Electromagnetic Fields

Lecture 7

Magnetostatics 2

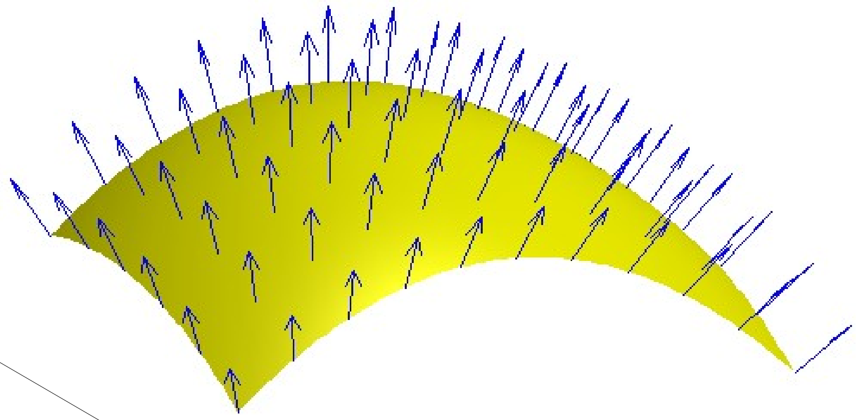
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Flux

The magnetic flux

Amount of magnetic field passing through a given surface

$$\iint \boldsymbol{B} \cdot d\,\boldsymbol{S} = \Phi_m$$



Magnetic flux density (vector field)

Dot product

Surface normal vector

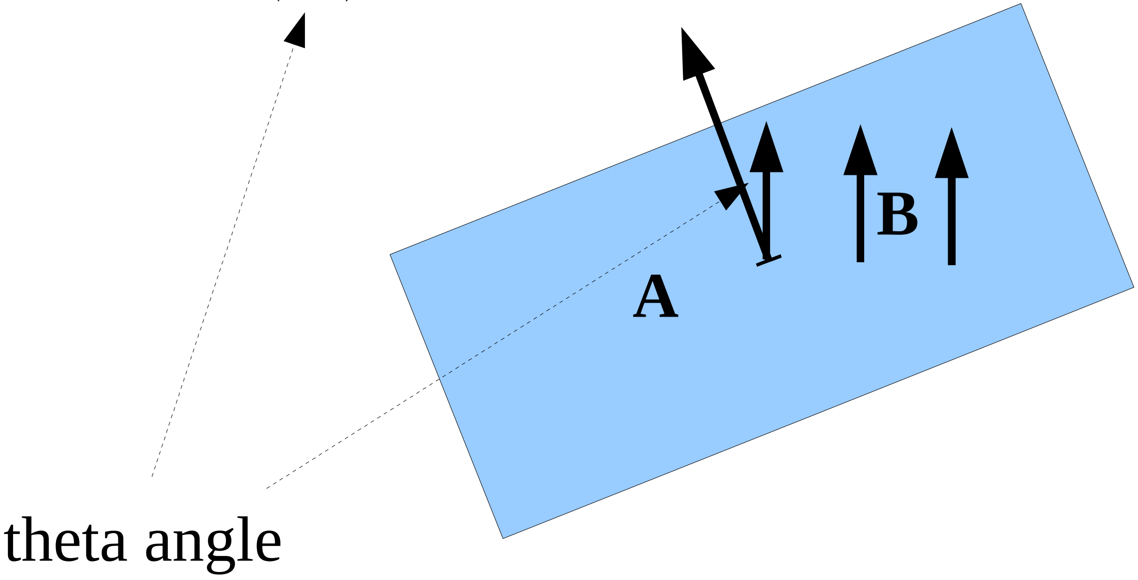
Magnetic flux is measured in Webers [Wb].

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Flux

- Uniform B with flat surface

$$\Phi_m = \boldsymbol{B} \cdot \boldsymbol{A} = B\,A\cos(\theta)$$



Flux

Magnetic flux throw closed surface

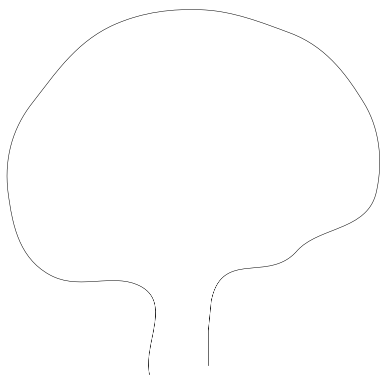
$$\Phi_m = \oint \mathbf{B} \cdot d\,\mathbf{S} = 0$$

Gauss's law for magnetism. Magnetic monopoles do not exist.

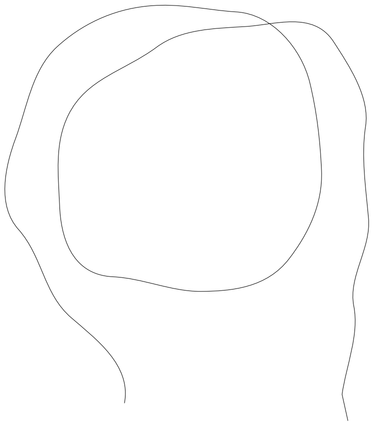
Electromagnetic coil

- Definition of coil

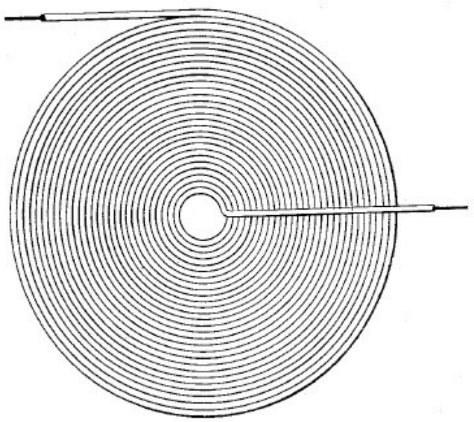
Series of wire loops connected in the way which produce stronger magnetic field.



Single loop



Two loops coil

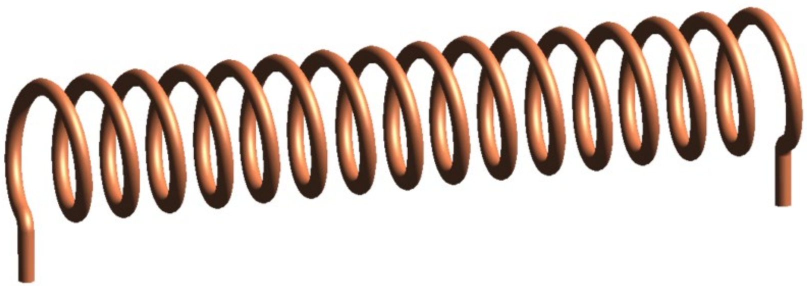


Tesla flat coil

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Solenoid coil

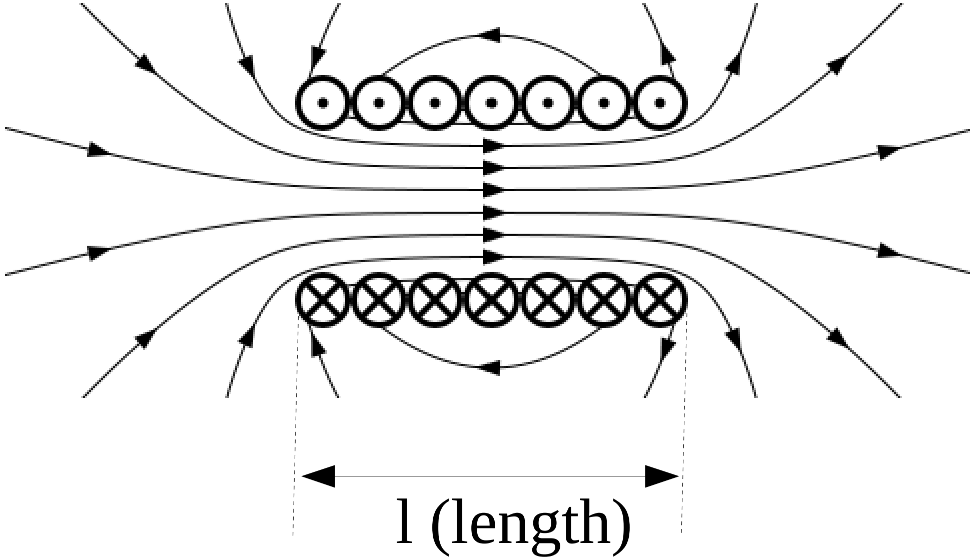
N turns of wire wrapped around cylinder



Using Ampere's law with assumption field outside of the coil weak:

$$B\,l = \mu_0 N\, I$$

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{N\, I}{l}$$

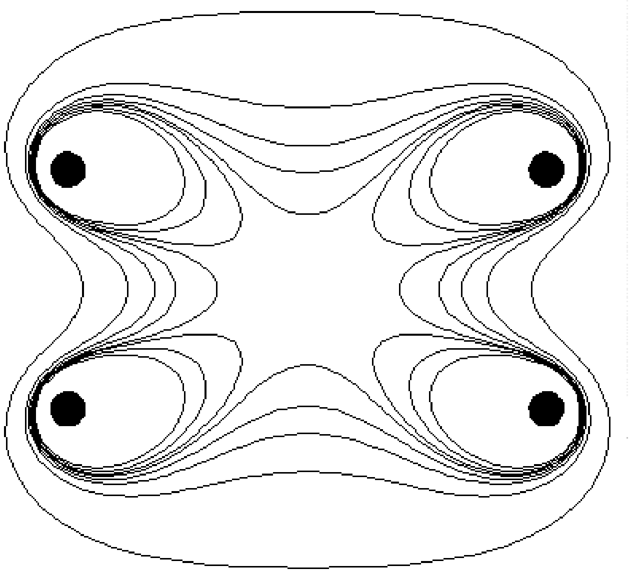


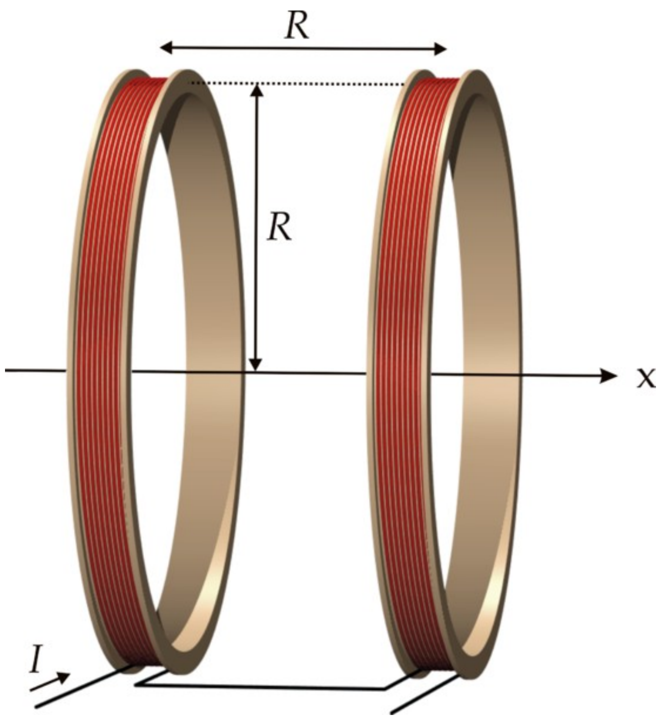
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Helmholtz Coil

Coil for a nearly uniform magnetic field

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{\mu_0 n I}{R}$$



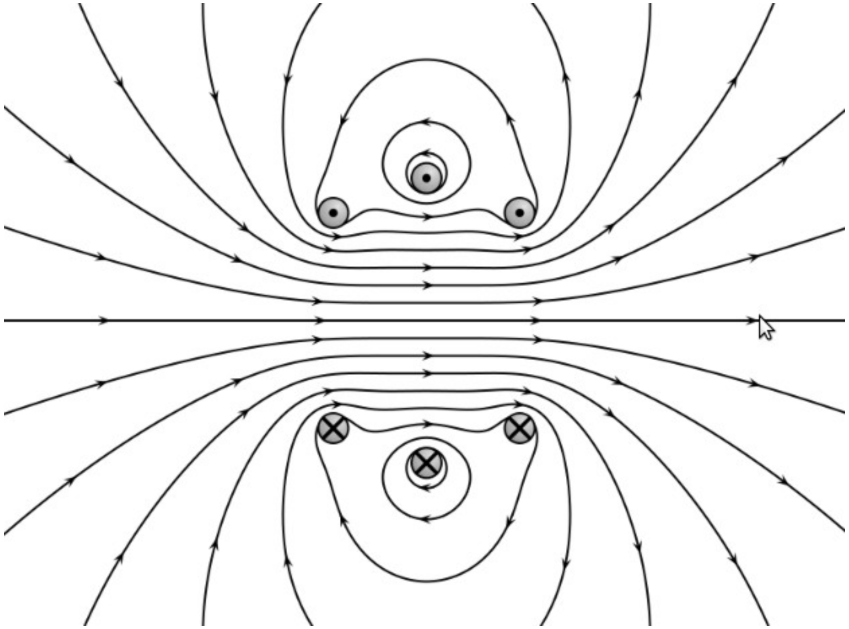


[Wikipedia]

Maxwell Coil

Coil for a large volume of nearly uniform magnetic field

(or constant gradient)



Flux linkage

Flux linkage is a property of a coil of conducting wire and the magnetic field through which it passes. It is determined by the number of turns (N) and the flux of the magnetic field . Φ_m

$$\Psi = N\,\Phi_m$$

Flux linkage is measured in weber-turns or [Vs] volt second.

Inductance

Self inductance

Property of circuit describing ability to store magnetic field energy.

$$L = \frac{\Psi}{I}$$

Flux linkage in the coil

Current flowing in the coil

Self-inductance

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Inductance

Mutual inductance

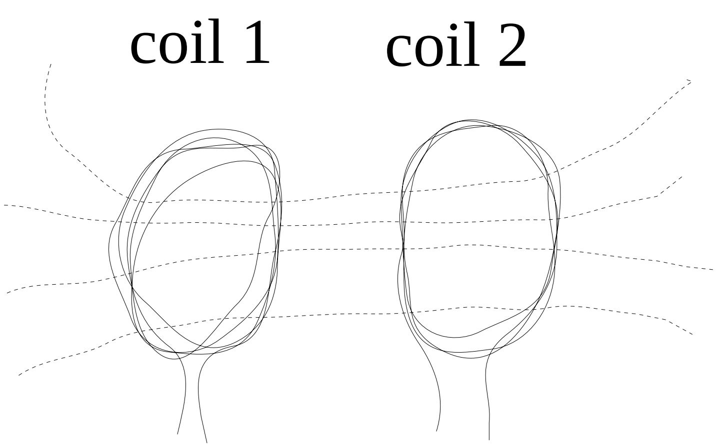
Measure of magnetic coupling between two inductors.

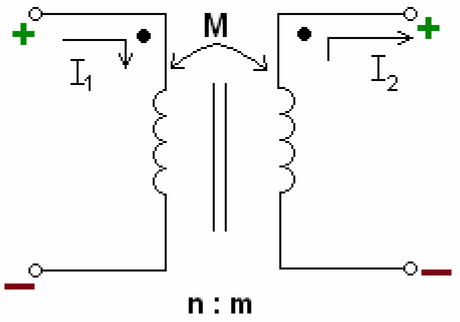
$$M_{12} = \frac{\Psi_{12}}{I_2} \qquad M_{21} = \frac{\Psi_{21}}{I_1}$$

$$M_{12} = M_{21} = M$$

$$M = k\sqrt{L_1 L_2}$$

k - coupling coefficient

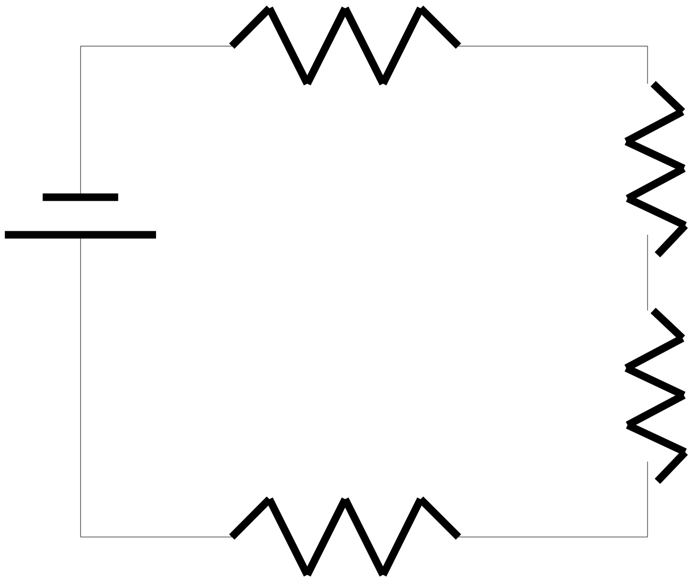


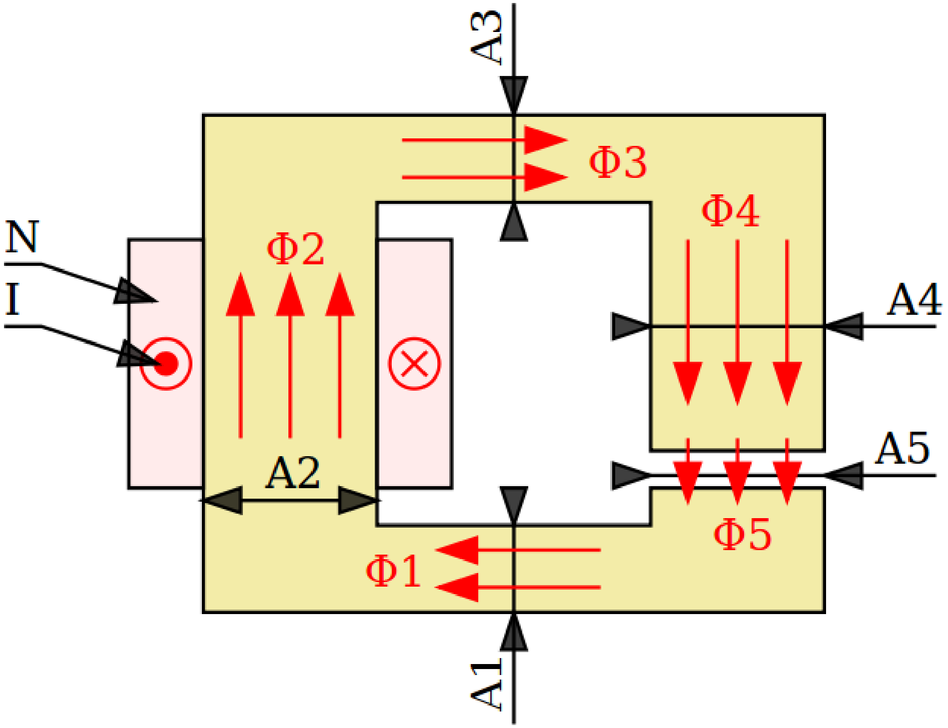


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Magnetic circuits

Analogy between electrical circuit theory and magnetic circuit theory.





[Wikipedia]

Magnetic circuts

Electric circuit		Magnetic circuit	
Voltage	U	Magnetomotive force (MMF)	F = N I
Current	I	Magnetic flux	Φm
Electric field	E	Magnetic field	H
Ohm's Law	U = I R	Hopkinsons' Law	F = Φm Rm
Resistance	R	Reluctance	Rm
Current density	J	Flux density	B
Conductivity	σ	Permeability	μ

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

References

References:

Deventra K. Mistra: Practical Electromagnetics, From Biomedical Science to Wireless Communication, Wiley-Interscience, 2007

Joseph F. Becker: Physics 51 - Electricity & Magnetis, Califonia State University http://www.physics.sjsu.edu/becker/physics51/

some figures were taken from Wikipedia.

Licence: