



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Digitální učební materiál

Číslo projektu	CZ.1.07/1.5.00/34.0802
Název projektu	Zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
Číslo a název šablony klíčové aktivity	III/2 – Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
Příjemce podpory	Gymnázium, Jevíčko, A. K. Vitáka 452

Název DUMu	Nestacionární magnetické pole
Název dokumentu	VY_32_INOVACE_16_11
Pořadí DUMu v sadě	11
Vedoucí skupiny/sady	Mgr. Petr Mikulášek
Datum vytvoření	3. 5. 2013
Jméno autora	Mgr. Alena Luňáčková
e-mailový kontakt na autora	lunackova@gymjev.cz
Ročník studia	3.
Předmět nebo tematická oblast	Fyzika
Výstižný popis způsobu využití materiálu ve výuce	Materiál pro přípravu na profilovou část maturitní zkoušky z fyziky Inovace: mezipředmětové vztahy s matematikou, využití ICT, mediální techniky.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## NESTACIONÁRNÍ MAGNETICKÉ POLE

Elektromagnetická indukce, magnetický indukční tok, Faradayův zákon elektromagnetické indukce, indukovaný proud, vlastní indukce, přechodný děj.

Pro **nestacionární magnetické pole** je charakteristické, že se jeho magnetická indukce s časem **mění**. Zdrojem může být:

- nepohybující se vodič s časově proměnným proudem,
- pohybující se vodič s proudem (konstantním nebo proměnným),
- pohybující se permanentní magnet nebo elektromagnet.

**Děje v NMP** charakterizuje **změna magnetického indukčního toku**  $\Delta\phi$ , která může nastat změnou magnetické indukce  $B$ , nebo změnou plochy závitu. Magnetický indukční tok je definován vztahem  $\phi = B \cdot S$ . Jednotkou magnetického indukčního toku je weber – Wb.

**Časovou změnu indukčního toku** vyjádříme vztahem  $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ .

$\Delta\phi > 0$ ...zvětšuje-li se indukční tok,

$\Delta\phi < 0$ ...zmenšuje-li se indukční tok.

Mezi elektrickým a magnetickým polem existuje těsná spojitost, která se projevuje při **elektromagnetické indukci**, kdy ve vodiči vzniká indukované elektrické pole.

Pro indukované elektromotorické napětí platí **Faradayův zákon elektromagnetické indukce**

$$U_i = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}.$$

Na vodiči je indukované elektromotorické napětí a uzavřeným elektrickým obvodem prochází **indukovaný proud**.

Indukovaný proud svými účinky působí proti změně, která ho vyvolala – **Lenzův zákon**.

Mění se magnetické pole proudu ve vodiči je příčinou **vlastní indukce**. Tento jev závisí na vlastnostech vodiče, kterou označujeme jako **indukčnost L**. Jednotkou je henry – H.

**Indukčnost cívky** závisí na její konstrukci a pro magnetický indukční tok cívku platí  $\phi = LI$ .

Elektromotorické napětí indukované v cívce při vlastní indukci je  $U_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ .

**Přechodný děj** vyjadřuje, jak se cívka chová při připojení a odpojení elektrického proudu. Při tomto ději se proud v obvodu s cívku zvětšuje **pomaleji** než v obvodu bez cívky. Příčinou je vznik indukovaného napětí, které má opačnou polaritu, než je napětí zdroje.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pro energii magnetického pole platí vztah  $E_m = \frac{1}{2} \phi I = \frac{1}{2} LI^2$ . Platí pouze pro cívku bez feromagnetického jádra.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Příklady:

1. Kruhová smyčka o poloměru  $10\text{cm}$  je umístěna v homogenním magnetickém poli o indukci  $B = 1,2\text{T}$ . Vypočtete magnetický indukční tok cívkou, jestliže rovina smyčky a) je kolmá k vektoru magnetické indukce, b) svírá s vektorem magnetické indukce úhel  $\alpha = 30^\circ$ .

$$\Phi = BS \cos 0^\circ = BS = B\pi r^2 = 3,8 \cdot 10^{-2} \text{Wb}, b) \Phi = BS \cos 60^\circ = B\pi r^2 \cos 60^\circ = 1,9 \cdot 10^{-2} \text{Wb}$$

2. Mezi póly elektromagnetu je homogenní magnetické pole o indukci  $B = 0,8\text{T}$ . Jaké elektromotorické napětí se indukuje ve vodiči délky  $l = 15\text{cm}$ , který je kolmý k vektoru magnetické indukce a pohybuje se rychlostí  $v = 0,5\text{ms}^{-1}$  ve směru kolmém k  $B$  i ke své délce?

$$U_i = Blv \sin \alpha = Blv \sin 90^\circ = Blv = 0,06\text{V}$$

3. Určete indukčnost cívky, která má průřez  $S = 1,5 \cdot 10^{-3}\text{m}^2$ , délku  $l = 0,7\text{m}$  a počet závitů  $N = 300$ , je-li relativní permeabilita jádra  $\mu_r = 5000$ .

$$\left( U_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -N \frac{BS}{\Delta t} \Rightarrow L = \frac{NBS}{\Delta I}, B = \mu_0 \mu_r \frac{N\Delta I}{l} \Rightarrow L = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 S}{l} = 1,2\text{H} \right)$$

4. Cívka s 400 závitů má délku  $10\text{cm}$  a střední průřez  $3\text{cm}^2$ . Indukčnost cívky s jádrem je  $0,7\text{H}$ . Určete relativní permeabilitu jádra.

$$\left( B = \mu_0 \mu_r \frac{NI}{l} \Rightarrow \mu_r = \frac{Bl}{\mu_0 NI}, U_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -N \frac{BS}{\Delta t} \Rightarrow \Delta I = I = \frac{NBS}{L}, \mu_r = \frac{LI}{\mu_0 N^2 S} = 1160 \right)$$

5. Určete indukčnost toroidu (prstence) s jádrem, je-li počet závitů  $N = 900$ , střední průměr toroidu  $d = 18\text{cm}$  a proud, který prochází vinutím,  $I = 1,5\text{A}$ . Relativní permeabilita jádra  $\mu_r = 1100$ , průřez toroidu  $S = 20\text{cm}^2$ .

$$\left( U_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -N \frac{BS}{\Delta t} \Rightarrow L = \frac{NBS}{\Delta I} = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 S}{l} = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 S}{\pi d} \doteq 4\text{H} \right)$$



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

6. Vypočtete energii magnetického pole cívky, jejíž indukčnost  $L = 50mH$ , prochází-li cívkou proud  $I = 1A$ .

$$\left( E_m = \frac{1}{2} LI^2 = 25 \cdot 10^{-3} J \right)$$

7. Jaký proud prochází tlumivkou o indukčnosti  $L = 4H$ , má-li magnetické pole tlumivky energii  $E_m = 100J$  ?

$$\left( E_m = \frac{1}{2} LI^2 \Rightarrow I = \sqrt{\frac{2E_m}{L}} = 7A \right)$$

8. Kolik závitů má cívka délky  $1m$ , průřezu  $8cm^2$ , jestliže se v ní rovnoměrnou změnou proudu o  $10A$  za  $1s$  indukuje napětí  $0,015V$  a je-li cívka bez jádra ?

$$\left( U_i = N \frac{B_0 S}{\Delta t} \Rightarrow B_0 = \frac{U_i \Delta t}{NS} = \mu_0 \frac{N \Delta I}{l} \Rightarrow N = \sqrt{\frac{U_i \Delta t l}{S \mu_0 \Delta I}} = 1222 \right)$$

9. V homogenním magnetickém poli o magnetické indukci  $0,5T$  se kolmo k indukčním čárám pohybuje rychlostí  $4ms^{-1}$  přímý vodič délky  $0,5m$ . Určete velikost indukovaného napětí na koncích vodiče. Určete proud procházející obvodem, je-li odpor obvodu  $2\Omega$ , a sílu, která působí na pohybující se vodič.

$$\left( U_i = E_i l = \frac{F_m}{e} \cdot l = \frac{Bevl}{e} = Blv = 1V, I = \frac{U_i}{R} = 0,5A, F_m = BI l = 0,125N \right)$$

10. Jaká je energie magnetického pole cívky o průměru  $d = 5cm$ , délce  $l = 40cm$ , která má  $N = 8000$  závitů a protéká jí proud  $3mA$ ?

$$\left( E_m = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} NBSI = \frac{1}{8} N^2 I^2 \mu_0 \pi \frac{d^2}{l} = 1,78 \cdot 10^{-6} J \right)$$



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Seznam použité literatury a pramenů:

- Lepil,O.- Šedivý,P.: Elektřina a magnetismus. Prometheus, Praha 2000. 342s. ISBN 978-80-7196-202-1.
- Lepil,O.- Bednařík,M.- Široká,M.: Fyzika. Sbíрка úloh pro střední školy. Prometheus, Olomouc 1995. 269s.ISBN 80-7196-048-9.
- Kružík,M.: Sbíрка úloh z fyziky. Státní pedagogické nakladatelství, n. p., Praha 1984. 335s. ISBN 14-117-84.

Materiál je určen pro bezplatné užívání pro potřebu výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.  
Dílo smí být šířeno pod licencí CC BY – SA.