

Projekt **ŠABLONY NA GVM**

registrační číslo projektu: CZ.1.07/1.5.00/34.0948

III-2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

**3. Elektromagnetismus**

**3. 11. Elektromagnetická indukce 2**

**Autor:**  Aleš Trojánek

**Jazyk:** čeština

**Datum vyhotovení:** červen 2013

**Cílová skupina:**  žáci gymnázia: 3. ročník čtyřletého studia a 7. ročník

 osmiletého studia + maturitní ročník, věk 16-19 let

**Druh učebního materiálu:** podpora a doplnění výuky fyziky, materiál je určen i pro samostatnou práci žáků

**Očekávaný výstup:** žáci si osvojí řešení typických fyzikálních úloh z elektromagnetismu

**Anotace:** Učební materiál obsahuje vzorový příklad z části – elektromagnetická indukce. Může sloužit při výkladu, procvičování i pro samostatnou práci žáků. Velmi vhodný je pro přípravu k maturitní zkoušce z fyziky.

**3. 11. Elektromagnetická indukce 2**

V následujícím textu je ukázáno, že ne všechny pojmy a postupy z elektrostatiky lze zavést pro elektrické pole vzniklé elektromagnetickou indukcí.

**Příklad**

(Příklad vychází z článku [1]. V něm je možno nalézt odkazy na doplňující literaturu.)

Na obr. 1 znázorněná rovinná smyčka vyrobená z tenkého vodiče je umístěna v homogenním magnetickém poli, jehož magnetická indukce má směr kolmý za nákresnu. Určete směry proudů indukovaných ve vodičích při zmenšování magnetické indukce.



Obr. 1

***Řešení:***

Uvažujme směry proudů a odpory jednotlivých částí smyčky podle obr. 2. Podle 2. Kirchhoffova zákona platí:

$ U\_{i1}=I\_{1}R+I^{´}R^{´}$, (1a)

$ U\_{i2}= I\_{2}R-I^{´}R^{´}$, (1b)

kde elektromotorická napětí $ U\_{i1}, U\_{i2}$ jsou dána Faradayovým zákonem elektromagnetické indukce:

$$U\_{i1}=-\frac{∆ϕ\_{1}}{∆t}, U\_{i2}=-\frac{∆ϕ\_{2}}{∆t}.$$

$ϕ\_{1},ϕ\_{2 }$jsou stejné indukční toky plochami o stejném obsahu $S$. Tedy i elektromotorická napětí jsou stejná:

 $U\_{i1}=U\_{i2}=\left(U\_{i}\right).$ (2)

1. Kirchhofův zákon pro uzel $A$:

 $I\_{1}=I^{´}+I\_{2}$. (3)

Z rovnic (1a, b), (2) a (3) dostaneme: $I^{´}=0.$

Z (3) plyne, že $I\_{1}=I\_{2}=\left(=I\right).$

Indukovaný proud $I$ prochází tedy jen částí smyčky tvaru kružnice a platí pro něj:

$$I=\frac{2U\_{i}}{2R}=\frac{U\_{i}}{R}.$$

Směr proudu $ I$ je na obr. 2 znázorněn tak, aby splňoval Lenzův zákon.



Obr. 2

Výše uvedená úloha se týká proměnného magnetického pole ($ \frac{∆\vec{B}}{∆t}\ne \vec{0})$, kdy indukované elektrické pole nelze vyjádřit pomocí skalárního potenciálu $φ$. Nelze tedy hovořit o napětí mezi dvěma body (jako o rozdílu potenciálů), ale o elektrickém napětí mezi dvěma body po dané křivce z bodu $A $ do bodu $B$ (viz obr. 3).

Problém elektrických obvodů v proměnném magnetickém poli budeme ilustrovat na řešení úlohy podle obr. 3, která je zobecněním výše uvedené úlohy, neboť na ní se dá lépe ukázat, **že indukované elektromotorické napětí nelze vyjádřit jako rozdíl potenciálů. Ukážeme též, že údaj ampérmetru závisí na daném konkrétním geometrickém tvaru části obvodu s ampérmetrem.**

Uvažujme směry proudů a odpory jednotlivých větví složeného obvodu podle obr. 3. Pro situaci z obr. 3 podle 2. Kirchhoffova zákona platí:

$ U\_{i1}=I\_{1}R+I\_{A}R\_{A}$ (4a)

 $U\_{i2}=I\_{2}R-I\_{A}R\_{A},$ (4b)

kde elektromotorická napětí $U\_{i1},U\_{i2}$ jsou dána Faradayovým zákonem elektromagnetické indukce:

$$U\_{i1}=-\frac{∆Φ\_{1}}{∆t}, U\_{i2}=-\frac{∆Φ\_{1}}{∆t},$$

$Φ\_{1},Φ\_{2}$ jsou indukční toky plochou $S\_{1}, $resp. $S\_{2}.$

1. Kirchhoffův zákon pro uzel $A:$

$ I\_{1}=I\_{A}+I\_{2}.$ (5)

Z rovnic (4a, b) a (5) určíme proud $I\_{A}$ ampérmetrem:

$$ I\_{A}=\frac{\frac{∆Φ\_{2}}{∆t}-\frac{∆Φ\_{1}}{∆t}}{R+2R\_{A}} . (6) $$

Z (6) a z definice indukčního toku je patrné, že *proud naměřený ampérmetrem (a tedy i napětí mezi body* $A, B$*) závisí jak na rychlosti změn indukčních toků* $Φ\_{1},Φ\_{2}$*, tak na geometrii obvodu.*



Obr. 3

**Literatura:**

 [1] DUB, P., TROJÁNEK, A.: *Řešení jedné úlohy z učebnice Fyzika pro III. ročník gymnázií*.

 Matematika a fyzika ve škole, **19** (1988/89), s. 685.

**Zdroje obrázků:**

Obr. 1- 3 kreslil Aleš Trojánek a jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení.