



Física IV

Prática I

Sandro Fonseca de Souza

Normas e Datas



- Atendimento ao estudante: sexta-feira de 14:00 - 15:00 na sala 3016 A.
- Presença é obrigatória as aulas de lab. e os alunos somente podem faltar a uma prática.
- A partir da segunda falta a média de lab. será reduzida em 10%
- Os alunos com menos de 75% de presença serão reprovados por falta.

Normas e Datas



- PI lab: 08/10 na sala 3050F no horário da aula.
- P2: lab 03/12 na sala 3050F no horário da aula.
- Não haverá reposição da prova do lab.
- Haverá somente 2 aulas de reposição para cada prática perdida antes de cada prova. O aluno poderá somente repor uma única que compõe cada umas das provas.
- Entretanto, solicitações extraordinárias devem ser feitas por escrito na secretaria do DFNAE (3001A).
- Cada estudante receberá um formulário sobre o método dos mínimos quadrados e deverá fazer suas próprias cópias dos mesmos.

dfnae.fis.uerj.br/twiki/bin/view/DFNAE/FisicaExp

Most Visited Getting Started Cambridge Dictio... CMS_jobs Gmail Language Tools YouTube - sfons... hypernews cms ... Latest Headlines [CMSSW] Index of... [CMSSW] Index of / Getting Started Latest Headlines

DFNAE

Main | UERJ

Laboratório:

Apostila:

• [Apostila](#)

Roteiros:

• [Folhas de Dados](#)

Slides:

• [Dados da turma](#)

--  Dilson Damiano - 2015-03-26

Comments

Add comment

<http://dfnae.fis.uerj.br/twiki/bin/view/DFNAE/FisicaExp>

Aula de Hoje

- Medidas, Ajustes e Gráficos;
- Métodos dos Mínimos Quadrados-MMQ.
- Prática I: Transformadores

Principais fontes de erros em medidas experimentais

Erros sistemáticos

- Tem sua origem:
 - ✓ Erro da medida;
 - ✓ Falta de ajuste do instrumento de medida;
 - ✓ Calibração do instrumento.
- Exemplos:
 - ✓ Procedimento do experimentador;
 - ✓ Alinhamento incorreto do instrumento.

Erros estatísticos

- Tem sua origem:
 - ✓ Ocorrem por variações incontrolláveis e aleatórias dos instrumentos de medida;
 - ✓ Condições externas, por exemplo:
 - ▶ Temperatura;
 - ▶ Umidade do ar;
 - ▶ Variação da rede elétrica.

Como você deve proceder com suas medidas experimentais.



- Minimizar ao mínimo as fontes de erros sistemáticos em suas medidas.
- De modo que restam “apenas” os erros estatísticos que podem ser tratados por métodos matemáticos.

Experimento Opera

Cern test 'breaks speed of light'

0.0024 seconds

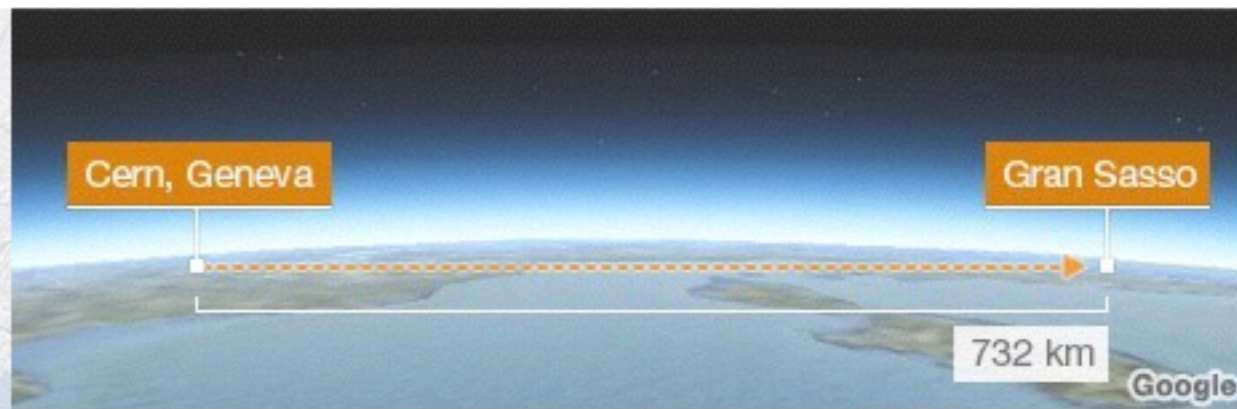
time taken by neutrinos

0.00000006 seconds

faster than the expected time

732 km

distance travelled through rock



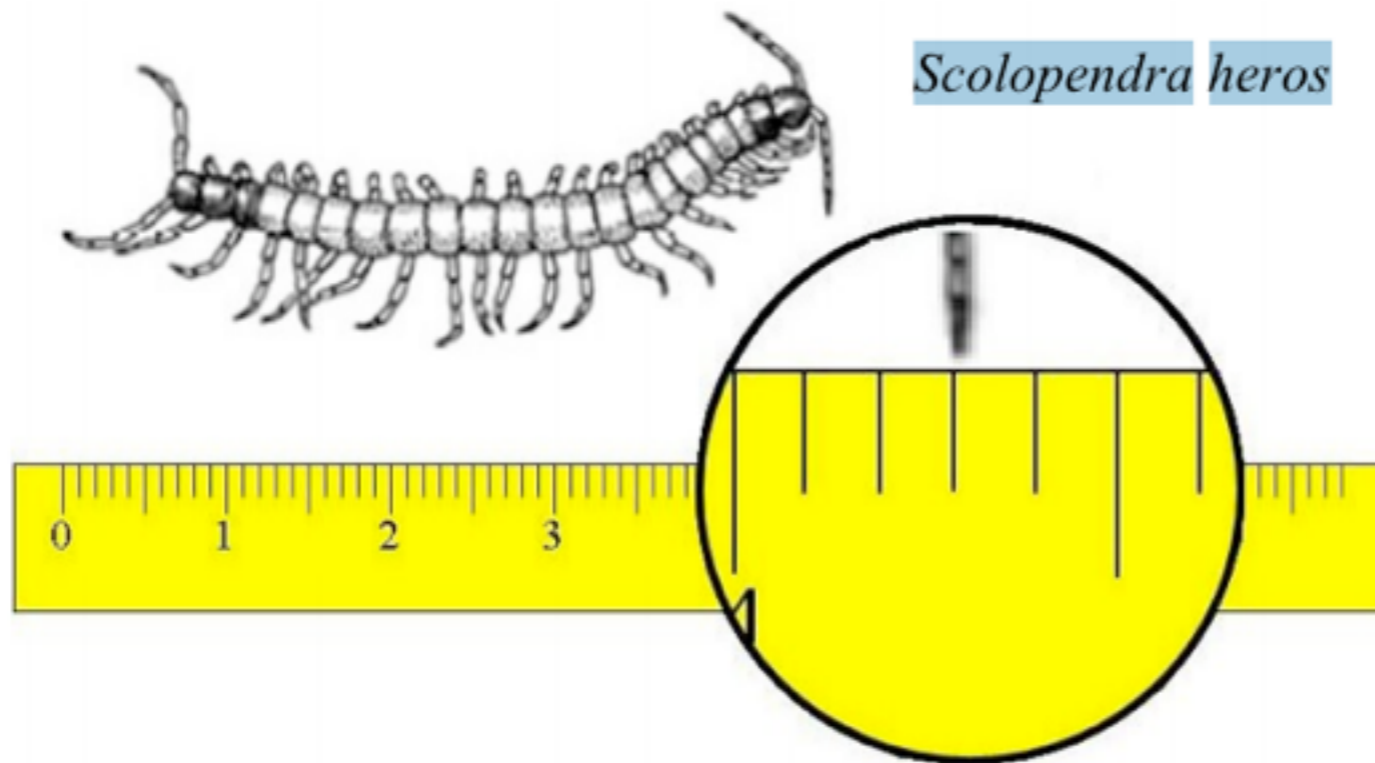
Cern, Switzerland: A beam of neutrino particles is sent through rock towards Italy



Gran Sasso, Italy: Bricks with ultrasensitive covering at underground laboratory detect arrival

- <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-17139635>

Algarismos Significativos



Scolopendra heros

Qual é o comprimento a final?

4,32

Algarismo duvidoso

4,32 ± 0,05

Erro: metade da menor divisão

**Quais são os algoritmos
significativos?**

Algarismos Significativos

Qualquer algarismo à direita, no sentido usual de leitura, do primeiro algarismo não nulo

Exemplos:

0,02	⇒ 1 algarismo significativo
0,2	⇒ 1 algarismo significativo
2	⇒ 1 algarismo significativo
2,0	⇒ 2 algarismos significativos
2,00	⇒ 3 algarismos significativos
2000	⇒ 4 algarismos significativos
$2,0 \times 10^3$	⇒ 2 algarismos significativos

Aproximações

$$N = 3,87 \mathbf{XY} \left\{ \begin{array}{l} N = 3,88 \text{ se } X > 5 \\ N = 3,87 \text{ se } X < 5 \\ \text{Se } X = 5 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{se } Y \geq 5 \text{ depois de } X \Rightarrow N = 3,88 \\ \text{se } Y < 5 \text{ depois de } X \Rightarrow N = 3,87 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Operações

Soma:

$$135 + 2,73 - 10,57 - 4,3 + 0,8 \cong 135 + 3 - 11 - 4 + 1 = 124$$

Multiplicação e divisão:

$$24,63 \times 12,3 = 302 \text{ n}^\circ. \text{ de algs. significativos} = \text{ao que tem menos}$$

Regra prática:

$$\begin{array}{r} 135,xx + \\ 2,73 - \\ 10,57 - \\ 4,3x+ \\ 0,8x \\ \hline 124,xx \end{array}$$

Regra prática:

$$\begin{array}{r} 24,63 \\ 12,3x \\ \hline xxxx \\ 7389 \\ 4926 \\ 2463 \\ \hline 302 \end{array}$$

Em operações tipo $\text{sen}N$, $\text{cos}N$, $\text{exp}(N)$, $\text{log}(N)$, o problema é bem mais complicado.

Por exemplo:

$$\text{exp}(0,455) = 1,576$$

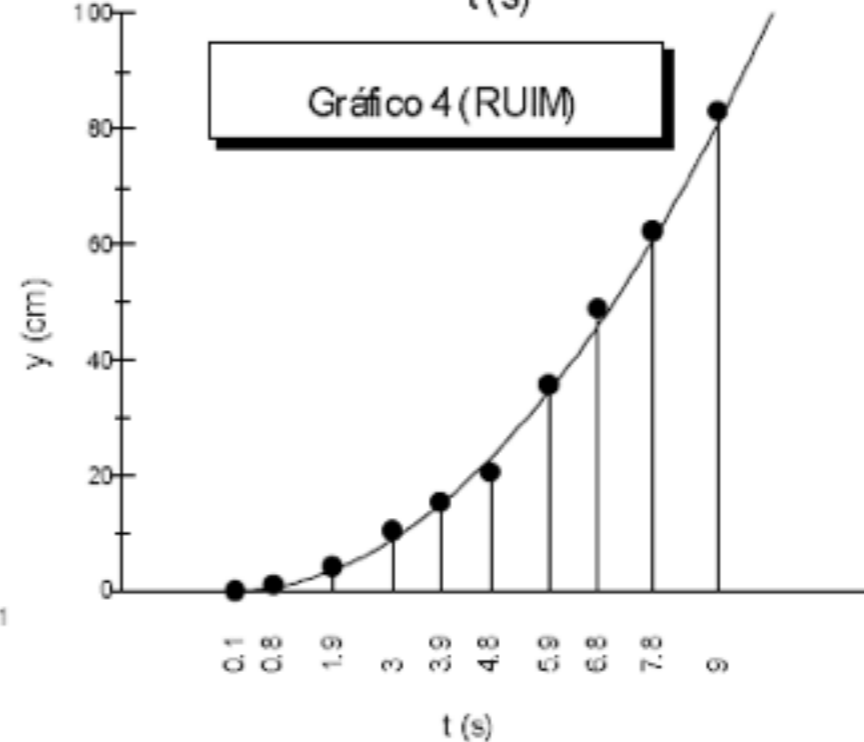
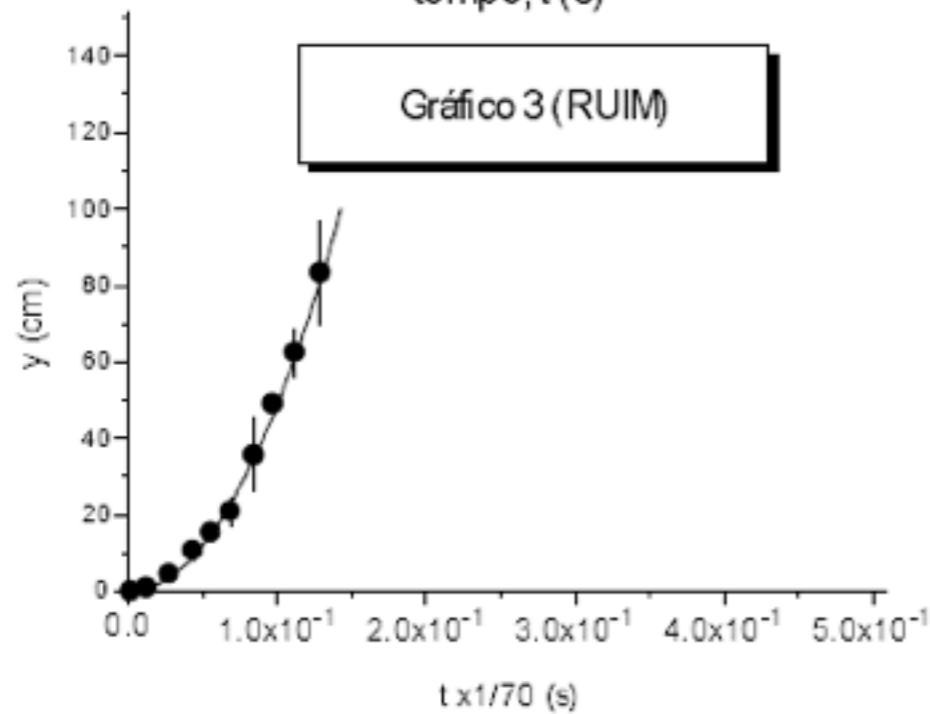
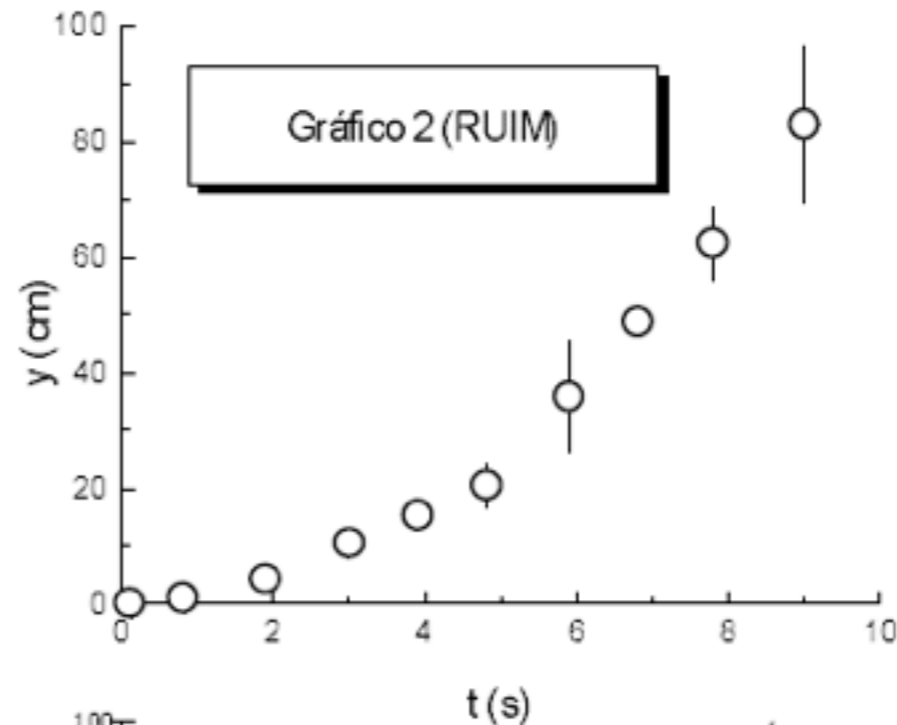
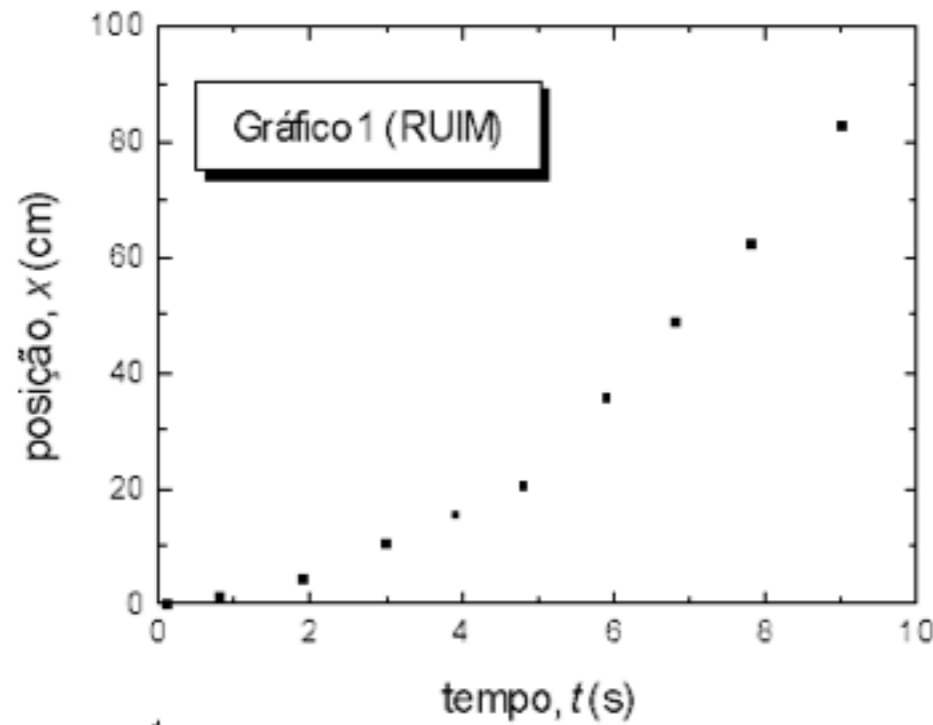
$$\text{sen}(0,45) = 1,568$$

$$\text{sen}(0,445) = 1,560$$

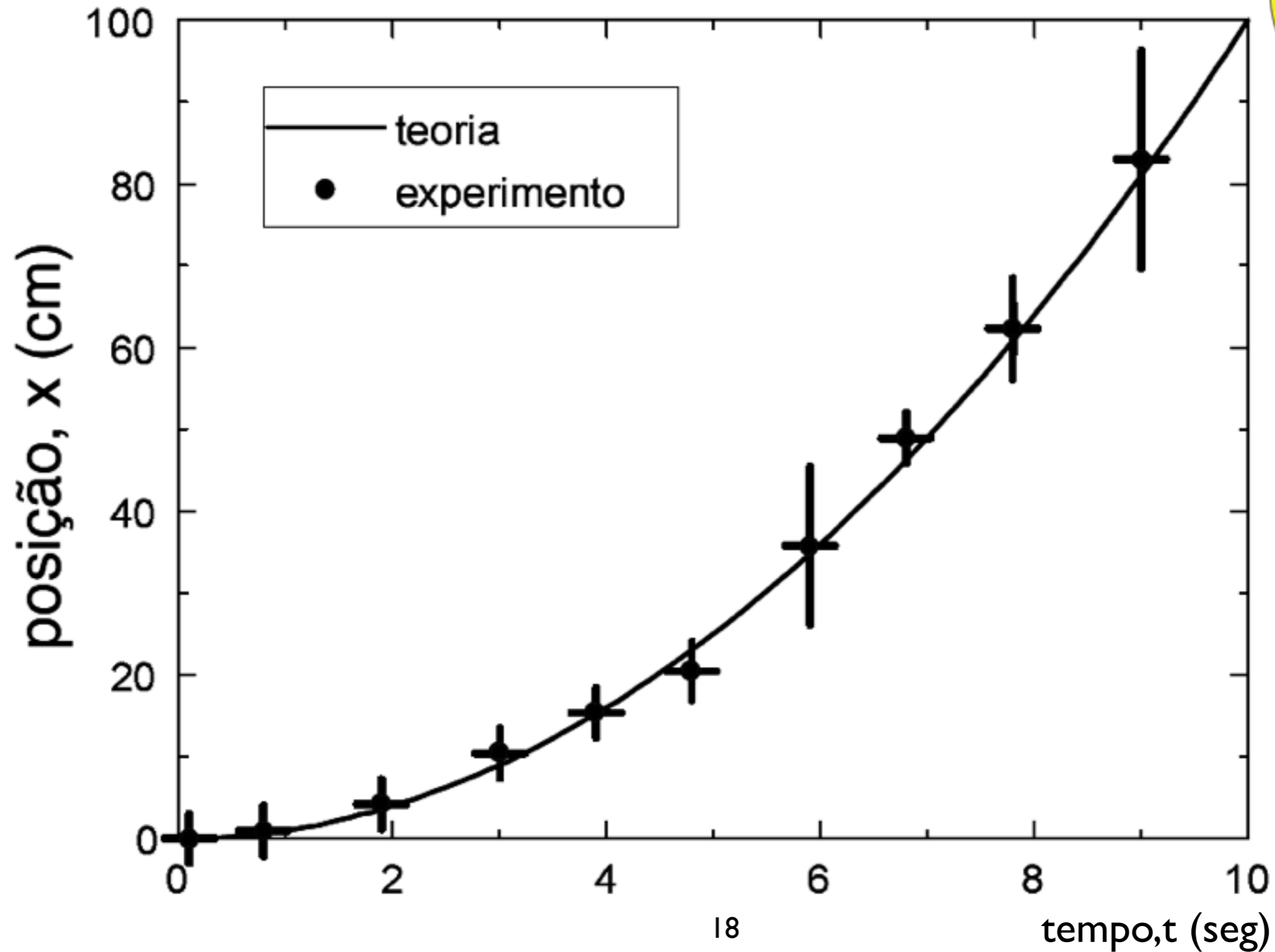
$$1,57 \pm 0,1$$

Dominando os Gráficos

Gráficos



Gráficos



Ajuste de Funções

Métodos dos Mínimos Quadrados



- Encontrar a melhor curva regular que se ajuste aos dados experimentais.
- Pode-se usar um critério individual para traçar uma curva que se ajuste a um conjunto de dados.
- Entretanto, afim de evitar este tipo de critério, vamos utilizar o MMQ que possibilita encontrar uma curva que melhor representa um determinado conjunto de dados experimentais.

Métodos dos Mínimos Quadrados

Vamos definir uma função linear do tipo: $y' = m.x + b$

Pelo MMQ a função de melhor se ajusta ao conjunto de dados experimentais, é aquela que minimiza a soma do quadrado dos desvios,

$$\sum_{i=1}^N (y_i - y'_i)^2$$

valor
experimental

valor obtido
pela função

Métodos dos Mínimos Quadrados

Considerando todos os dados, temos que o conjunto de desvios:

$$d_i = y_i - (m.x_i + b), i = 1, 2, \dots, N$$

Assim utilizando o quadrado da soma dos desvios, a soma dependerá apenas da escolha dos coeficientes da função.

$$f(m, b) = \sum_{i=1}^N d_i^2$$

$$f(m, b) = \sum_{i=1}^N [y_i - mx_i - b]^2$$

Métodos dos Mínimos Quadrados

$$\frac{\partial f(m, b)}{\partial m} = \frac{\partial}{\partial m} \left[\sum_{i=1}^N [y_i - mx_i - b]^2 \right] = 0$$

$$m \sum_{i=1}^N (x_i^2) + b \sum_{i=1}^N x_i = \sum_{i=1}^N x_i y_i$$

$$\frac{\partial f(m, b)}{\partial b} = \frac{\partial}{\partial b} \left[\sum_{i=1}^N [y_i - mx_i - b]^2 \right] = 0$$

$$m \sum_{i=1}^N (x_i) + Nb = \sum_{i=1}^N (y_i)$$

N é o número de medidas experimentais

Estas são chamadas equações normais.

Métodos dos Mínimos Quadrados

Resolvendo o sistema de equações anteriores, temos que:

$$M_{xy} = \sum_{i=1}^N x_i \cdot y_i - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i \right) \quad m = \frac{M_{xy}}{M_{xx}} \quad M_{xx} = \sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2$$

$$b = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N y_i - m \sum_{i=1}^N x_i \right)$$

Métodos dos Mínimos Quadrados

O desvio padrão e os erros associados ao coeficiente angular (m) e linear (b) são respectivamente:

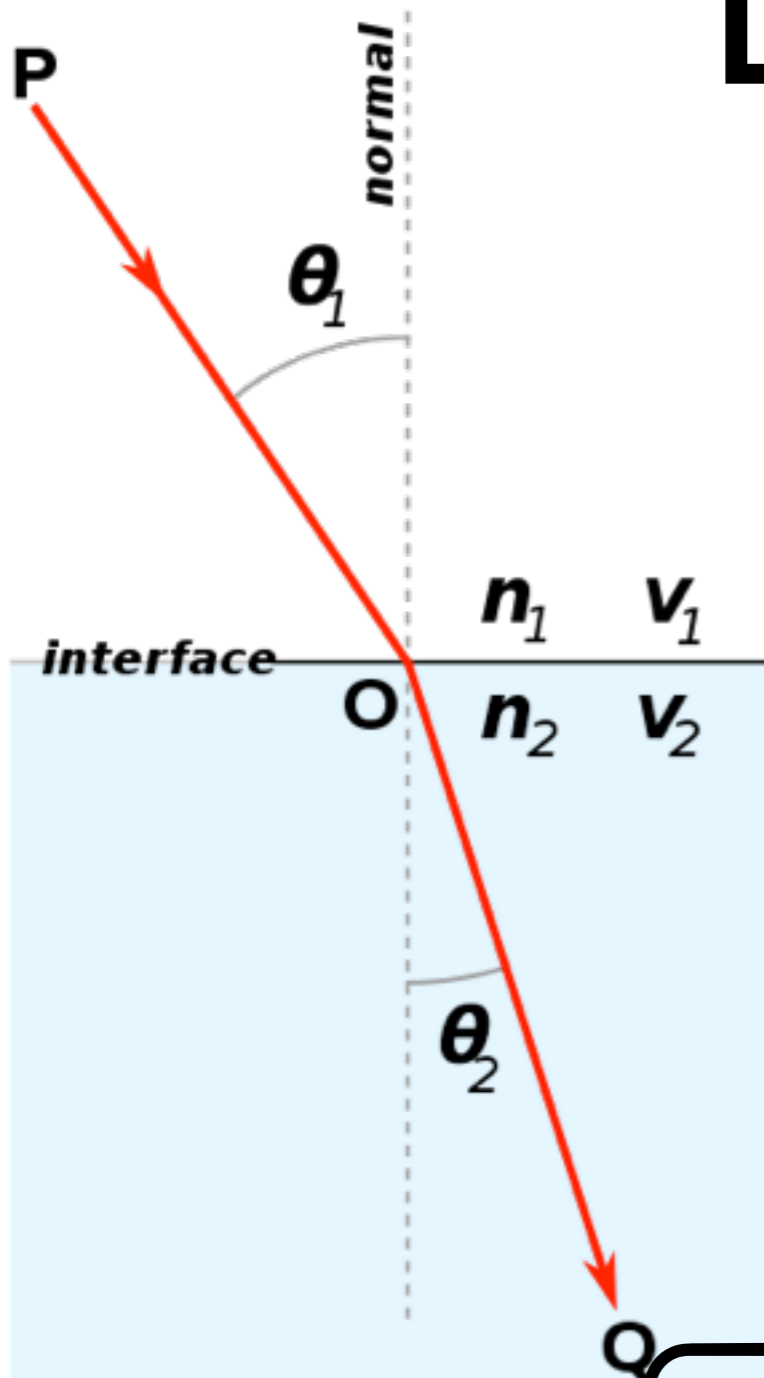
$$\sigma = \frac{1}{N-2} \sum_{i=1}^N (y_i - b - mx_i)$$

$$\epsilon_m = \sqrt{\frac{\sigma^2}{M_{xx}}}$$

$$\epsilon_b = \sqrt{\frac{\sigma^2}{NM_{xx}} \sum_{i=1}^N x_i^2}$$

Usando os MMQ

Lei de Snell



$$\eta_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = \eta_2 \cdot \text{sen}\theta_2$$

$$\text{sen}\theta_1 = \frac{\eta_2}{\eta_1} \cdot \text{sen}\theta_2$$

$$y = m \cdot x + b$$

$$y = \text{sen}\theta_1 \quad x = \text{sen}\theta_2 \quad m = \frac{\eta_2}{\eta_1} \quad b = 0$$

θ_1 em graus:	θ_2 em graus:
10,0	7,0
20,0	14,0
30,0	20,5
40,0	26,0
50,0	31,5
60,0	36,0
70,0	40,5

Métodos dos Mínimos Quadrados

N	y	x	xx	yy	x.y	Mxx	Mxy	m	b	σ^2	ε_m	ε_b
	0,174	0,122	0,015	0,030	0,021	0,013	0,019	1,40	4,00E-04	1,46E-06		
	0,342	0,242	0,059	0,117	0,083	0,052	0,074	1,41	1,95E-04	3,47E-07		
	0,500	0,350	0,123	0,250	0,175	0,109	0,156	1,42	2,54E-04	5,90E-07		
	0,643	0,438	0,192	0,413	0,282	0,171	0,251	1,47	-3,91E-05	1,39E-08		
	0,766	0,522	0,273	0,587	0,400	0,243	0,356	1,46	1,46E-04	1,94E-07		
	0,866	0,588	0,345	0,750	0,509	0,307	0,452	1,48	-1,89E-04	3,27E-07		
	0,940	0,649	0,422	0,883	0,610	0,375	0,542	1,45	2,34E-04	5,00E-07		
N	$\sum y$	$\sum x$	$\sum x.x$	$\sum y.y$	$\sum x.y$	Mxx	Mxy	m	b	σ^2	ε_m	ε_b
9,0	4,231	2,911	1,429	3,030	2,080	0,487	0,712	1,46	-2,00E-03	3,66E-05	5,06E-03	4,89E-02

$$m = \frac{\eta_2}{\eta_1} = 1,46 \pm 0,01$$

$$y = 1,46.x$$

Métodos dos Mínimos Quadrados

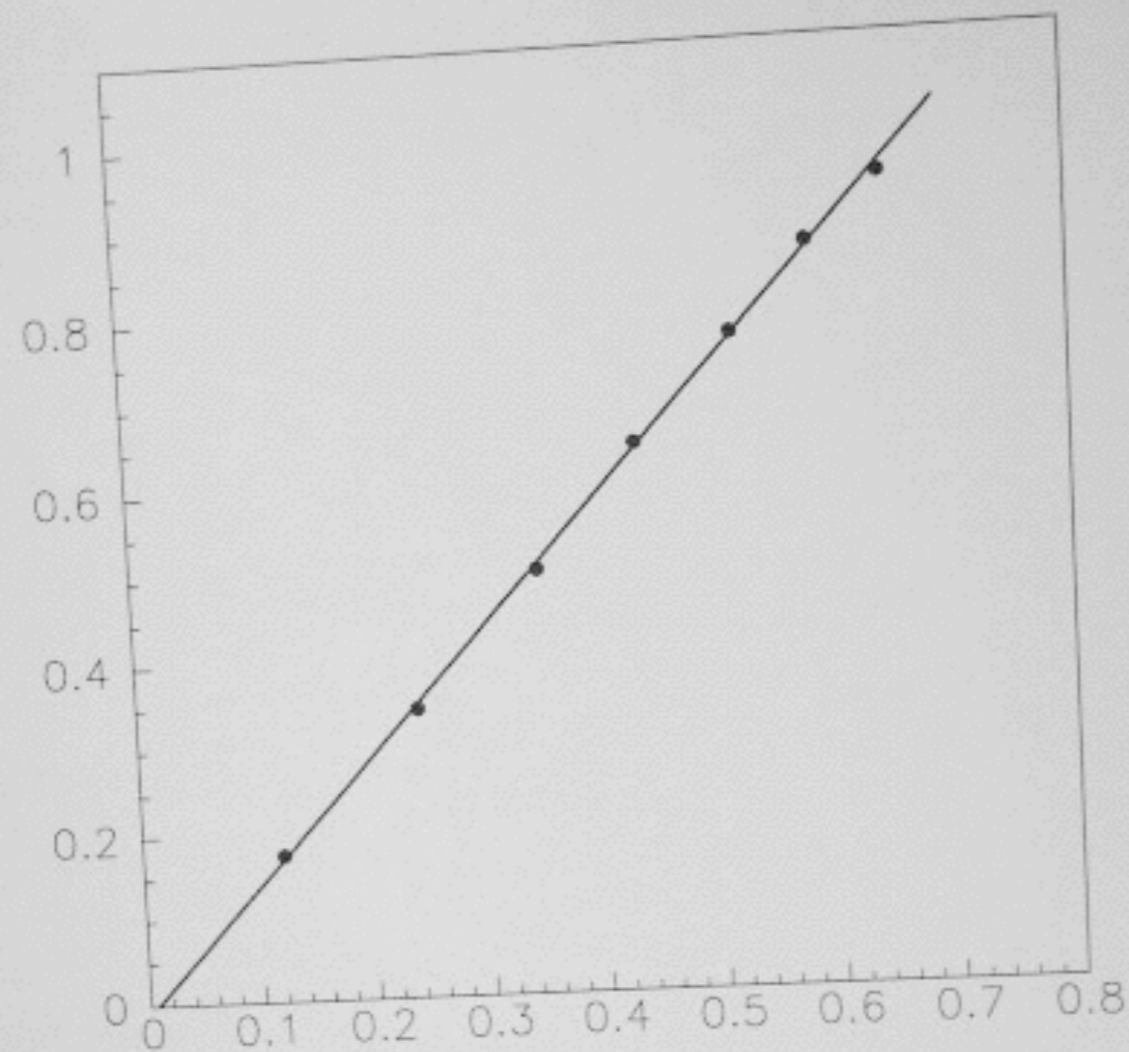
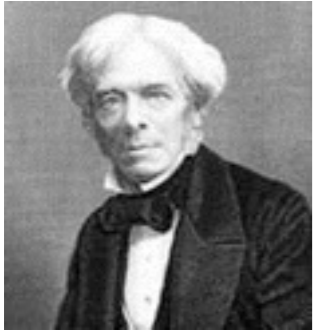


Figura 2: Representação gráfica dos valores de $\sin \theta_r \times \sin \theta_i$ e a reta de ajuste.

Prática I

Transformadores



Michael Faraday
(1791-1867)

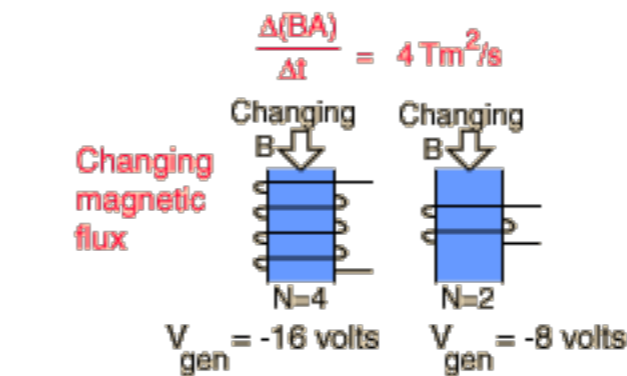
Lei de Faraday



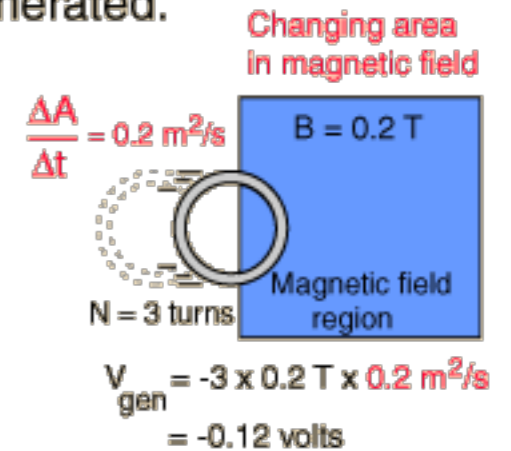
Turbina da usina de Itaipú

- Lei de Faraday expressa a geração de um campo elétrico induzido numa região em que há um campo magnético variável

$$\oint_s \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

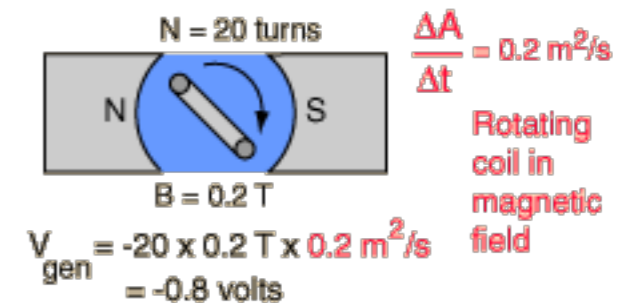
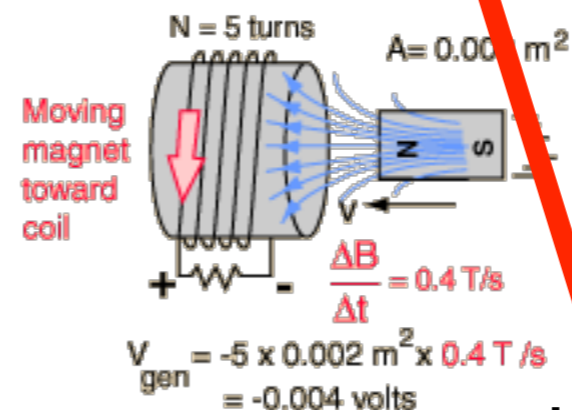


Faraday's Law summarizes the ways voltage can be generated.



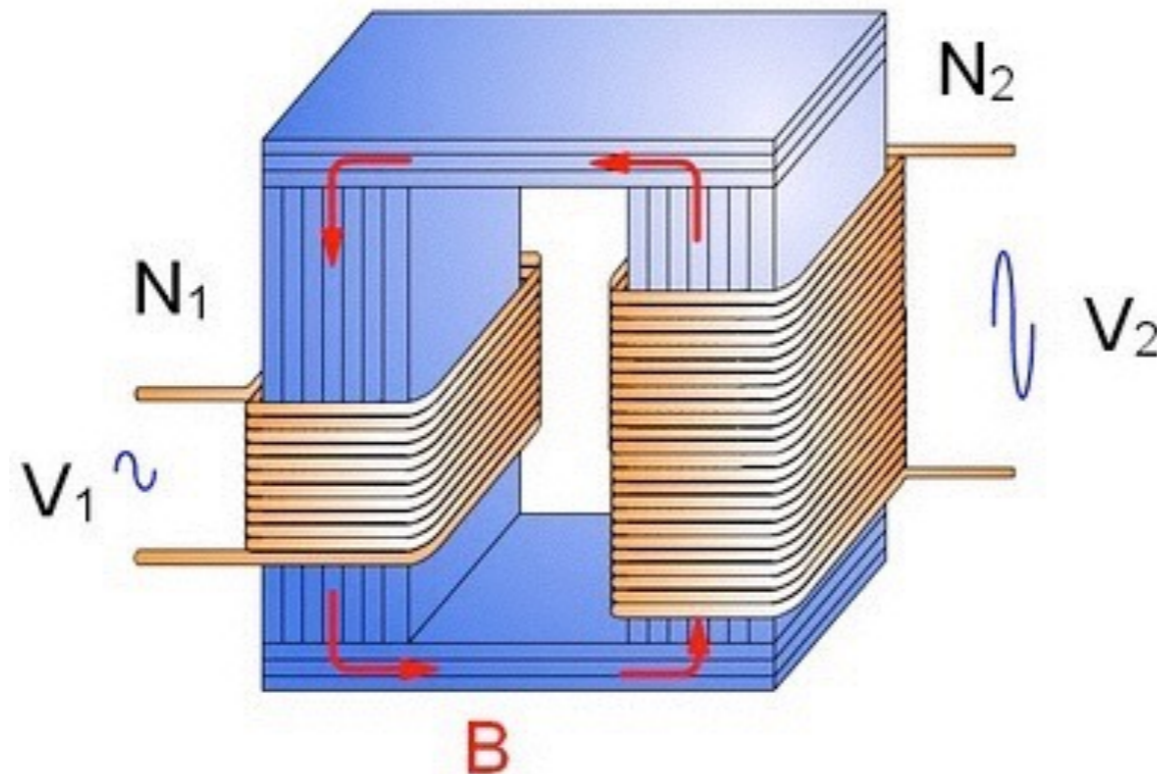
Voltage generated = $-N \frac{\Delta(BA)}{\Delta t}$

Faraday's Law



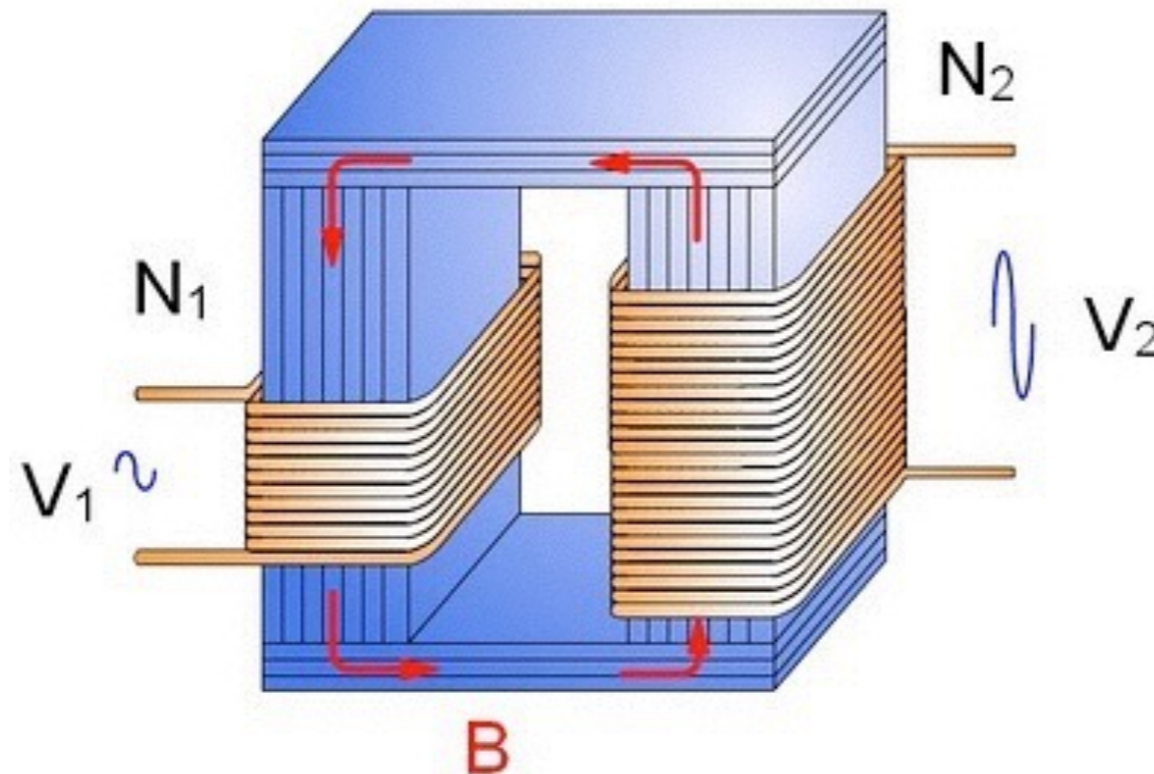
Lei de Lenz

Introdução



- A corrente alternada que atravessa um dos enrolamentos, origina um fluxo magnético alternado sobre o núcleo. Parte deste fluxo induz uma força eletromotriz (fem).

Modelo Ideal



$$P_p = I_p V_p = P_s = I_s V_s$$

• onde:

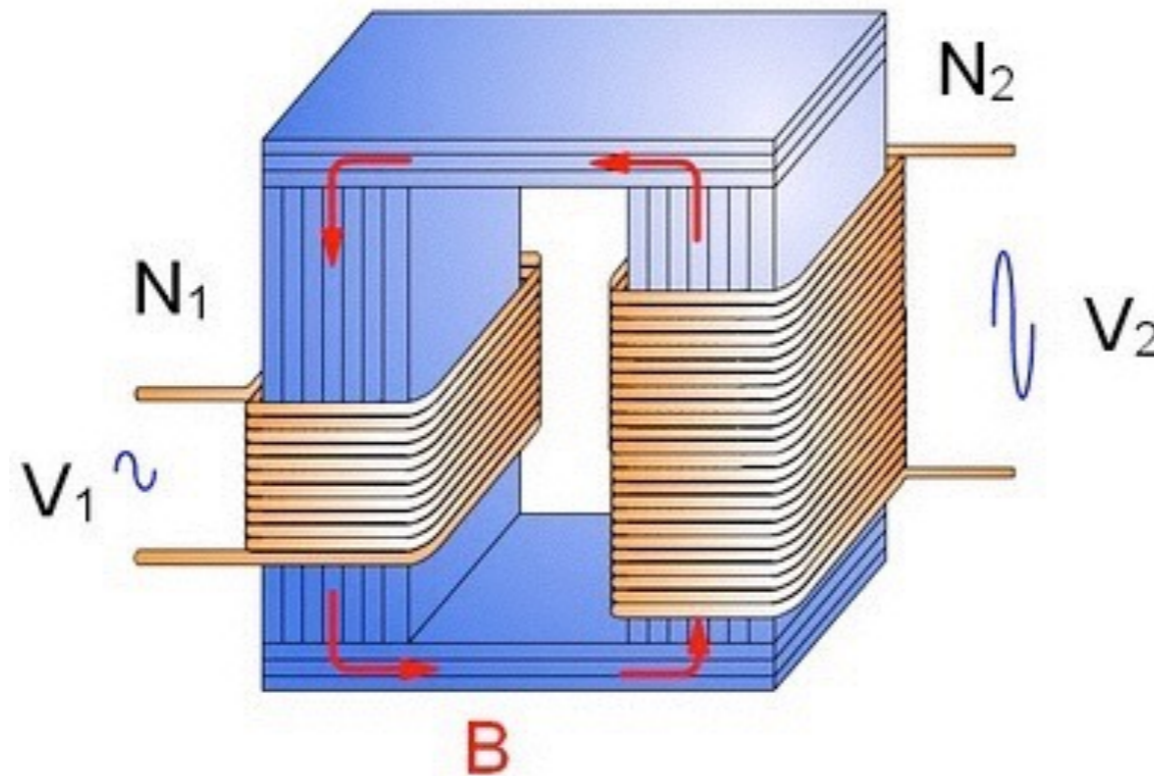
✓ $V_p = V_1$ = voltagem no primário

✓ $V_s = V_2$ = voltagem no secundário

✓ P_p = Potência no primário

✓ P_s = Potência no secundário

Modelo Ideal



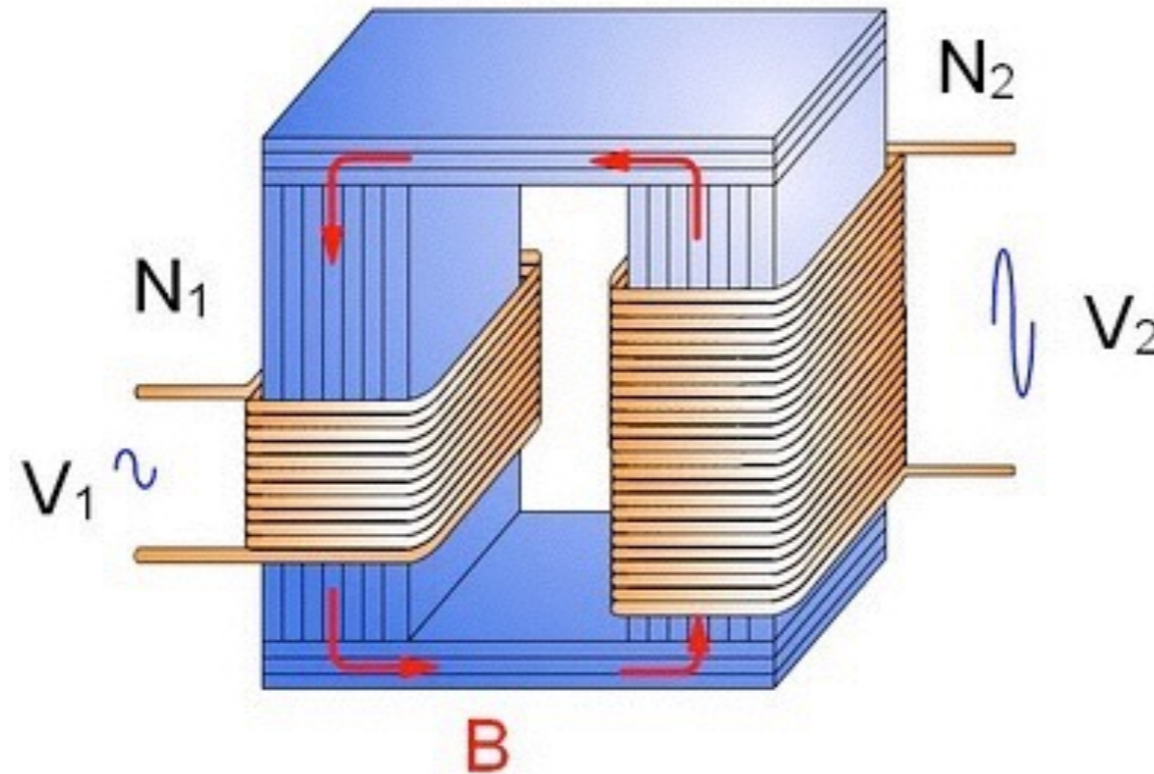
$$\varepsilon_{\text{esp}} = \frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{N_s}$$

N_s = n de espiras do secundário

N_p = n de espiras no primário

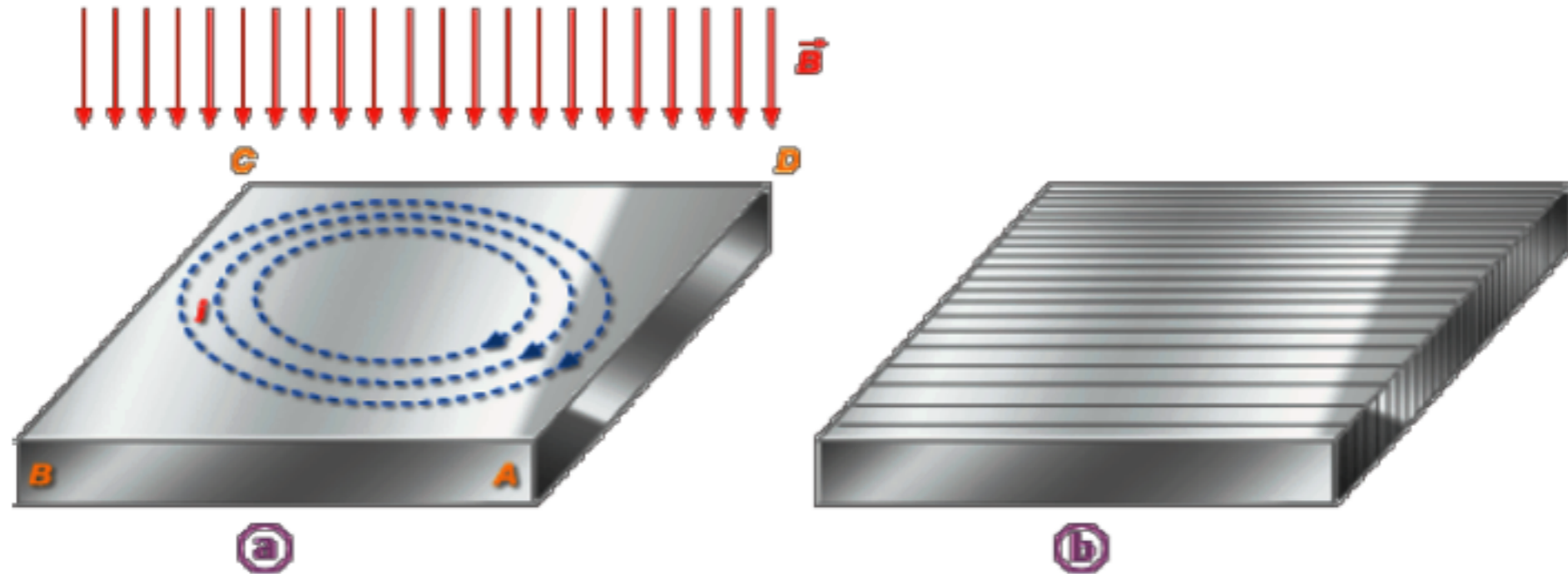
$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_s}{N_p}$$

Transformador Real



- Potencial fornecida pelo transformador é menor que a consumida, devido a perdas inevitáveis.
 - ▶ Efeito Joule;
 - ▶ Correntes de Foucault no núcleo;
 - ▶ Histerese

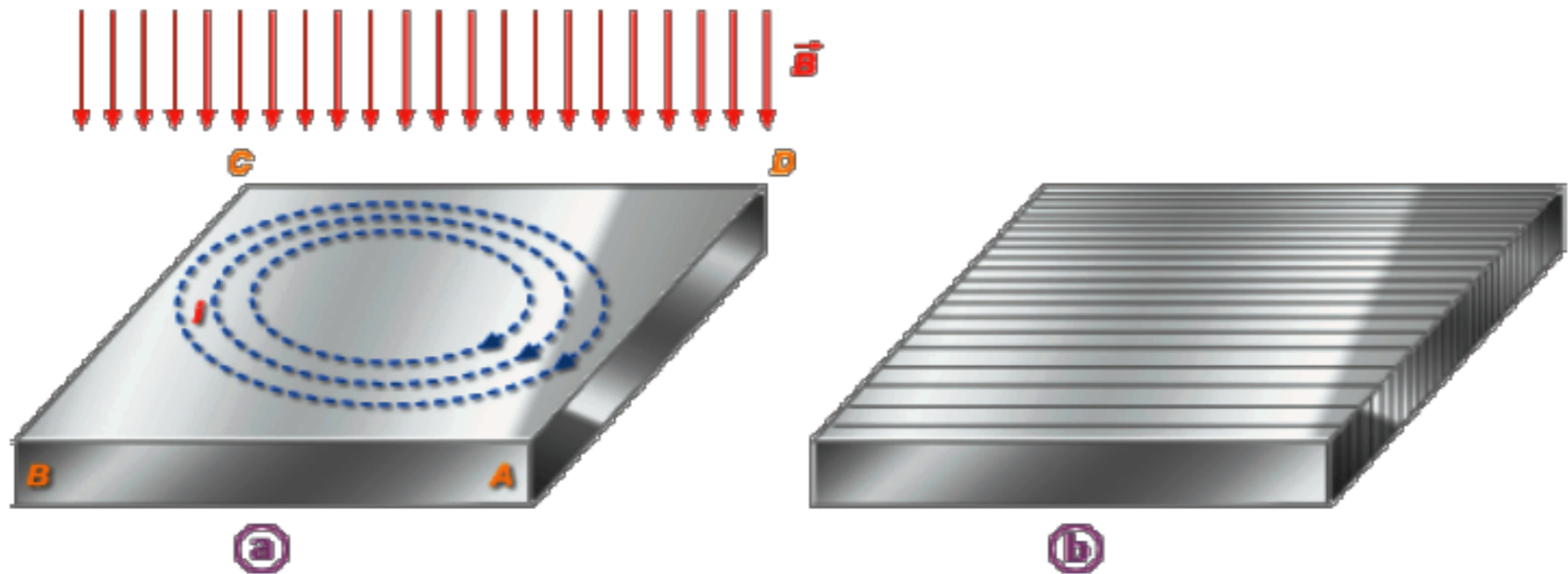
Correntes de Foucault



- Quando um bloco metálico sobre a influência de um campo magnético surgem por indução correntes conhecidas como correntes de Foucault ou correntes parasitas.
- A energia perdida (por efeito Joule) num bloco metálico maciço decorrente destas correntes é proporcional a espessura do material. Por este motivo, os blocos dos transformadores são laminados.

https://en.wikipedia.org/wiki/Eddy_current

Correntes de Foucault



- Quando temos núcleos laminados dos transformadores (b), os elétrons das correntes de Foucault não conseguem atravessar o espaço entre os laminas e as cargas se acumulam nas bordas das laminas (similar ao Efeito Hall).

https://en.wikipedia.org/wiki/Eddy_current

Perdas por Histerese

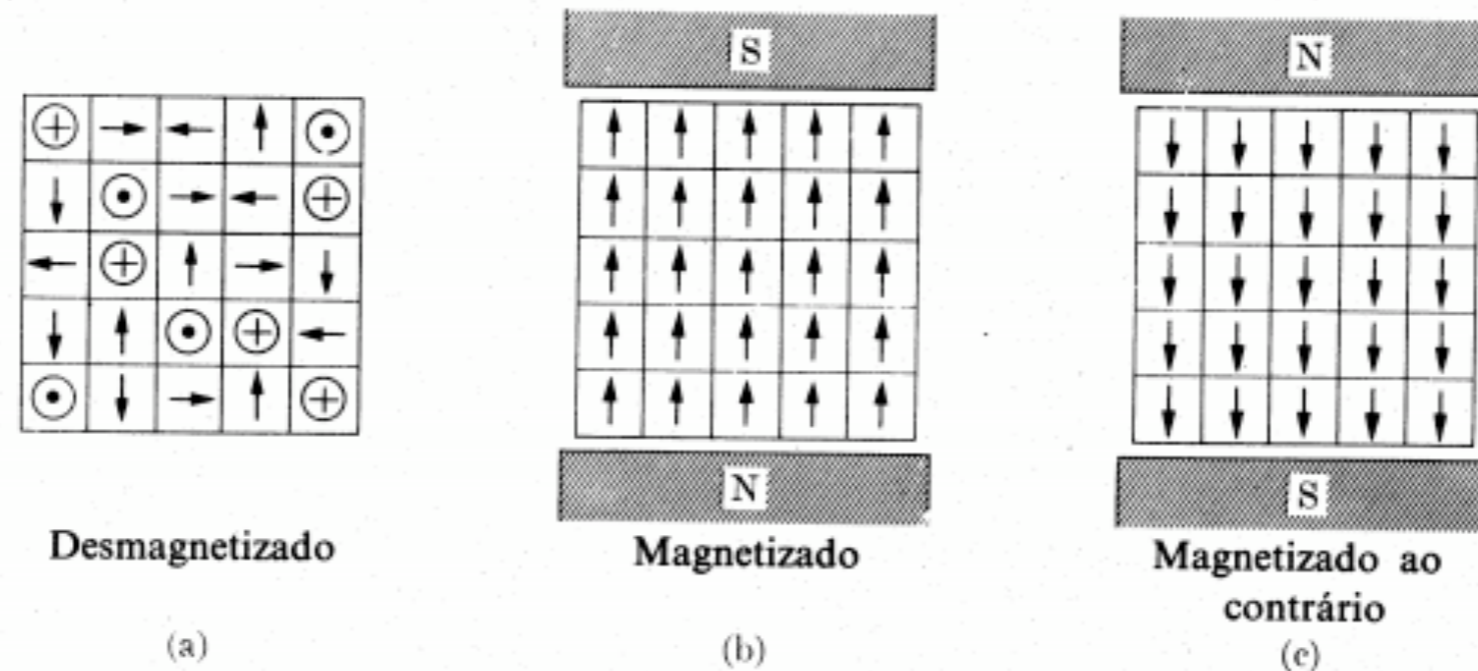


Fig. 2.2 - Alinhamento de domínios. Um campo magnético externo pode alinhar os domínios ferromagnéticos. Quando os domínios estão alinhados, o material está magnetizado.

- Quando um material é submetido a um campo magnético externo alternado, seus domínios, estarão em contínuo movimento, buscando alinhar-se com o campo magnético.
- O “atrito” entre os domínios causa aquecimento do material causando perdas por histerese.

Objetivo

- Verificar a razão entre a tensão de entrada (V_p) e a tensão de saída (V_s) de um transformador
- Comparar com o modelo de um transformador ideal.

$$V_s = \frac{N_s}{N_p} V_p$$

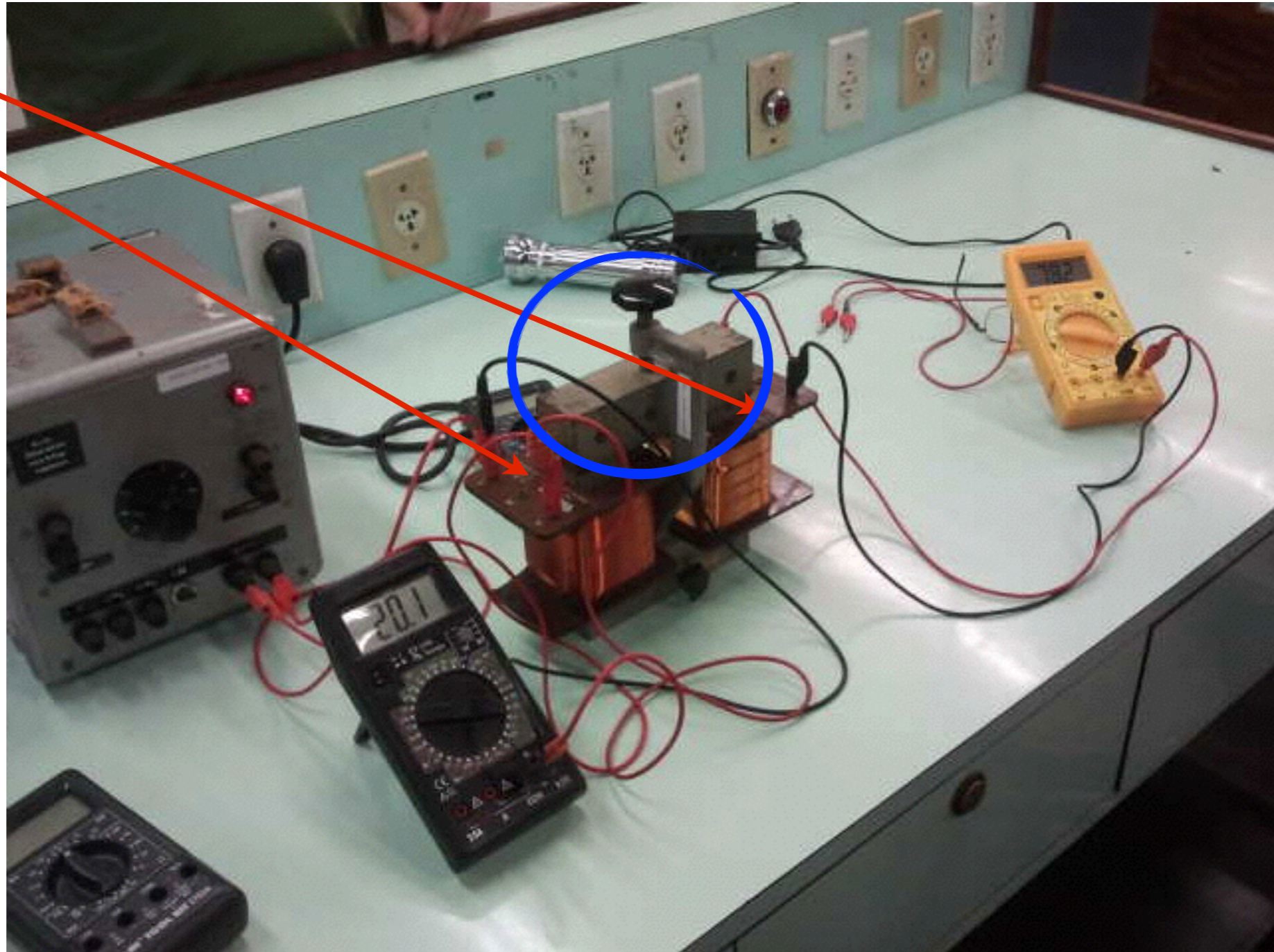
$$y = m \cdot x + b$$

Setup Experimental



Setup Experimental

Solenóides



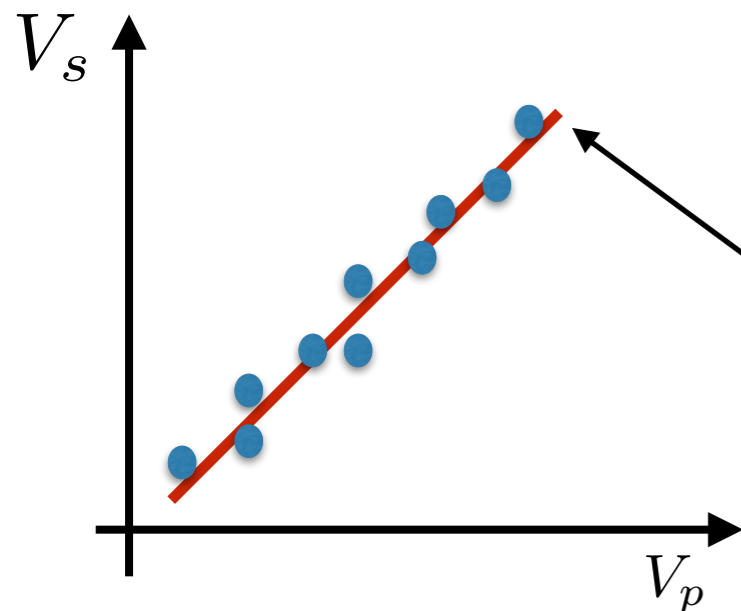
Procedimentos

- Monte a prática como mostrado anteriormente;
- Efetue as medidas para a configuração do transformador elevador ($N_p < N_s$) de tensão;
- Meça as tensão de entrada e saída para 10 valores diferentes;
- Faça um gráfico de V_s x V_p em papel milimetrado;
- Obtenha a relação entre o número de espiras (N_p/N_s) usando o MMQ;
- Compare o valor esperado com o verificado utilizando o método;
- Interprete os resultados e as possíveis causas de problemas encontrados;
- Repita todo o procedimento anterior para a configuração do transf. abaixador de tensão ($N_p > N_s$).
- Em seguida refaça todo o procedimento com o transformador com o núcleo aberto para ambos os casos.

Resultados

$N_p = 500$
 $N_s = 250$
 $N_s/N_p = 0,5$

N	y	x	xx	yy	x.y	MXX	MYX	m	b	σ^2	ϵb	ϵb
	3,90	6,70	44,9	15,2	26,1	39,9	23,2	0,58	-4,9E-17	2,82E-32		
	5,90	10,20	104,0	34,8	60,2	92,5	53,5	0,58	0,0E+00	0,00E+00		
	7,90	13,80	190,4	62,4	109,0	169,3	96,9	0,57	0,0E+00	0,00E+00		
	10,00	17,40	302,8	100,0	174,0	269,1	154,7	0,57	0,0E+00	0,00E+00		
	12,00	20,90	436,8	144,0	250,8	388,3	222,9	0,57	0,0E+00	0,00E+00		
	14,00	24,50	600,3	196,0	343,0	533,6	304,9	0,57	-2,0E-16	4,51E-31		
	16,00	27,90	778,4	256,0	446,4	691,9	396,8	0,57	2,0E-16	4,51E-31		
	18,00	31,30	979,7	324,0	563,4	870,8	500,8	0,58	3,9E-16	1,80E-30		
	20,10	34,90	1.218,0	404,0	701,5	1.082,7	623,5	0,58	3,9E-16	1,80E-30		
N	$\sum y$	$\sum X$	$\sum X.X$	$\sum Y.Y$	$\sum X.Y$	MXX	MYX	m	b	σ^2	ϵb	ϵb
9,0	107,80	187,60	4.655,3	1.536,4	2.674,4	744,9	427,4	0,57	1,8E-02	2,94E-03	7,94E-04	4,91E-02



$$V_s = \frac{N_s}{N_p} V_p$$

Reta obtida pelo ajuste do MMQ

Transformador Abaixador
 $V_s = 0,57.V_p + 0,01$
 $y = m.x + b$

Conclusões

Próxima Aula

- Prática 2: Intensidade Luminosa.