

**Meno:**

**Trieda:**

**Laboratórne cvičenie**  
**Jav elektromagnetickej indukcie**

**Úlohy:**

1. Overiť jav elektromagnetickej indukcie pri páde magnetu dutinou cievky
2. Overiť jav elektromagnetickej indukcie pri páde magnetu sústavou cievok a určiť vzdialenosť pólov magnetu.

**Pomôcky:**

počítač s meracím panelom CoachLab II, program COACH6, cievky s rôznym počtom závitov, sústava cievok navinutých na trubici, magnety, jednoduchý generátor striedavého napätia

### Postup:

1. Otvorte súbor „*elmag indukcia*“. Pokiaľ súbor k dispozícii nemáte, pripravte novú úlohu. Na kanál 3, resp. 4 vložte voltmeter. Dobu merania nastavte na 0,5s a nastavte *Spúšťaciu dobu pred* na 0,25s. *Spúšťanie aktivujte úrovňou signálu 0,1V*. Vytvorte graf závislosti napätia na koncoch cievky od času  $U = f(t)$ .
2. Zostavte experiment podľa obrázka, pričom napätie na cievke snímajte na 3.(4) kanále meracieho panela.
3. Meranie spustíte stlačením zeleného tlačidla.
4. Magnet pustíte voľným pádom cez dutinu cievky (sústavu cievok).
5. Meranie opakujte pre rôzne prípady a sledujte vplyv zmenených podmienok na priebeh experimentu.

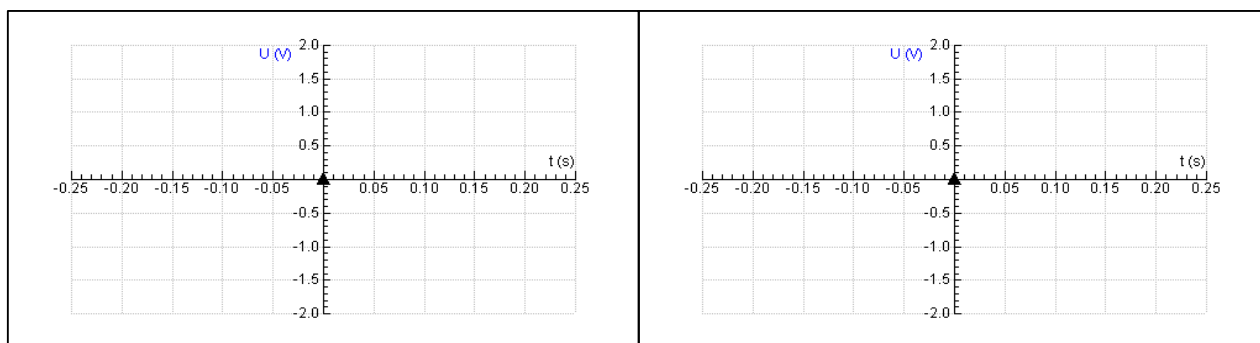
## Aktivita 1 Pohyb magnetu v dutine cievky

### Otázky a úlohy:

1. Magnet necháme padat' voľným pádom cez dutinu cievky. Čo sa bude diať počas pohybu magnetu? Zdôvodnite.
2. Do pripraveného grafu závislosti napätia na cievke od času zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti.

PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK

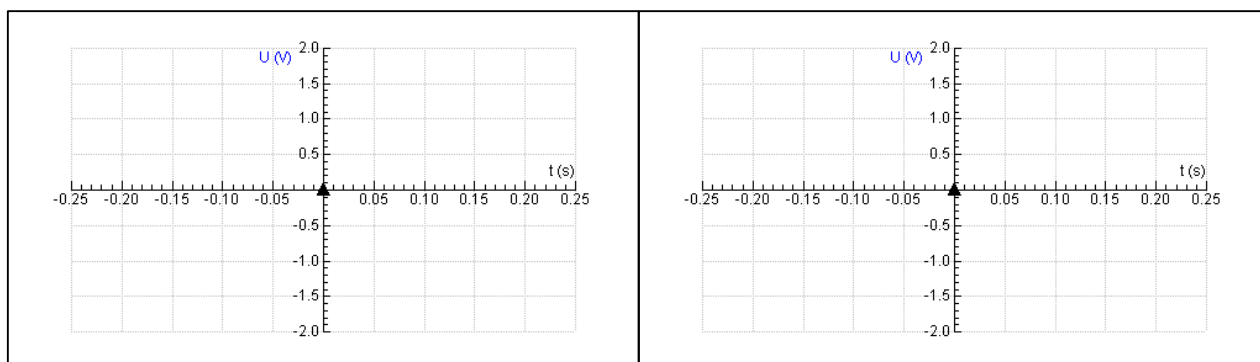


3. Popíšte priebeh napätia indukovaného v cievke počas pádu magnetu jeho dutinou.
4. Čomu odpovedá kladný a záporný extrém?
5. Prečo nie sú extrémny symetrické?

6. V ktorom okamihu sa menil magnetický indukčný tok najrýchlejšie?
7. Aká je celková zmena magnetického indukčného toku počas prvej časti pádu, kedy magnet vstupuje do cievky?
8. Aká je celková zmena magnetického indukčného toku počas druhej časti pádu, kedy magnet vystupuje z cievky?
9. Ako ovplyvní priebeh indukovaného napätia ak cievku otočíme o  $180^\circ$ ? Do pripraveného grafu zakreslite svoju predpoveď, ktorú overte experimentom.

PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK

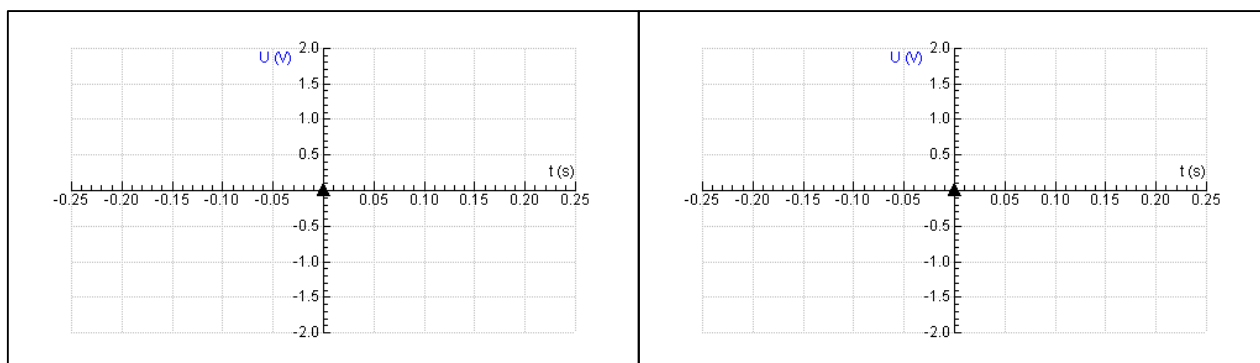


10. Popíšte zmeny, ktoré nastali v porovnaní s prvým experimentom.

11. Ako ovplyvní priebeh indukovaného napätia, ak magnet otočíme o  $180^\circ$ ? Do pripraveného grafu zakreslite svoju predpoveď, ktorú overte experimentom.

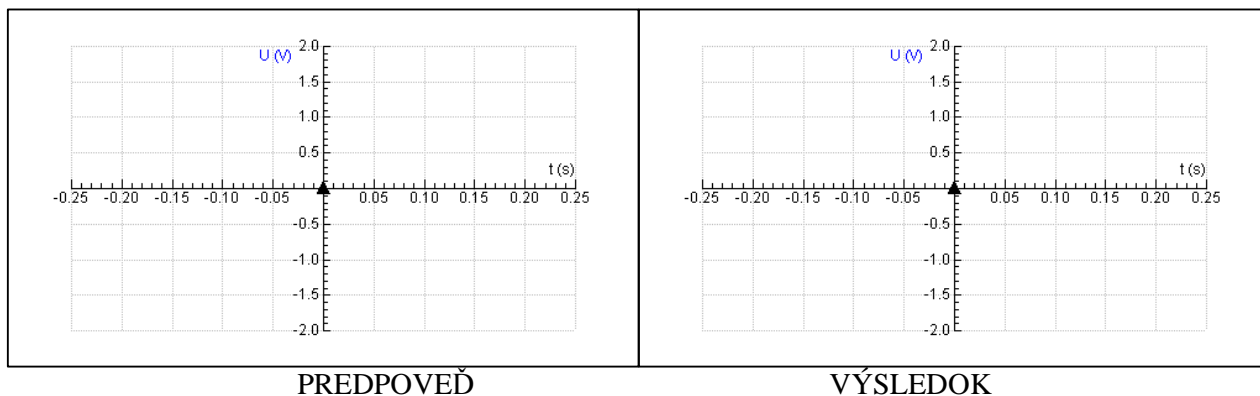
PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK



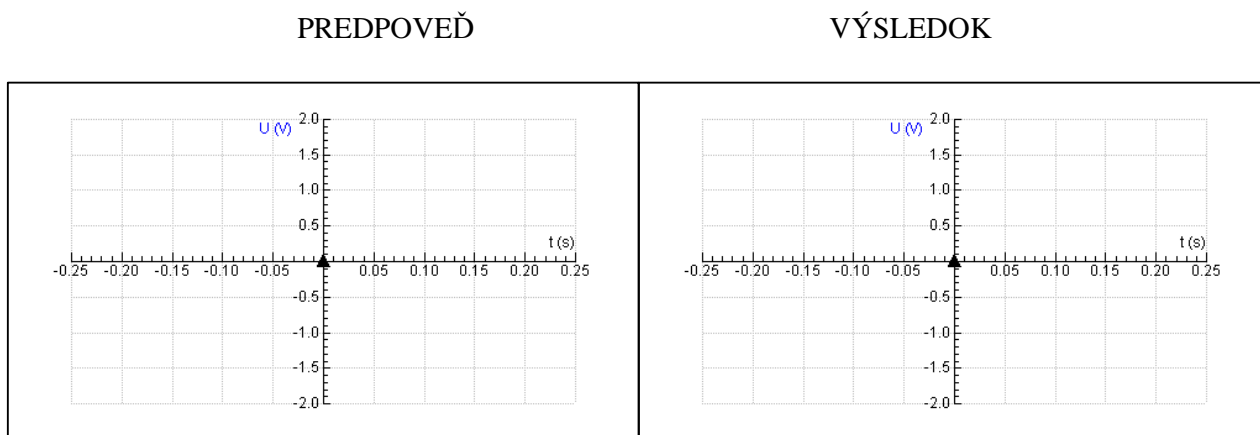
12. Popíšte zmeny, ktoré nastali v porovnaní s prvým experimentom.

13. Ako ovplyvní priebeh indukovaného napätia, ak použijeme cievku s väčším (menším) počtom závitov? Do pripraveného grafu zakreslite svoju predpoveď, ktorú overte experimentom.



14. Popíšte zmeny, ktoré nastali v porovnaní s prvým experimentom.

15. Ako ovplyvní priebeh indukovaného napätia ak magnet pustíme z väčšej (menšej výšky)? Do pripraveného grafu zakreslite svoju predpoveď, ktorú overte experimentom.

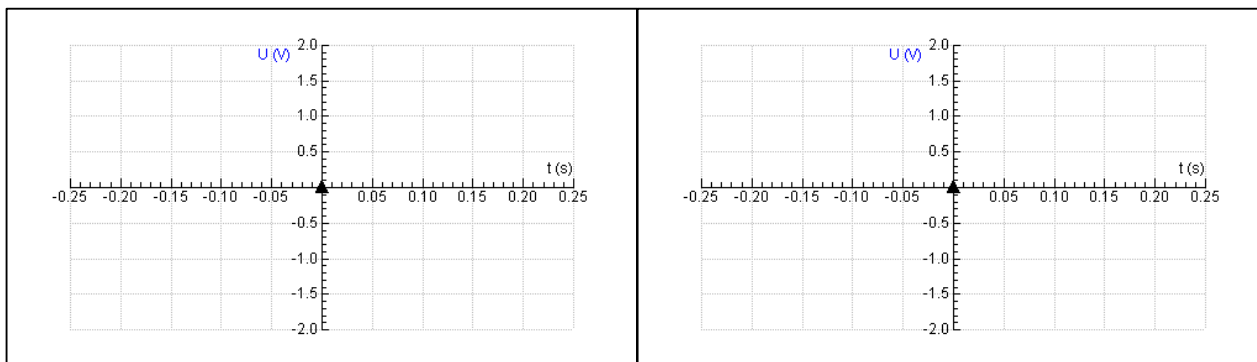


16. Popíšte zmeny, ktoré nastali v porovnaní s prvým experimentom.

17. Ako ovplyvní priebeh indukovaného napätia ak použijeme slabší (silnejší magnet)? Do pripraveného grafu zakreslite svoju predpoveď, ktorú overte experimentom.

## PREDPOVEĎ

## VÝSLEDOK



18. Popíšte zmeny, ktoré nastali v porovnaní s prvým experimentom.

## Aktivita 2 Pád magnetu sústavou cievok

### Fyzikálny princíp:

Ak sa cez plochu obklopenú uzavretým vodičom mení magnetický indukčný tok  $\phi$ , v uzavretom vodiči vzniká indukované elektromotorické napätie vyjadrené vzťahom:

$$U_i = -\frac{d\phi}{dt}. \quad (1)$$

Nezáleží na tom, čo je príčinou zmeny indukčného toku cez plochu uzavretého vodiča. Môže sa stať, že uzavretý vodič je v pokoji a pohybuje sa magnet, ktorého magnetické pole preniká cez plochu uzavretého vodiča, čím sa mení indukčný tok cez plochu vodiča. Príkladom je trubica, na ktorej sú navinuté cievky. Ak tyčový magnet spustíme touto trubicou, na cievkach sa indukuje elektromotorické napätie, pretože sa mení magnetický indukčný tok. Pod tokom indukcie magnetického poľa  $\mathbf{B}$  cez nejakú plochu rozumieme výraz:

$$\phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{S}, \quad (2)$$

kde  $d\vec{S}$  je vektor prislúchajúci elementárnej ploške veľkosti  $dS$ . V našom prípade vektory  $\mathbf{B}$ ,  $d\vec{S}$  majú súhlasný smer, teda V cylindrických súradniciach vzťah (2) môžeme prepísať ako:

$$\phi = \int_0^R B_z 2\pi r dr, \quad (3)$$

kde  $R$  je polomer cievky. V prípade voľného pádu magnetu, magnetická indukcia závisí od polohy magnetu  $z$ :

$$\frac{dB_z}{dt} = \frac{dB_z}{dz} \frac{dz}{dt}, \quad (4)$$

kde  $dz/dt$  opisuje rýchlosť magnetu  $v$ .

Pre cievku s  $N$  závitmi úpravou vzťahu (1) pomocou (3) a (4) vyplýva:

$$U_i = -Nv \int_0^R \frac{dB_z}{dz} \cdot 2\pi \cdot r dr, \quad (5)$$

Pre dráhu, ktorú prejde magnet trubicou počas voľného pádu a pre jeho rýchlosť platia vzťahy:

$$z = \frac{gt^2}{2}, \quad v = gt. \quad (6) \quad (7)$$

Ak pred spustením magnetu, bola polovica magnetu už v trubici, tak pre dolný a horný okraj magnetu zo vzťahov (6) a (7) vyplýva:

$$v_d = \sqrt{2g(z - L/2)}, \quad (8)$$

$$v_h = \sqrt{2g(z + L/2)}.$$

L - dĺžka magnetu

z - dĺžka tyče od začiatku po stred cievky

$v_d$  - rýchlosť dolného konca magnetu

$v_h$  - rýchlosť horného konca magnetu

Dolný koniec magnetu dospeje do stredu cievky, ktorá je od horného okraja tyče vzdialená o z skôr, než horný koniec magnetu. Ak predpokladáme, že rýchlosti horného a dolného konca, keďže magnet je krátky, sa príliš nelíšia, pre dĺžku magnetu, resp. vzdialenosť jeho pólov  $d$  možno písať:

$$d = \Delta t \sqrt{2gz} = (t_h - t_d) \sqrt{2gz}, \quad (9)$$

Kde  $t_h$  je čas, v ktorom vznikne maximálne indukované napätie prechodom dolného pólu magnetu stredom cievky a  $t_d$  je čas, kedy vznikne ďalšie maximum indukovaného napätia prechodom horného pólu magnetu stredom cievky.

Vidíme, že  $\Delta t$  priamoúmerne závisí od  $1/\sqrt{z}$ . Zo smernice danej závislosti vyplýva:

$$d = tg \alpha \sqrt{2g}. \quad (10)$$

Magnetický indukčný tok cievkou môžeme vypočítať podľa vzťahu:

$$\phi = \frac{1}{N} \int U_i \cdot dt, \quad (11)$$

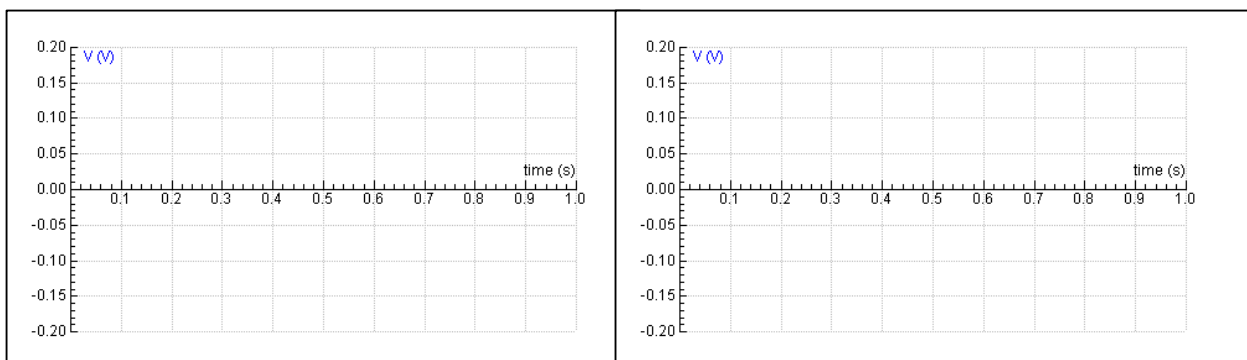
ktorý dostaneme úpravou vzťahu (1) ak uvažujeme cievku s N závitmi.

### Otázky a úlohy:

1. Teraz nechajte padat magnet sústavou 6 cievok navinutých na trubici, pričom konce sústavy cievok pripojte na 3. (4.) kanál meracieho panela. Cievky sú od seba vzdialené 19cm a každá z nich má 17 závitov a dĺžku 1cm. Do pripraveného grafu zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti.

PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK



2. Od čoho závisí veľkosť indukovaného napätia na jednotlivých cievkach sústavy?

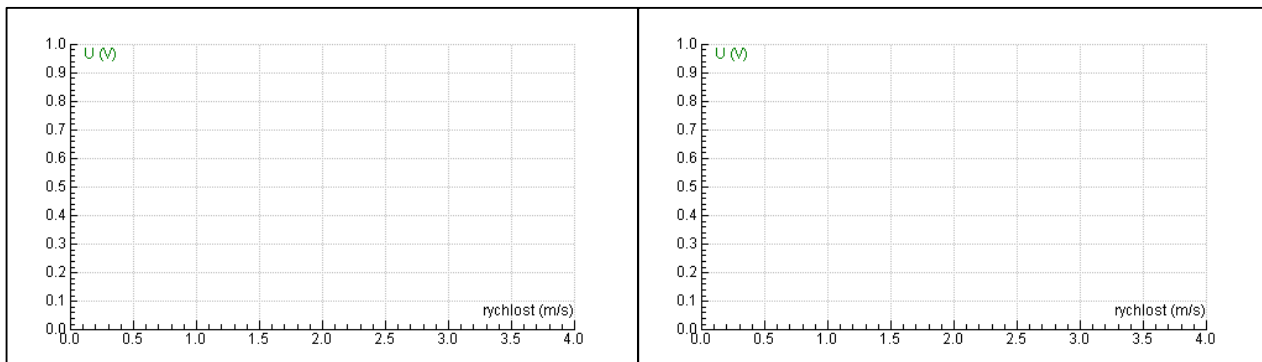
- Teraz magnet pustíme tak, že meranie spustíme v okamihu, keď je magnet do polovice zasunutý do trubice.
- Z tabuľky nameraných hodnôt vyberieme dvojice ( $t$ ,  $U_i$ ) v extrémnych bodoch krivky, z ktorých zostavíme tabuľku, pričom všetky hodnoty indukovaného napätia zapíšeme ako kladné. Časy uvedené v tabuľke predstavujú okamihy kedy dolný, resp. horný pól magnetu prechádza stredom cievky.

č.	$t$ (s)	$U_i$ (V)	$v$ (m/s)

- Zobrazte graf závislosti indukovaného napätia od rýchlosti prechodu magnetu padajúceho voľným pádom.

PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK



- Určte vzdialenosť pólov magnetu z grafu závislosti  $\Delta t = f(1/\sqrt{z})$ .