

**15-ASIS FIZIKOS TURNYRAS**  
**13-oji užduotis Nr. FT15-13 / 2022 03 14 – 2022 04 10**

**Solenoido tyrimas**

**Sąlyga / FT15-13 ▼**

Solenoidą sudaro ant apvalaus nemagnetinės medžiagos strypelio suvyniota vienasluoksnė apvija. Apvijos ilgis lygus 8,2 cm, o ją vyniojant buvo panaudotas 1,1 g masės ir 1,4  $\Omega$  varžos aliumininis laidas su plonu paviršiniu lako izoliacijos sluoksniu. Solenoidą prijungus prie kintamosios elektros srovės šaltinio, juo tekančios srovės stiprio priklausomybė nuo laiko yra tokia:  $I = 2 \cos 2t$  (A). Raskite panaudoto laido ilgį ir skersmenį, galimą vijų skaičių apvijoje ir jos skersmenį, solenoido induktyvumą ir saviindukcijos elektrovaros priklausomybę nuo laiko – ją pateikite grafinę vieno periodo trukmės laiko intervale.

Aliuminio tankis yra 2,7 g/cm<sup>3</sup>, savitoji elektrinė varža – 27 n $\Omega$ m. Magnetinė konstanta  $\mu_0 = 1,256 \mu\text{H/m}$ .

*Užduotį parengė doc. dr. Stasys Tamošiūnas – Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų instituto senjoras, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, steigėjų tarybos narys ir dėstytojas*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2022 03 14.

**Aiškinamasis sprendimas / FT15-13 ▼**

Duota:  $l = 0,082$  m;  $m = 0,0011$  kg;  $R = 1,4$   $\Omega$ ;  $I = 2 \cos 2t$ ;  $\rho = 2,7 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>;  $\rho' = 2,7 \cdot 10^{-8}$   $\Omega\text{m}$ ;  $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6}$  H/m.

Rasti:  $l_1, d, N, D, L, E(t)$ .

Laido masė, elektrinė varža ir skersinio pjūvio plotas:

$$m = \rho l_1 S_1; \quad R = \rho' \frac{l_1}{S_1}; \quad S_1 = \pi \frac{d^2}{4}.$$

Randame jo ilgį ir skersmenį:

$$mR = \rho \rho' l_1^2; \quad l_1 = \sqrt{\frac{mR}{\rho \rho'}}; \quad l_1 = \sqrt{\frac{0,0011 \cdot 1,4}{2,7 \cdot 10^3 \cdot 2,7 \cdot 10^{-8}}} \approx 4,6 \text{ (m)}.$$

$$\frac{m}{R} = \frac{\rho}{\rho'} S_1^2 = \frac{\pi^2 d^4 \rho}{16 \rho'}; \quad d = 2 \sqrt[4]{\frac{m \rho'}{\pi^2 R \rho}}; \quad d = 2 \sqrt[4]{\frac{0,0011 \cdot 2,7 \cdot 10^{-8}}{3,14^2 \cdot 1,4 \cdot 2,7 \cdot 10^3}} \approx 0,34 \text{ (mm)}.$$

Jei vijos yra viena prie kitos, tai vienasluoksnėje apvijoje galima apytiksliai įvertinti vijų skaičių ir jų skersmenį:

$$N = \frac{l}{d}; \quad N = \frac{0,082}{0,00034} \approx 240.$$

$$D = \frac{l_1}{\pi N} = \frac{l_1 d}{\pi l}; \quad D = \frac{4,6 \cdot 0,00034}{3,14 \cdot 0,082} \approx 6,1 \text{ (mm)}.$$

Taigi, solenoido skersmuo yra žymiai mažesnis už jo ilgį ir galime taikyti žinomą formulę jo induktyvumui skaičiuoti:

$$L = \mu_0 \mu \frac{N^2 S}{l}.$$

Solenoido šerdies nemagnetinės medžiagos santykinė magnetinė skvarba  $\mu = 1$ , vijų skaičius apvijoje  $N = l_1/2\pi r$ , čia  $r$  – vijos spindulys, tai jos skerspjūvio plotas:

$$S = \pi r^2 = \frac{l_1^2}{4\pi N^2}.$$

Visa tai surašius:

$$L = \mu_0 \frac{N^2}{l} \frac{l_1^2}{4\pi N^2} = \frac{\mu_0 m R}{4\pi l \rho \rho'};$$

$$L = \frac{1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 0,0011 \cdot 1,4}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,082 \cdot 2,7 \cdot 10^3 \cdot 2,7 \cdot 10^{-8}} \approx 25,7 \text{ (}\mu\text{H)}.$$

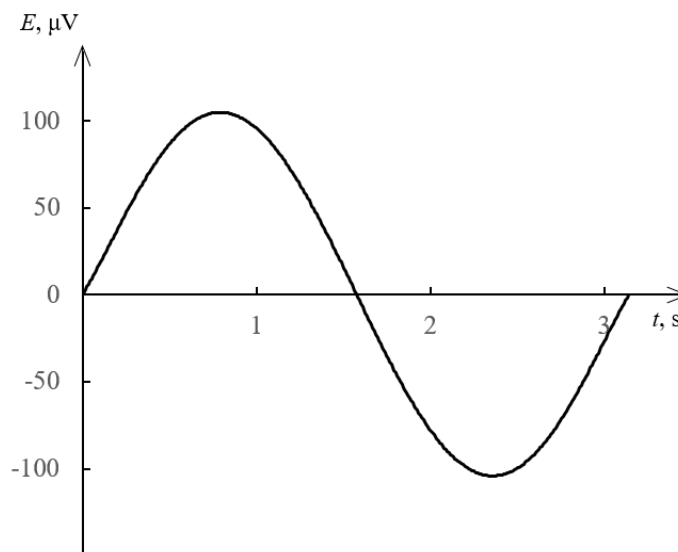
Pagal elektromagnetinės indukcijos dėsnį indukuota elektrovara yra tiesiai proporcinga elektros srovės stiprio  $I = I_0 \cos \omega t$  kitimo greičiui:

$$E(t) = -LI'_t = -LI_0(-\sin \omega t)\omega = LI_0 \omega \sin \omega t;$$

$$E(t) = 25,7 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 2 \sin 2t = 102,8 \sin 2t \text{ (}\mu\text{V)}.$$

Svyravimų ciklinis dažnis  $\omega = 2 \text{ rad/s}$ , tai periodas:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}; \quad T = \frac{2\pi}{2} = 3,14 \text{ (s)}.$$



*Aiškinamąjį sprendimą pateikė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2022 04 20.

**Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT15-13 ▼**

Dauguma turnyro dalyvių užduotį išsprendė teisingai.

*Sprendimų aptarimą parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2022 04 20.

*Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT15-13 ▼*

<b>Nr.</b>	<b>Sprendimų vertinimo kriterijus</b>	<b>Vertė balais</b>
1.	Solenoido sandara	4
2.	Induktyvumas	3
3.	Saviindukcijos elektrovara	3
4.	Pateikta ne pagal reikalavimus (nerodomi skaičiavimai)	-1(-1,5)
5.	Kiti netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-3)	iki (-1)
Didžiausias galimas sprendimų įvertinimas		10

*Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2022 04 20.