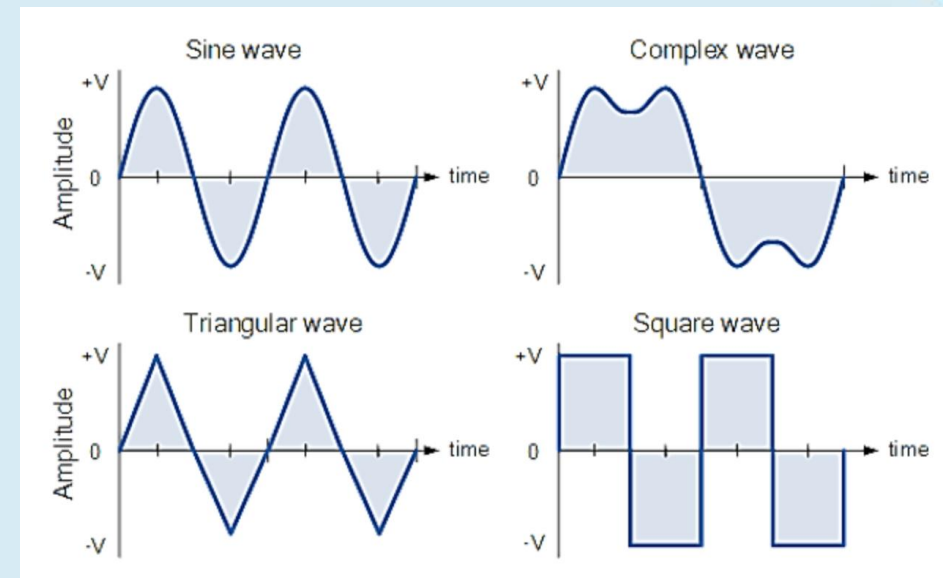
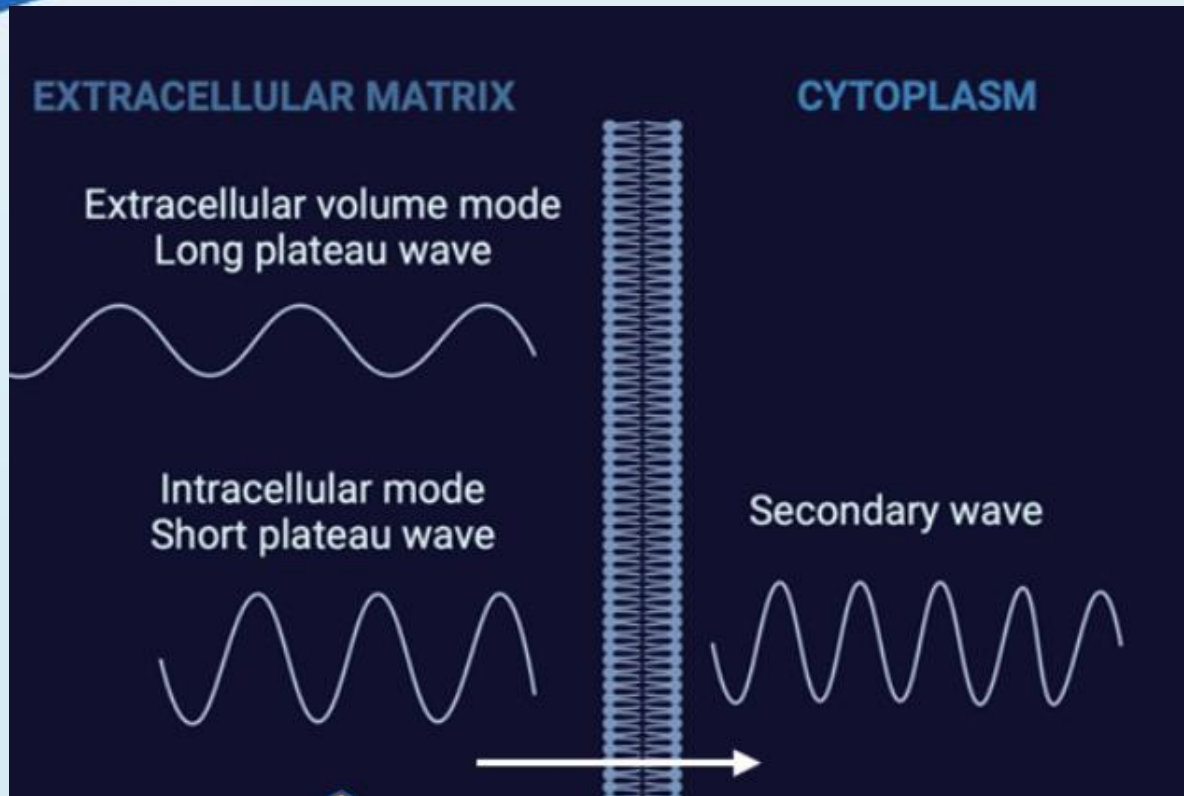
- Frecuencias:



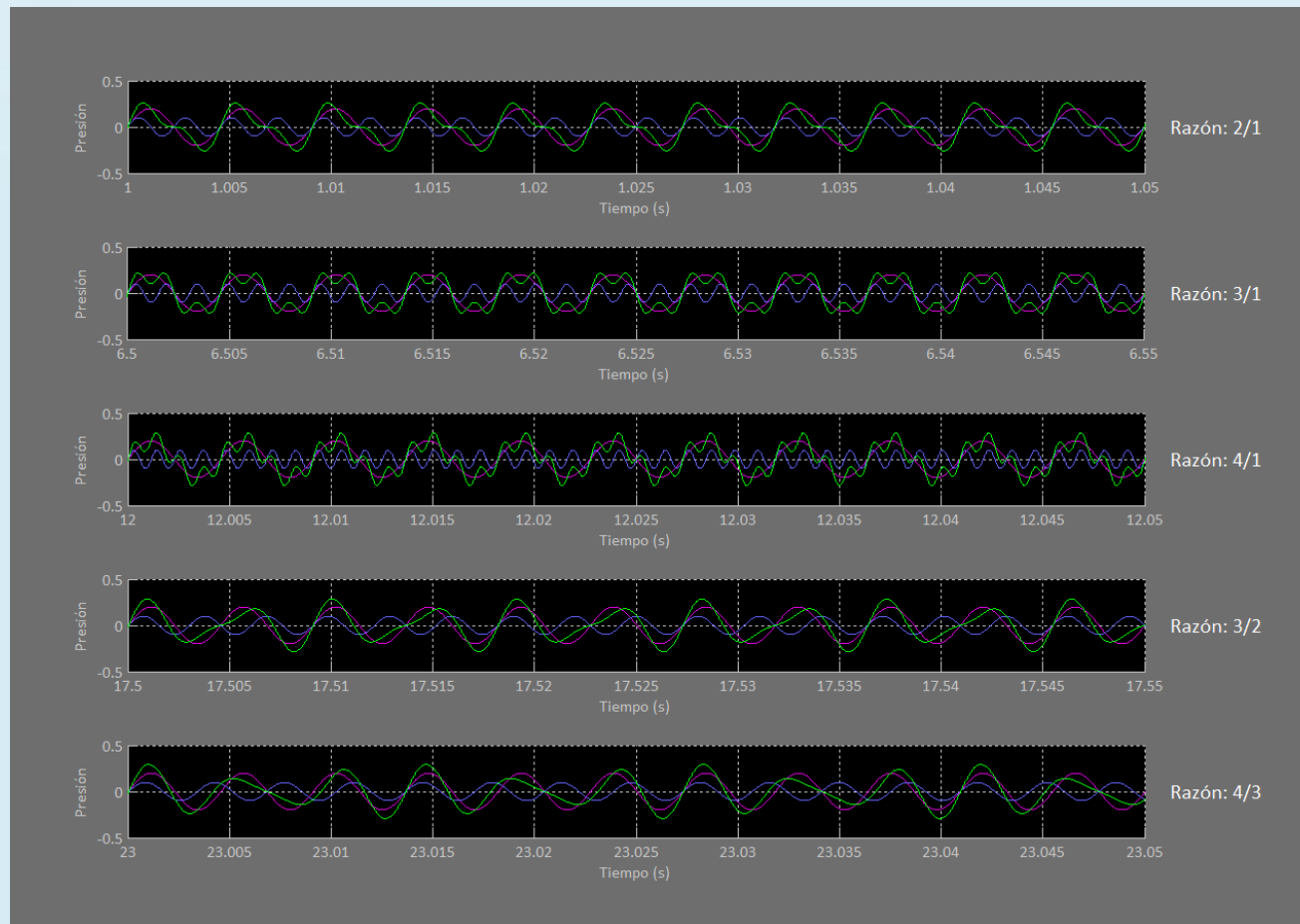
Plateau

- Los gradientes son los momentos que actúa de manera eficiente y específica en los tejidos se mide en microsegundos.
- El plateau tiempo de gradiente de trabajo.
- Mejores dispositivos llegan rápidamente al plateau. 100 microsegundos.



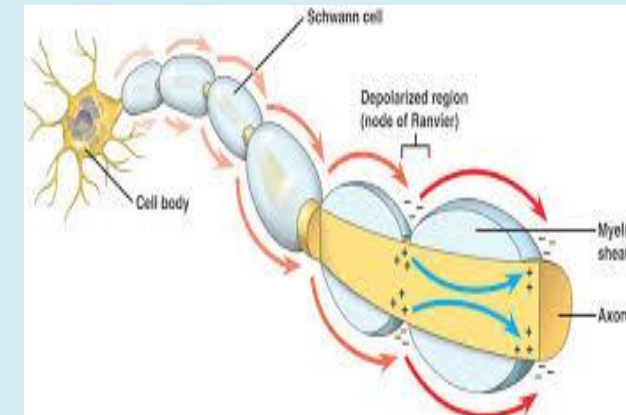
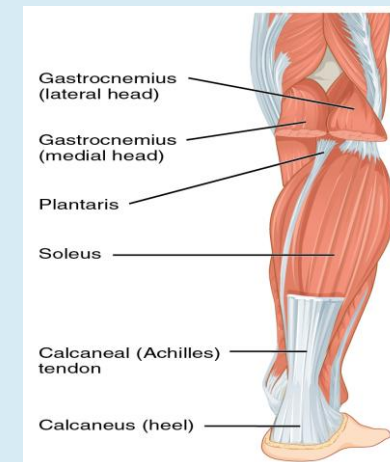
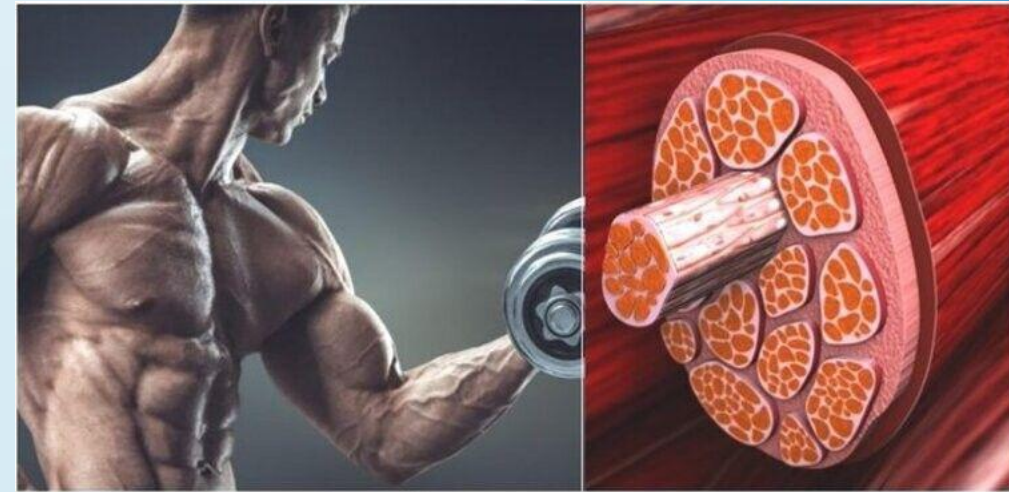


FRECUENCIA DE RESONANCIA

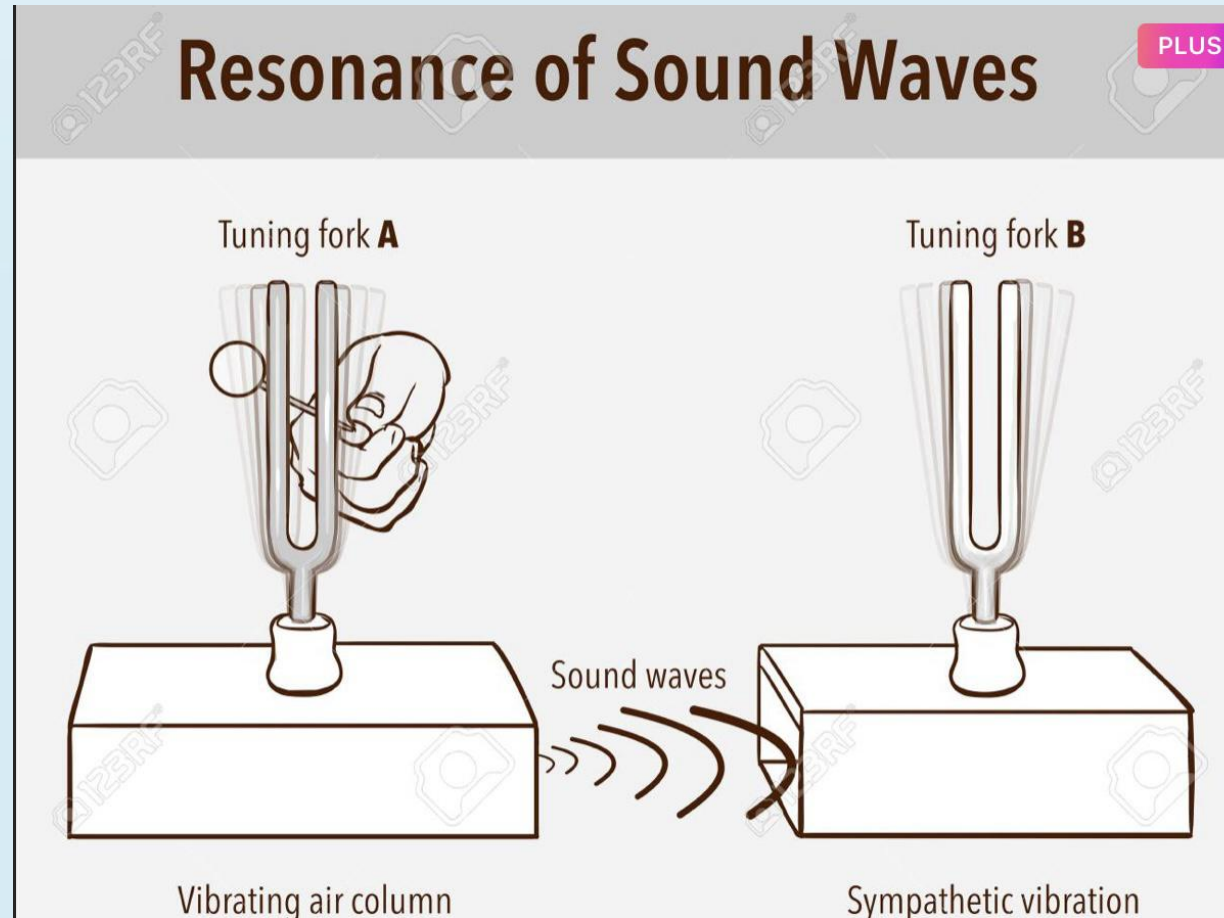


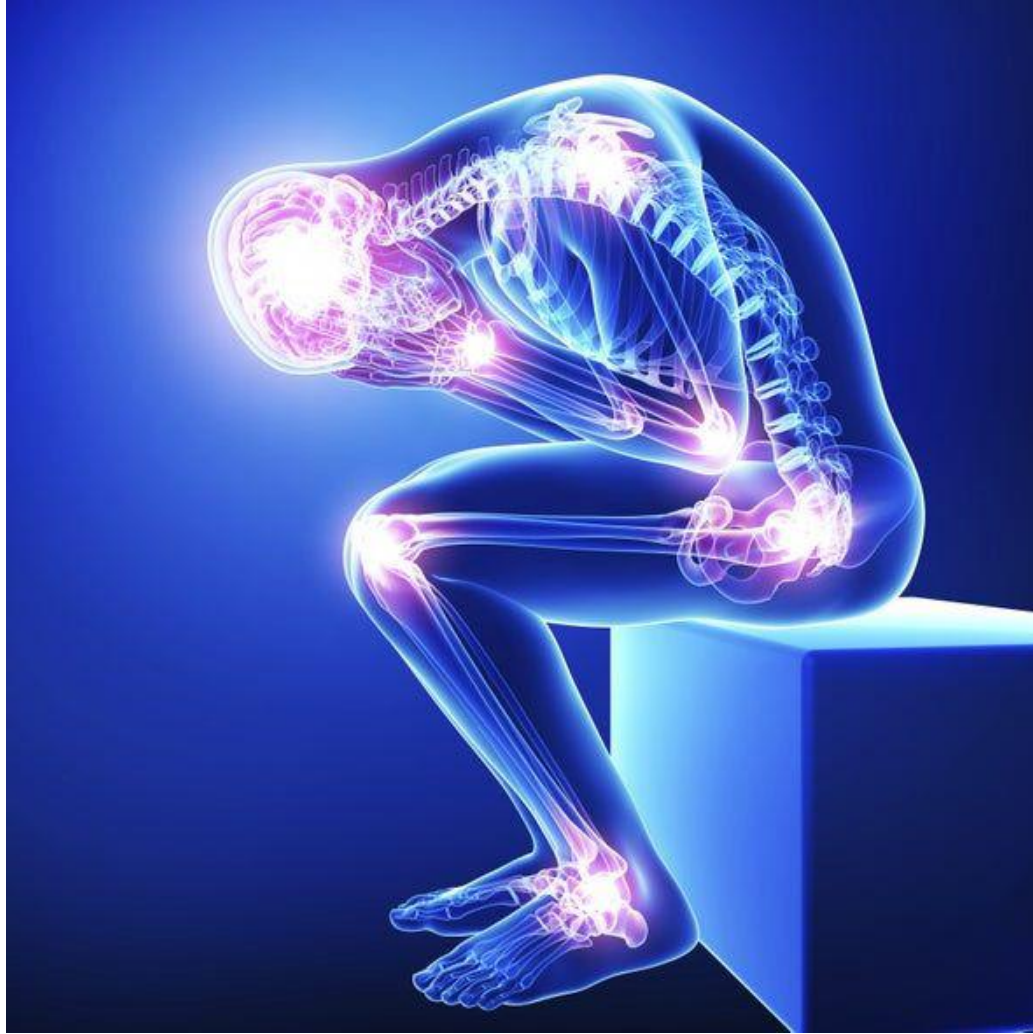
Frecuencias fisiológicas de estimulación

- Músculo liso: hasta 50hz.
- Músculo estriado: hasta 100hz.
- Tejido nervioso fibras lentas: hasta 1000 hz.
- Tejido nervioso fibras rápidas: hasta 5000hz.
- Acción celular: hasta 7000hz.
- Acción de membrana: hasta 10.000hz.
- Tejido tendinoso: superior a 10000hz.



DIAPASÓN





Diamagnétism O

- **Apoya los procesos regenerativos desde 4 grandes ramas:**
 1. Desplazamiento de líquidos desde el área intracelular y extracelular.
 2. Bioestimulación endógena.
 3. Control o modulación del dolor (nociceptivo y neuropático).
 4. Implantación molecular de medicamentos.

Propiedad del tejido

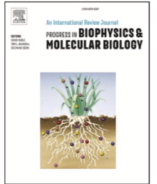
- Los tejidos tienen varias propiedades magnéticas, denominadas biomagnéticas.
- Mostrando respuestas diamagnéticas, paramagnéticas o ferromagnéticas.
- Proteínas tienden a tener mayor diamagnetismo que el agua, sin embargo los lípidos son menos diamagnéticos.



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Progress in Biophysics and Molecular Biology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/pbiomolbio



Biophysical mechanisms underlying the effects of static magnetic fields on biological systems

Bin Zhang^{a,b,c}, Xichen Yuan^{a,b,c,d}, Huanhuan Lv^{a,b,c}, Jingmin Che^{a,b,c}, Shenghang Wang^{b,e}, Peng Shang^{a,c,*}

^a Research & Development Institute of Northwestern Polytechnical University in Shenzhen, Shenzhen, 518057, China

^b School of Life Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, Shaanxi, 710072, China

^c Key Laboratory for Space Bioscience and Biotechnology, Institute of Special Environmental Biophysics, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, 710072, China

^d Yangtze River Delta Research Institute of Northwestern Polytechnical University, Taicang, 215400, China

^e Department of Spine Surgery, Affiliated Longhua People's Hospital, Southern Medical University, Shenzhen, 518057, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Static magnetic field
Biomagnetism
Biophysical mechanism
Biological effects

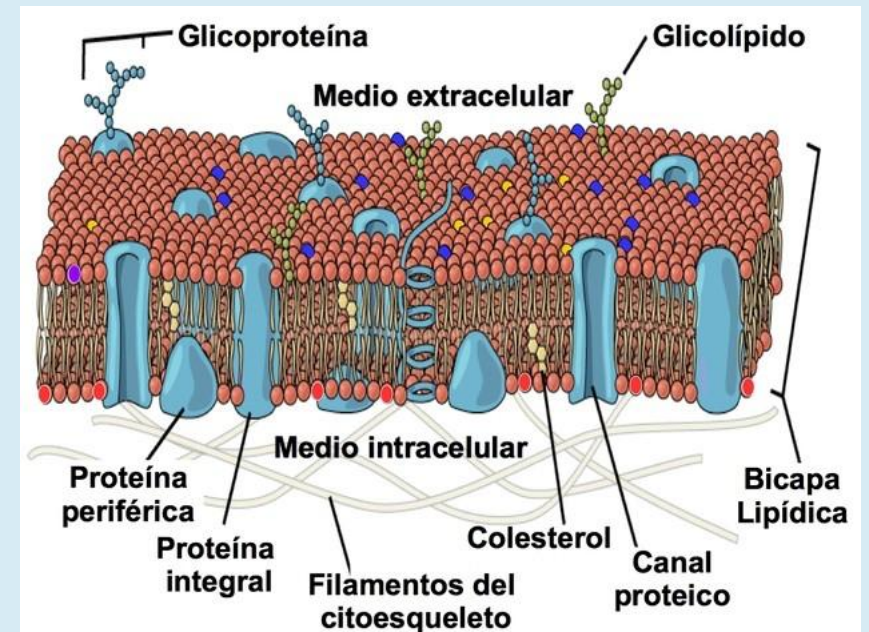
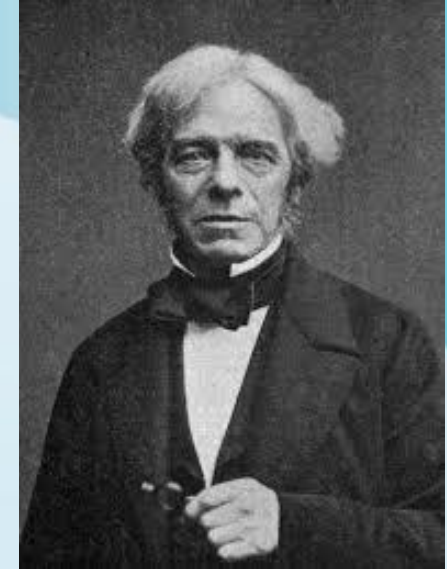
ABSTRACT

With the widespread use of static magnetic fields (SMFs) in medicine, it is imperative to explore the biological effects of SMFs and the mechanisms underlying their effects on biological systems. The presence of magnetic materials within cells and organisms could affect various biological metabolism and processes, including stress responses, proliferation, and structural alignment. SMFs were generally found to be safe at the organ and organism levels. However, human subjects exposed to strong SMFs have reported side effects. In this review, we combined the magnetic properties of biological samples to illustrate the mechanism of action of SMFs on biological systems from a biophysical point of view. We suggest that the mechanisms of action of SMFs on biological systems mainly include the induction of electric fields and currents, generation of magnetic effects, and influence of electron spins. An electrolyte flowing in a static magnetic field generates an induced current and an electric field. Magnetomechanical effects include orientation effects upon subjecting biological samples to SMFs and movement of biological samples in strong field gradients. SMFs are thought to affect biochemical reaction rates

Ley de Faraday

Faraday en 1821 nos muestra como el flujo de un campo magnético cercano a un circuito eléctrico genera dentro de este fuerzas electromotrices.

Siendo este el efecto terapéutico que tienen los campos magnéticos de alta intensidad sobre la membrana celular, gracias a sus compuestos hidrofóbicos e hidrofílicos.



Cambios en la maquinaria de las células vivas

1. Cambios en el potencial de membrana.
2. Apoyo en la difusión de proteínas grandes.
3. Interacción con los receptores de membrana, citoesqueleto y núcleo celular.

Modulation of the Cell Membrane Potential and Intracellular Protein Transport by High Magnetic Fields

Vitalii Zablotskii ¹, Tatyana Polyakova ¹, Alexandr Dejneka ¹

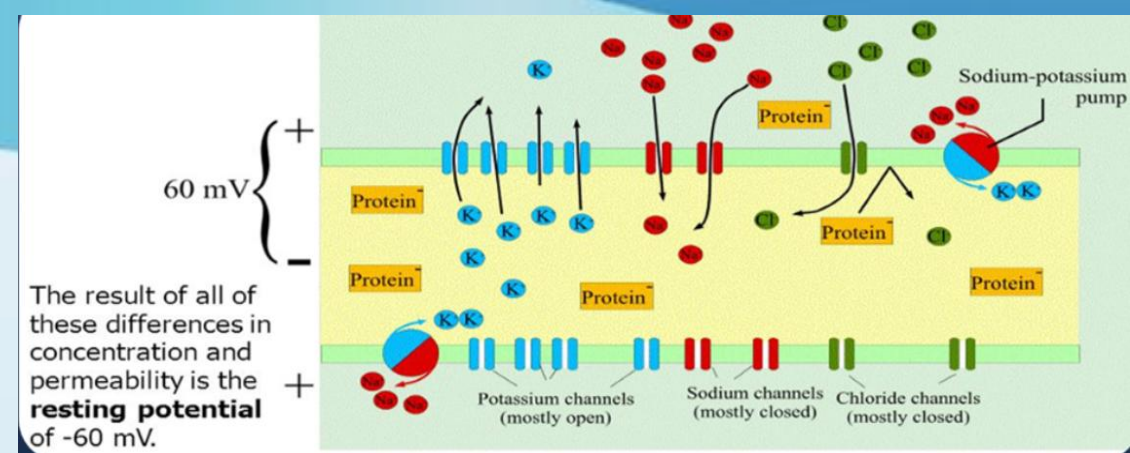
Affiliations + expand

PMID: 33179821 DOI: [10.1002/bem.22309](https://doi.org/10.1002/bem.22309)

Abstract

To explore cellular responses to high magnetic fields (HMF), we present a model of the interactions of cells with a homogeneous HMF that accounts for the magnetic force exerted on paramagnetic/diamagnetic species. There are various chemical species inside a living cell, many of which may have large concentration gradients. Thus, when an HMF is applied to a cell, the concentration-gradient magnetic forces act on paramagnetic or diamagnetic species and can either assist or oppose large particle movement through the cytoplasm. We demonstrate possibilities for changing the machinery in living cells with HMFs and predict two new mechanisms for modulating cellular functions with HMFs via (i) changes in the membrane potential and (ii) magnetically assisted intracellular diffusiophoresis of large proteins. By deriving a generalized form for the Nernst equation, we find that an HMF can change the membrane potential of the cell and thus have a significant impact on the properties and biological functionality of cells. The elaborated model provides a universal framework encompassing current studies on controlling cell functions by high static magnetic fields. *Bioelectromagnetics*. 2021;42:27-36. © 2020 Bioelectromagnetics Society.

Potencial de membrana



- Puede verse modificado entre 1 a 10 mV cuando es sometido a campos magnéticos pulsados de alta intensidad, gracias a la apertura de los canales de sodio y potasio.
- Algunos estudios han demostrado que la membrana puede tener efectos gracias al estrés mecánico que sufren los canales iónicos. Treger, 2016.
- Campos magnéticos pueden afectar la difusión de las partículas biológicas a través de la ley de Lorentz cambiando potenciales de membrana.

Treger, 2015. Single-molecule fluorimetry and gating currents inspire an improved optical voltage indicator.

- Tenemos la posibilidad de generar hiperpolarización e despolarización de la membrana.
- Células no diferenciadas tienen un bajo potencial de membrana, lo que permite despolarizarlas rápidamente.
- Células maduras tienden a estar hiperpolarizadas.

Modulation of the Cell Membrane Potential and Intracellular Protein Transport by High Magnetic Fields

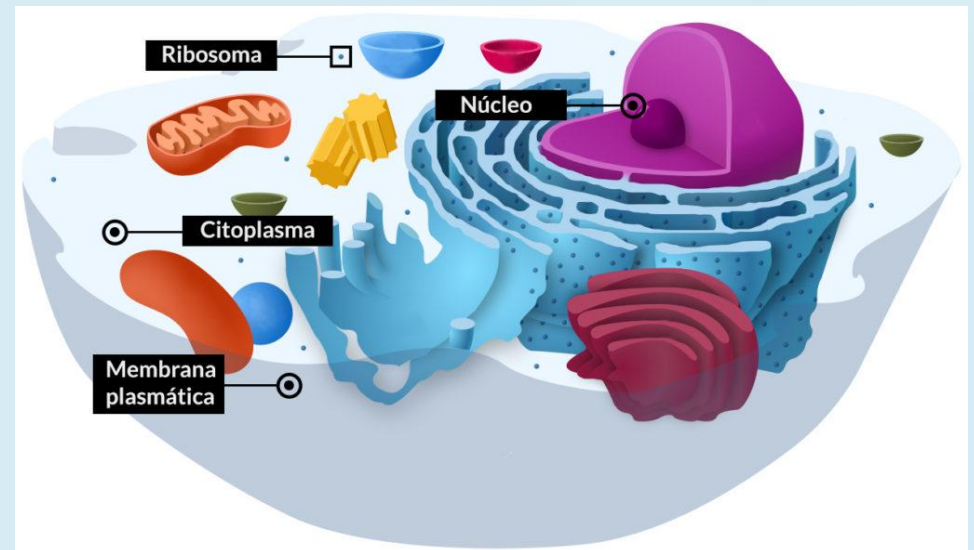
Vitalii Zablotskii ,* Tatyana Polyakova , and Alexandr Dejneka 

Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences, Prague, Czech Republic

To explore cellular responses to high magnetic fields (HMF), we present a model of the interactions of cells with a homogeneous HMF that accounts for the magnetic force exerted on paramagnetic/diamagnetic species. There are various chemical species inside a living cell, many of which may have large concentration gradients. Thus, when an HMF is applied to a cell, the concentration-gradient magnetic forces act on paramagnetic or diamagnetic species and can either assist or oppose large particle movement through the cytoplasm. We demonstrate possibilities for changing the machinery in living cells with HMFs and predict two new mechanisms for modulating cellular functions with HMFs via (i) changes in the membrane potential and (ii) magnetically assisted intracellular diffusiophoresis of large proteins. By deriving a generalized form for the Nernst equation, we find that an HMF can change the membrane potential of the cell and thus have a significant impact on the properties and biological functionality of cells. The elaborated model provides a universal framework encompassing current studies on controlling cell functions by high static magnetic fields. *Bioelectromagnetics*. 2021;42:27–36. © 2020 Bioelectromagnetics Society.

Impacto celular

- Los campos magnéticos de alta intensidad apoyan el flujo activo de moléculas tanto en el área intracelular como extracelular.
- Regulando cambios en los potenciales eléctricos de la membrana, gracias a la mejora de permeabilidad a nivel de la membrana celular.
- Cambios en la motilidad celular.
- Activaciones intracelular
- Reacciones mitocondriales y enzimáticas.
- Mejoría de la comunicación celular.



Apoyo en la difusión

- Se encuentra que los campos magnéticos aceleran la difusión de las moléculas diamagnéticas y por el contrario reduce las paramagnéticas.



cells



Article

Effects of High Magnetic Fields on the Diffusion of Biologically Active Molecules

Vitalii Zablotskii ^{1,2,*}, Tatyana Polyakova ¹ and Alexandr Dejneka ¹

Diffusion is one of the most pervasive processes that controls many mechanisms in cell machinery. The diffusion rate governs the characteristic time scale for intracellular processes, which play pivotal roles in many cell functions such as regulation of cell membrane potential, cell motility, division, gas exchange, intracellular transport, and cell signaling. Thus, since diffusion is often the dynamic basis for a broad spectrum of different intracellular processes, cell functions could be modified by a proper tuning of the diffusion rate of some diffusing species, e.g., tuning of the diffusion coefficient with a magnetic field.

3. Conclusions

We analyzed the roles of static MFs and the magnetic concentration-gradient forces in diffusion of paramagnetic and diamagnetic molecules. It was shown that a high magnetic field accelerated the diffusion of diamagnetic molecules and reduced the diffusion of paramagnetic molecules. We revealed the underlying mechanisms of magnetically affected diffusion and the key parameter that determines the strength of an MF's effect on diffusion, namely, the ratio between the magnetic field's energy and that of thermal fluctuations (see Equation (7)). The proposed mechanisms and the predicted MF's effect on diffusion



SEGURIDAD DE LA BOMBA DIAMAGNÉTICA O CTU MEGA 20

Estefania.torres@urosario.edu.co

Gracias por su atención

