

15-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
9-oji užduotis Nr. FT15-9 / 2021 12 20 – 2022 01 16

Sluoksniuotasis kondensatorius

Sąlyga / FT15-9 ▼

Plokščiojo kondensatoriaus, kurio plokštelių plotas lygus 120 cm^2 , dielektrikas yra sudarytas iš vienodų po 1 mm storio žėručio ir parafino sluoksnių. Tarp šio kondensatoriaus plokštelių yra sudaryta 110 V elektrinė įtampa. Apskaičiuokite:

- 1) kondensatoriaus elektrinę talpą ir jame sukauptą energiją;
- 2) įtampas ir elektrinio lauko stiprius dielektrikų sluoksniuose;
- 3) surištųjų elektros krūvių paviršinių tankių dielektrikų sluoksniuose.

Žėručio santykinė dielektrinė skvarba lygi 6 , o parafino – $2,2$. Elektrinė konstanta $\epsilon_0 = 8,85 \text{ pF/m}$.

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2021 12 20.

Aiškinamasis sprendimas / FT15-9 ▼

Duota: $S = 0,012 \text{ m}^2$; $d = 0,001 \text{ m}$; $U = 110 \text{ V}$; $\epsilon_1 = 6$; $\epsilon_2 = 2,2$; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$.

Rasti: C ; W ; U_1 ; U_2 ; E_1 ; E_2 ; σ_1 ; σ_2 .

Sluoksniuotąjį kondensatorių galima nagrinėti kaip dviejų nuosekliai sujungtų kondensatorių su skirtingais dielektrikais bateriją. Tokio junginio buvimą pasivirtintume tarp dielektrikų sluoksnių mintyse įsivedę papildomą metalinį elektrodą, imituojantį sujungtas dvi kondensatorių su skirtingais dielektrikais plokšteles, ir išsiaiškine, kad dėl elektrostatinės indukcijos reiškinio metalinio elektrodo paviršiuose susidarantys priešingų ženklų elektros krūviai yra tokie patys, kaip ir viso sluoksniuotojo kondensatoriaus plokštelių elektros krūviai^{X)}, kad toks elektrodas iš esmės yra nereikalingas. Jis tik pabuvojo mintyse nustatant jungimą, o duotame kondensatoriuje jo nėra, tai ir nereikia.

Kondensatorių elektrinės talpos:

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 S}{d}; C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_2 S}{d}.$$

Nuosekliaus jungimo atveju dydis, atvirkštinis baterijos elektrinei talpai, yra lygus dydžių, atvirkštinių jungiamų kondensatorių elektrinėms talpoms, sumai:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}; C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 \epsilon_2 S}{d(\epsilon_1 + \epsilon_2)};$$

$$C = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6 \cdot 2,2 \cdot 0,012}{0,001(6+2,2)} \approx 171 \text{ (pF)}.$$

Kondensatoriaus elektrinio lauko energija:

$$W = \frac{CU^2}{2}; W = \frac{171 \cdot 10^{-12} \cdot 110^2}{2} \approx 1,03 \text{ (}\mu\text{J)}.$$

x) Baterijos krūvis $q = CU = C_1U_1 = C_2U_2$, tai elektrinės įtampos sluoksniuose:

$$U_1 = \frac{q}{C_1} = \frac{CU}{C_1} = \frac{C_2U}{C_1+C_2} = \frac{\varepsilon_2U}{\varepsilon_1+\varepsilon_2}; U_1 = \frac{2,2 \cdot 110}{6+2,2} \approx 29,5 \text{ (V)};$$

$$U_2 = \frac{q}{C_2} = \frac{CU}{C_2} = \frac{C_1U}{C_1+C_2} = \frac{\varepsilon_1U}{\varepsilon_1+\varepsilon_2}; U_2 = \frac{6 \cdot 110}{6+2,2} \approx 80,5 \text{ (V)}.$$

Vienalyčio elektrinio lauko stipriai dielektriko sluoksniuose:

$$E_1 = \frac{U_1}{d}; E_1 = \frac{29,5}{0,001} = 29,5 \text{ (kV/m)}.$$

$$E_2 = \frac{U_2}{d}; E_2 = \frac{80,5}{0,001} = 80,5 \text{ (kV/m)}.$$

Šie lauko stipriai yra susiję su paviršinių krūvių tankiais kondensatoriaus elektroduose $\sigma = q/S$ ir priešingo ženklo surišųjų paviršinių poliarizacinių krūvių tankiais dielektrikų sluoksniuose σ_1 ir σ_2 :

$$E_1 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon_1} = \frac{\sigma - \sigma_1}{\varepsilon_0}; \sigma_1 = \frac{CU}{S} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_1}\right);$$

$$E_2 = \frac{q}{\varepsilon_0\varepsilon_2} = \frac{q - \sigma_2 S}{\varepsilon_0}; \sigma_2 = \frac{CU}{S} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_2}\right);$$

$$\sigma_1 = \frac{171 \cdot 10^{-12} \cdot 110}{0,012} \left(1 - \frac{1}{6}\right) \approx 1,31 \text{ (}\mu\text{C/m}^2\text{)}; \sigma_2 = \frac{171 \cdot 10^{-12} \cdot 110}{0,012} \left(1 - \frac{1}{2,2}\right) \approx 0,86 \text{ (}\mu\text{C/m}^2\text{)}.$$

Pastaba: surišųjų paviršinių krūvių tankiai yra išreiškiami dielektrikų poliarizuotumu:

$$\sigma_1 = (\varepsilon_1 - 1)\varepsilon_0 E_1; \sigma_2 = (\varepsilon_2 - 1)\varepsilon_0 E_2;$$

$$\sigma_1 = (6 - 1) \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 29,5 \cdot 10^3 \approx 1,31 \text{ (}\mu\text{C/m}^2\text{)};$$

$$\sigma_2 = (2,2 - 1) \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 80,5 \cdot 10^3 \approx 0,86 \text{ (}\mu\text{C/m}^2\text{)}.$$

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2022 01 24.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT15-9 ▼

Turnyro dalyviai sluoksniuotąjį kondensatorių nagrinėjo kaip dviejų nuosekliai sujungtų kondensatorių su skirtingais dielektrikais bateriją. Dauguma jų gerai apskaičiavo elektrinę talpą, energiją, įtampas ir elektrinio lauko stiprius, bet klydo ieškodami surišųjų paviršinių krūvių tankių. Pavyzdžiui, išreikšdami dielektrikų poliarizuotumus įrašė elektrinio lauko stiprius kondensatoriuje be dielektriko arba skaičiavo kondensatoriaus elektrodų krūvių tankius.

Vis prarandama daug balų pagal sprendimų vertinimo kriterijus Nr. 4 ir Nr. 5 - keturi dalyviai nerodė fizikinių dydžių skaičiavimų, aštuoni vėlavo pateikti sprendimus, vienas jų beveik tris, o du – net šešias paras. Kaip paaiškinti fizikinių dydžių skaičiavimo nerodymus – gal sunkumu įrašyti duotus dydžius į išvestą formulę, o gal jau tapo įpročiu nebekreipti dėmesio į kriterijų Nr. 4? Vėlavimai yra didoki, kai sprendimų pateikimui turnyre duodamos net keturios savaitės. Minėti kriterijai yra taikomi visiems vienodai, nedarant išimčių pagal atsiunčiamus pasiaiškinimus. Net ir

šiais būdais praradę balų turnyro dalyviai ateityje turėtų likti optimistiški su realia galimybe pagerinti padėtį, nustatytu terminu pateikus būsimų turnyro užduočių sprendimus, ypač kai yra svarstoma nuostata nebevertinti pavėluotai pateiktų sprendimų. Tokios nuostatos taikymas sudarytų galimybę greičiau įvertinti visus atsiųstus sprendimus ir paskelbti rezultatus.

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2022 01 24.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT15-9 ▼

| Nr. | Sprendimų vertinimo kriterijus | Vertė balais |
|---|--|---------------------|
| 1. | Elektrinė talpa ir energija | 3 |
| 2. | Įtampos ir lauko stipriai | 3 |
| 3. | Paviršiniai elektros krūvio tankiai | 4 |
| 4. | Pateikta ne pagal reikalavimus (nerodomi skaičiavimai) | -1(-1,5) |
| 5. | Vėlavimas pateikti sprendimą (vienai parai) | -1 |
| 6. | 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 nuolat skelbiamas nuo 2022 01 24.