

**ACÇÃO DE FORMAÇÃO:** Utilização dos novos Laboratórios Escolares.

*Planificação e execução de actividades práticas e reflexão sobre os resultados obtidos e sobre a sua execução pelos alunos em contexto de sala de aula.*

**FORMADOR:** Professor Doutor Vítor Duarte Teodoro

Anabela Pinto Marques Cartuxo  
Escola Secundária de Francisco Rodrigues Lobo

## QUESTÃO PROBLEMA:

- A conhecida marca de utensílios de aventura *Coronel Tapioca* comercializa uma lanterna, constituída por um enrolamento de espiras e por um íman, que funciona sem pilhas. Para que a lanterna produza luz só é necessário abaná-la. Como é isto possível?

## INTRODUÇÃO

Em 1820, o físico dinamarquês Oersted (1777-1851) observou, casualmente, que ao fazer passar uma corrente num condutor a posição de equilíbrio de uma agulha magnética, que estava nas proximidades, era alterada. Por outro lado, a agulha retomava a posição inicial quando a corrente no condutor era interrompida. Estabeleceu-se assim, pela primeira vez, uma relação entre fenómenos eléctricos e fenómenos magnéticos. O estudo dessa relação, e das suas consequências, constitui o capítulo da Física chamado *Electromagnetismo*.

Cerca de dez anos depois, de Oersted ter demonstrado que as correntes eléctricas geravam campos magnético, o inglês Michael Faraday, o norte-americano Joseph Henry e o russo Henrich Lenz quase simultaneamente e independentemente concluíram que variando o fluxo magnético que atravessava um circuito eléctrico fechado (uma espira ou uma bobina), era possível criar uma corrente eléctrica. Este fenómeno recebe a designação de indução electromagnética. A sua descoberta foi atribuída a Faraday porque foi ele quem primeiro a deu a conhecer.

As várias experiências efectuadas permitem ainda concluir que existe indução electromagnética quando existe *variação* do fluxo magnético num circuito (por exemplo, espira ou bobina), o que pode ocorrer devido a vários factores: ao movimento de um íman junto ao circuito, ao movimento do circuito junto a um íman, à alteração da área do circuito na proximidade de um campo magnético ou à alteração da orientação espacial das espiras relativamente ao íman.

A indução electromagnética gera, então, uma corrente induzida. Quando se produz uma corrente induzida, a tensão ou diferença de potencial que é responsável pelo seu aparecimento recebe o nome de *força electromotriz induzida*,  $\mathcal{E}$  (a unidade SI é o volt – V).

A relação de proporcionalidade, entre a variação do fluxo magnético,  $\phi$  (a unidade SI é o Weber – Wb) que atravessa uma espira num determinado intervalo de tempo e a força electromotriz induzida, pode ser quantificada pela *Lei de Faraday*

$$\varepsilon = - \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

em que o sinal menos chama a atenção para o facto de a força electromotriz induzida produzir uma corrente cujo sentido se opõe à variação de fluxo.

A *Lei de Faraday* pode ser enunciada da seguinte forma:

*“A força electromotriz induzida num circuito, atravessado por um fluxo magnético variável, é directamente proporcional à variação do fluxo magnético e inversamente proporcional ao intervalo de tempo durante o qual decorre essa variação.”*

A descoberta de Faraday despertou um grande interesse. Durante uma conferência pública, o primeiro ministro da Grã-Bretanha, Sir Gladstone, perguntou-lhe: *“Sr. Faraday, esta descoberta é muito interessante, porém, que aplicação tem?”*. Faraday respondeu secamente: *“Talvez dê origem a uma grande indústria à qual poderá, V. Ex<sup>a</sup>, aplicar impostos”*.

Esta previsão de Faraday veio a concretizar-se, meio século mais tarde, quando os geradores práticos de indução começaram a fornecer energia eléctrica, num ritmo até aí impossível. Efectivamente, a indução electromagnética é o princípio de funcionamento do gerador eléctrico, do transformador e de muitos outros aparelhos de uso diário.

### **OBJECTIVO DO TRABALHO:**

- Planificar e realizar actividades práticas relativas à indução electromagnética.
- Reflectir sobre os resultados obtidos e sobre a sua execução pelos alunos em contexto de sala de aula.
- Visualizar/analisar vídeos e simulações de aplicações práticas.

**OBJECTO DE ENSINO:** Indução electromagnética e Lei de Faraday.

## OBJECTIVOS DE APRENDIZAGEM:

- Explicar em que consiste o fenómeno de indução electromagnética.
- Explicar como se produz uma força electromotriz induzida num condutor em termos dos movimentos deste que originam variações de fluxo.
- Identificar força electromotriz induzida como a taxa de variação temporal do fluxo magnético (Lei de Faraday).
- Expressar o valor de uma força electromotriz em unidades SI.

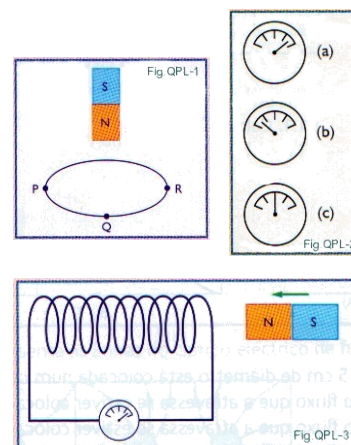
## QUESTÕES PRÉ- LABORATORIAIS:

1 – Quando se aproxima um íman de um solenóide (enrolamento linear de várias espiras), um galvanómetro indica a passagem da corrente num determinado sentido, como indicado na Figura QPL-1.

Que tipo de leitura, (a), (b) ou (c), será de esperar ter no galvanómetro em cada uma das situações seguintes:

- A - O íman afasta-se do solenóide.
- B - O solenóide afasta-se do íman orientado.
- C - O íman aproxima-se do solenóide, mas com os pólos invertidos relativamente à situação representada.
- D - O solenóide afasta-se do íman, mas com os pólos invertidos relativamente à situação representada.
- E - O íman fica em repouso no interior do solenóide.

R: A-b; B-b; C-b; D-a; E-c



2 – Na “fita magnética” de um cartão Multibanco estão gravadas as informações do cliente. Essa fita é constituída por um composto de ferro que é magnetizado em determinadas regiões. Assim, surgem sequências de regiões magnetizadas e não magnetizadas, como minúsculos ímanes, que são convertidas num código pessoal. O leitor desse código é um conjunto de espiras, onde é induzida uma força electromotriz quando o cartão se movimenta. O princípio da indução electromagnética envolvida requer...(escolha a opção correcta):

- A- Um campo magnético forte.
- B- Conservação da carga eléctrica.
- C- Variação do campo eléctrico.
- D- Variação do fluxo magnético.
- E- Variação do fluxo eléctrico.

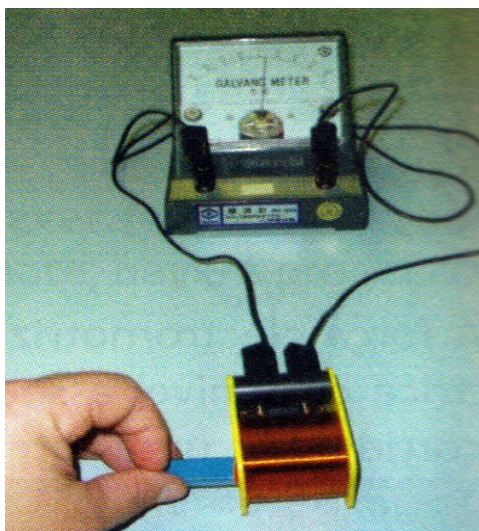
R: D

## **MODO DE PROCEDER:**

Estas actividades serão elaboradas em colaboração com os alunos, com a mediação do professor, que serão envolvidos no planeamento das experiências necessárias para dar cumprimento aos objectivos. Esta colaboração terá início com a observação das figuras que ilustram cada experiência a realizar, na identificação das variáveis a controlar, na selecção do material e equipamento a utilizar, na construção do “protocolo experimental”, na realização das experiências e, posteriormente, na análise/interpretação das mesmas em conjunto.

Estas actividades têm como ponto de partida uma questão-problema para a qual a execução do trabalho deverá fornecer meios de resposta. Pretende-se, assim, um envolvimento efectivo dos alunos em todas as fases.

## **A – INDUÇÃO ELECTROMAGNÉTICA:**



**Fig. 1 – Montagem para a indução Electromagnética.**

## **MATERIAL E EQUIPAMENTO:**

- Galvanómetro
- Bobina
- Íman em forma de barra
- Fios de ligação

## **PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:**

- 1 – Montar o circuito como indicado na Figura 1.
- 2 – Aproximar rapidamente/lentamente o íman da bobina e afastar de seguida, e observar o que acontece ao ponteiro do galvanómetro.
- 3 – Colocar o íman em repouso nas proximidades da bobina, e observar o que acontece ao ponteiro do galvanómetro.
- 4 – Com o íman parado nas proximidades, movimentar a bobina utilizando movimentos de aproximação e de afastamento. Observar o que acontece ao ponteiro do galvanómetro.

## **RESULTADOS OBTIDOS:**

Verifica-se que ao aproximar o íman da bobina (ou, com o íman parado, a bobina do íman) a agulha do galvanómetro sofreu um desvio e, de seguida, ao retirar o íman a agulha sofreu novo desvio, mas em sentido contrário ao anterior. O desvio sofrido é tanto maior quanto maior for a velocidade de aproximação/afastamento do íman. Verifica-se ainda que quando não há movimento do íman, nem da bobina, a agulha do galvanómetro volta ao zero.

## **CONCLUSÕES:**

Conclui-se que a corrente detectada resulta da variação do fluxo magnético que atravessa as espiras da bobina. Esta corrente é denominada corrente induzida. Não haverá produção de corrente eléctrica se o fluxo magnético não variar. É possível ainda concluir que a intensidade da corrente aumenta quando aumenta a rapidez com que se desloca o íman e, conseqüentemente, a força electromotriz induzida, pois é neste caso que a variação do fluxo magnético é mais rápida.

Relativamente à questão-problema, o funcionamento da referida lanterna baseia-se no fenómeno de indução electromagnética. O íman ao ser movimentado, origina uma força electromotriz induzida. A corrente induzida vai carregar um condensador que armazena energia. Enquanto o condensador estiver a descarregar, a lanterna emite luz. Quando deixa de funcionar basta voltar a abaná-la e o processo repete-se.

**NOTA:** Esta experiência fundamenta o princípio dos alternadores (geradores de corrente alterna); o induzido (bobina) permanece fixo e o indutor (íman) móvel.

O recurso ao Laboratório Virtual de Física, com a exploração de algumas simulações, por exemplo em

<http://www.mocho.pt/Ciencias/Fisica/simulacoes/electromagnetismo/>

geralmente revela-se bastante interessante e motivador da aprendizagem dos alunos e complementa, em meu entender, uma actividade prática.

## B – ANEL DE THOMSON:

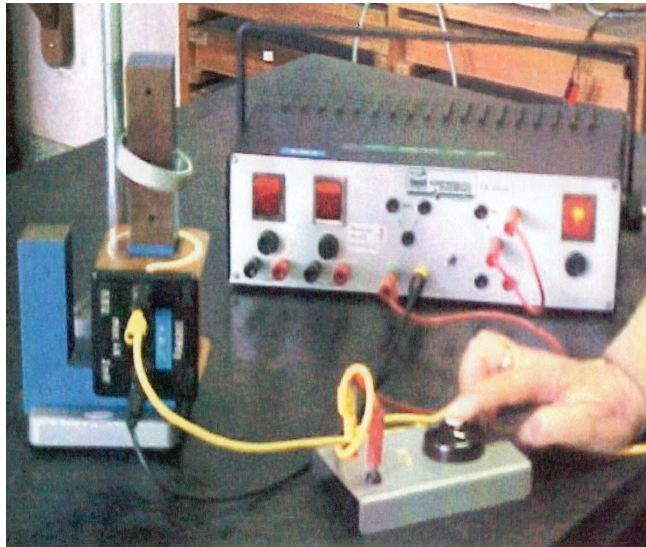


Fig. 2 – Demonstração da “levitação magnética” com um anel.

### MATERIAL E EQUIPAMENTO:

- Anel de alumínio
- Bobina
- Fios de ligação
- Fonte de tensão de 24 V (c.a.)
- Núcleo em U
- Barra de ferro macio

### PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

- 1 – Montar o circuito conforme a Figura 2 observada.
- 2 – Fechar o circuito.
- 3 – Observar o que acontece ao anel.
- 4 – Abrir o circuito.

### RESULTADOS OBTIDOS:

Quando se fecha o circuito o anel salta girando em torno do núcleo. Quando se abre o circuito e o anel pára e verifica-se que o anel está quente.

### CONCLUSÕES:

Conclui-se que a corrente primária, fornecida por uma fonte de corrente alternada, gera no núcleo de ferro um campo magnético primário, que varia no tempo. Este, por sua vez, induz no anel, correspondente ao secundário, uma corrente secundária (que gera um campo secundário) que, tendendo a opôr-se à causa que a originou (Lei de Lenz) provocou a repulsão do dito anel. Deste modo, os dois campos repelem-se e o anel eleva-se uma vez que a força repulsiva suporta o seu peso.

O campo magnético variável no tempo, induz nos condutores vizinhos correntes eléctricas também variáveis no tempo. As correntes induzidas, por sua vez, também geram um campo magnético, mas que se opõe ao inicial repelindo-se mutuamente. O anel de alumínio comporta-se como sendo uma bobina de uma espira, por isso, são-lhe induzidas correntes que criam um campo magnético oposto ao inicial e o anel começa a levantar. O anel de alumínio não é magnetizável, por isso não é atraído ou repelido por campos magnéticos. No entanto, as correntes geradas no seu interior geram um campo magnético que gera uma força magnética capaz de suportar o seu peso.

**NOTA:** Várias empresas trabalham no desenvolvimento de comboios de alta velocidade que usam a levitação magnética (os chamados comboios *Maglev* do inglês *magnetic levitation*): campos muito intensos produzidos por bobinas provocam forças magnéticas de repulsão capazes de suportar o peso do comboio. Este perde o contacto com o chão, atingindo altas velocidades com baixo consumo e ruído. O seu elevado custo tem limitado a sua larga utilização: está a ser utilizado na China para transporte de passageiros da cidade de Xangai para o aeroporto; no Japão, é utilizado como comboio intercidades.

O recurso à visualização de um vídeo, por ser do agrado dos alunos, geralmente revela-se também bastante potenciador da aprendizagem.



The Awesome Levitating Train.wmv

### C – MOTOR ELÉCTRICO:



Fig. 3 – Montagem para o motor eléctrico.



## **MATERIAL E EQUIPAMENTO:**

- Íman
- Bobina
- Fios de ligação
- Fonte de tensão (c.c.)

## **PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:**

- 1 – Montar a experiência de acordo com a Figura 3.
- 2 – Fechar o circuito.
- 3 – Observar o que acontece.
- 4 – Abrir o circuito.

## **RESULTADOS OBTIDOS:**

Ao fechar o circuito observa-se a direcção de rotação que se mantém quando se inverte o sentido da corrente.

## **CONCLUSÕES:**

Quando uma corrente eléctrica percorre um circuito gera um campo magnético. Este campo, por sua vez, pode interagir com um outro campo magnético permanente criado por um íman vizinho. A interacção entre dois campos magnéticos pode resultar em repulsão ou em atracção, consoante a polaridade de cada um dos campos na região onde interactivam. Se o sistema for desenhado de modo a que, como resultante das forças envolvidas, se origine um movimento de rotação, teremos um motor.

Num motor eléctrico de corrente contínua, a corrente do gerador não muda nunca de sentido, por isso o campo magnético também se mantém constante. No entanto, se durante a rotação se comutar a corrente para circular em sentido contrário, cria-se uma situação em que o campo magnético gerado varia periodicamente e assim é possível continuar o movimento de rotação.

**NOTA:** A discussão dos resultados/conclusões pode ser enriquecida com a visualização de um vídeo que poderá, quem sabe, despertar nos alunos vontade de construir o seu próprio motor.



Motor eléctrico simples.wmv

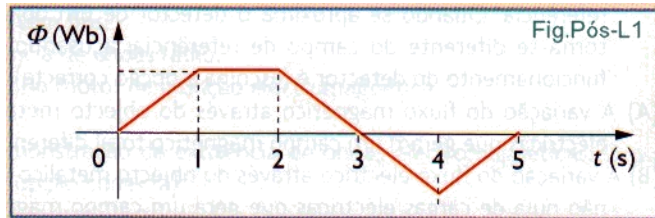
Em alternativa poder-se-á recorrer ao Laboratório Virtual..

<http://www.mocho.pt/Ciencias/Fisica/simulacoes/electromagnetismo/>

## QUESTÕES PÓS-LABORATORIAIS:

1 - O gráfico da Figura Pós-L1, representa o fluxo magnético através de um anel metálico durante 5 segundos. Em que intervalos de tempo surgirão no anel correntes induzidas?

- A- [1;2]s
- B- [0;1]s e [2;3]s
- C- [0;1]s e [4;5]s
- D- [0;1]s, [1;2]s e [4;5]s
- E- [0;1]s, [2;4]s e [4;5]s



R: E

2 – O fluxo magnético em cada espira de um solenóide de 200 espiras passa de  $20 \mu\text{Wb}$  para  $40 \mu\text{Wb}$  em  $0,01 \text{ s}$ . Calcule a f.e.m. induzida no solenóide.

R:  $\varepsilon = \frac{|\Delta \phi|}{\Delta t} \Leftrightarrow \varepsilon = 200 \times (40 \times 10^{-6} - 20 \times 10^{-6}) / 0,01 = 0,04 \text{ V}$

## AVALIAÇÃO:

A avaliação do trabalho será feita com base no preenchimento de uma grelha, que é apresentada a seguir.

### A – Competências de tipo processual

Aluno número																			
Constrói uma montagem laboratorial, a partir de um esquema ou de uma descrição.																			
Manipula com correcção e respeito por normas de segurança materiais e equipamentos.																			
Identifica o material e equipamento utilizados e explica a sua função.																			
Recolhe e regista, de forma organizada, os dados das observações.																			

### B – Competências de tipo conceptual

Aluno número																			
Identifica as variáveis que poderão afectar um dado fenómeno e planeia estratégias que possam controlá-las.																			
Formula hipóteses capazes de interpretar os dados recolhidos.																			
Comunica, oralmente ou por escrito (relatório), a actividade realizada e respectivas conclusões																			

### C – Competências de tipo atitudinal, social e axiológico.

Aluno número																			
Empenha-se na execução.																			
Negoceia com os colegas as tarefas a realizar.																			
Cumprir as regras do trabalho em grupo.																			
Gere as várias fases do trabalho																			

Nesta grelha é aplicada a escala:

- 1 – Não
- 2 – Com muitas dificuldades
- 3 – Com algumas dificuldades
- 4 – Sim

## **REFLEXÃO CRÍTICA :**

As actividades práticas de sala de aula e as actividades laboratoriais com recurso à realização de experiências e à utilização e exploração das novas tecnologias, contribuem decisivamente para melhorar e inovar as práticas pedagógicas/didácticas.

Apesar da extensão dos programas de Física e Química (face à carga horária existente) nem sempre o permitir, a realização de actividades práticas/experimentais, o recurso a vídeos e simulações e a exploração das potencialidades das máquinas de calcular gráficas (com a possibilidade de associação a sensores) permitem desenvolver o pensamento crítico, aumentam a motivação para aprender (por estarem associadas, frequentemente, a uma forte componente lúdica) e fomentam a autonomia dos alunos.

A inclusão destas actividades nas aulas de Física e de Química contribui ainda para aproximar a Ciência da realidade.

No final da aula será distribuída aos alunos uma ficha de trabalho, que é apresentada a seguir em “EXERCÍCIOS DE CONSOLIDAÇÃO DE CONHECIMENTOS”, de forma a explorar os cálculos a realizar.

## EXERCÍCIOS DE CONSOLIDAÇÃO DE CONHECIMENTOS:



**ESCOLA SECUNDÁRIA DE FRANCISCO RODRIGUES LOBO**  
**Ficha Formativa de Física e Química A - 11.º Ano**  
**Ano Lectivo de 2009-2010**

**ASSUNTO:** indução electromagnética

A indução electromagnética revolucionou a forma como o Homem pode começar a dispor de energia. Surgiram os alternadores e os dínamos, que convertem energia mecânica em energia eléctrica e os motores, que convertem a energia eléctrica em energia mecânica.

Um alternador é constituído basicamente pelo indutor, que é um electroímã, constituído por bobinas de fio enrolado em núcleos de ferro e que origina o campo magnético, e pelo induzido, que é constituído por uma série de bobinas que vão ser atravessadas pelas linhas de campo magnético produzido pelo indutor e que estão ligadas a um par de lâminas de cobre isoladas que formam o colector do induzido. A alteração do fluxo magnético através da superfície das espiras do induzido gera corrente alternada.

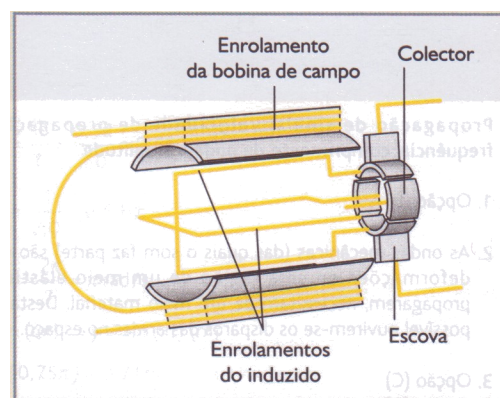
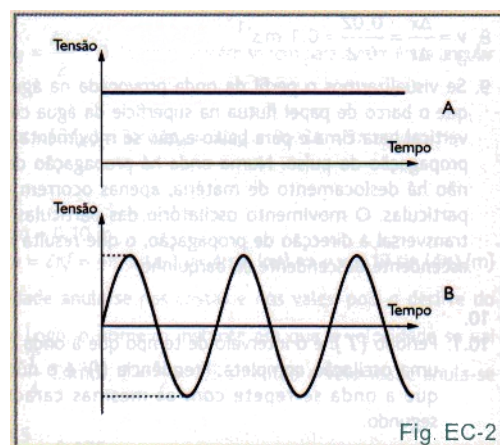


Fig. EC-1 Esquema de funcionamento de um alternador de automóvel.

1.1 – Indique, com base na informação contida no texto, qual a função do alternador no automóvel.

1.2 – Existe corrente eléctrica no induzido se (escolha a opção correcta):

- A – Tanto o induzido como o indutor estiverem em repouso.
- B – A direcção das linhas de campo magnético fizer  $90^\circ$  com a normal ao plano das espiras do induzido.
- C – Existiu movimento tanto do indutor como do induzido.
- D – Existiu movimento relativo entre o indutor e o induzido.

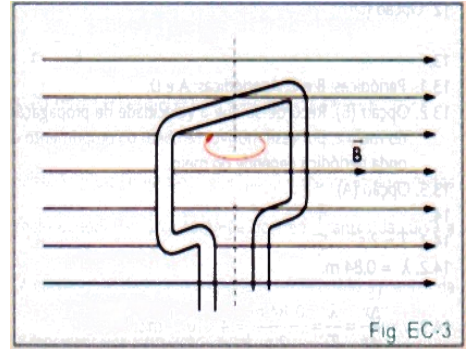


1.3 – Substitua (a) e (b) de modo a completar correctamente a frase que se segue:

*A descoberta da indução electromagnética deve-se a.....(a)..... e o aparecimento de um campo magnético a partir da corrente eléctrica a..... (b)..... .*

1.4 – A energia eléctrica produzida pelo alternador é produzida sob a forma de corrente alternada. Faça a associação dos gráficos A e B da Figura EC-2 a corrente alternada e corrente contínua.

1.5 – Num alternador existe uma espira rectangular como a da Figura EC-3, que tem dimensões 10cm x 5cm e é atravessada por um campo magnético uniforme de 0,5 T.



A direcção que o plano da espira faz com o campo magnético varia de 90° para 0° em 0,01 s. Determine a força electromotriz resultante.

R: 1.1 – Converter energia mecânica em energia eléctrica.

1.2 – (D)

1.3 – a) Michael Faraday      b) H. Christian Oersted

1.4 – A. Corrente contínua      B. Corrente alternada

$$1.5 - \Phi_{m_i} = \|\vec{B}\| A \cos\theta = 0,5 \times 0,10 \times 0,05 \times \cos 0^\circ = 2,5 \times 10^{-3}$$

$$\Phi_{m_f} = \|\vec{B}\| A \cos\theta = 0,5 \times 0,10 \times 0,05 \times \cos 90^\circ = 0 \text{ Wb}$$

$$|\varepsilon_j| = \frac{|\Delta\Phi_m|}{\Delta t} = \left| \frac{0 - 2,5 \times 10^{-3}}{0,01} \right| = 0,25 \text{ V}$$